

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ
Научно-практический центр Национальной академии
наук Беларуси по продовольствию

НАУКА, ПИТАНИЕ И ЗДОРОВЬЕ

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

Под общей редакцией З. В. Ловкиса

Минск
«Беларуская навука»
2024

УДК [[663/664+637]:658.562+613.2](082)

ББК 36.99я43

Н34

Редакционная коллегия:

академик НАН Беларуси, доктор технических наук, профессор;
заслуженный деятель науки Республики Беларусь З. В. Ловкис (гл. редактор);
доктор технических наук, доцент И. М. Почицкая;
кандидат экономических наук, доцент А. В. Мелешеня;
член-корреспондент НАН Беларуси, доктор экономических наук, профессор А. В. Пилипук;
академик, доктор биологических наук, профессор (с его согласия) А. В. Кильчевский;
кандидат технических наук, доцент Е. М. Моргунова;
кандидат технических наук, доцент А. А. Шепшелев
кандидат филологических наук Н. П. Миронова

Рецензенты:

академик НАН Беларуси, доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
заслуженный деятель науки Республики Беларусь И. П. Шейко;
академик НАН Беларуси, доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
заслуженный работник сельского хозяйства Республики Беларусь Ф. И. Привалов

Наука, питание и здоровье : сб. науч. тр. / Нац. акад. наук Беларуси,
Н34 Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по продовольствию ; под
общ. ред. З. В. Ловкиса. – Минск : Беларуская навука, 2024. – 491 с. : ил.
ISBN 978-985-08-3232-0.

Сборник составлен по материалам докладов, представленных на XX Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии в пищевой промышленности», прошедшей 3–4 октября 2024 г. в РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию». Содержит результаты теоретических и практических исследований в области науки о питании, разработки технологий в индустрии здорового питания, специализированных и функциональных продуктов питания, проблем питания, его качества и доступности для населения, управления качеством и безопасностью продуктов питания и др.

Представленные доклады отражают актуальные проблемы и достижения современного научного мышления, что, безусловно, делает эти публикации важным вкладом в развитие науки; способствуют популяризации отечественных разработок продуктов питания, формированию международного имиджа Республики Беларусь как страны с высоким уровнем научного потенциала и качественной конкурентоспособной продукцией.

Предназначен для руководителей и специалистов организаций пищевой промышленности, сотрудников научно-исследовательских институтов, преподавателей и студентов учебных заведений соответствующего профиля.

Содержание и качество статей являются прерогативой авторов.

УДК [[663/664+637]:658.562+613.2](082)

ББК 36.99я43

ISBN 978-985-08-3232-0

© РУП «Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси
по продовольствию», 2024
© Оформление. РУП «Издательский дом
«Беларуская навука», 2024

ГЛАВА 1

РАЗВИТИЕ ПИЩЕВОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ.

ТЕХНОЛОГИИ
(БИОТЕХНОЛОГИИ)
ПЕРЕРАБОТКИ СЫРЬЯ
РАСТИТЕЛЬНОГО
И ЖИВОТНОГО
ПРОИСХОЖДЕНИЯ

УДК 338.436.33

**С. А. Кондратенко, доктор экономических наук, доцент;
Н. Н. Котковец, соискатель**

*Республиканское научное унитарное предприятие
«Институт системных исследований
в АПК Национальной академии наук Беларуси»,
г. Минск, Республика Беларусь*

НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Аннотация. Обозначены тенденции мирового рынка продовольствия и основные направления развития пищевой промышленности Республики Беларусь. Определена роль пищевой промышленности в обеспечении доступности для всех категорий населения широкого ассортимента товаров по социально справедливым ценам, установлена необходимость создания новых конкурентных производств глубокой переработки сырья, продуктов на основе натурального местного сырья, специализированных продуктов. Выполнен анализ инновационной активности производителей продуктов питания, а также оценка конкурентоспособности отечественной продукции с учетом ее доли на внутреннем потребительском рынке.

Ключевые слова: агропромышленный комплекс, пищевая промышленность, экспортный потенциал, инновационная активность, конкурентоспособность, стратегия.

**S. Kondratenko, Doctor of Economic Sciences, Associate Professor;
N. Kotkovets, applicant**

*Republican Scientific Unitary Enterprise "Institute of System Researches
in the Agro-Industrial Complex of the National Academy of Sciences of Belarus",
Minsk, Republic of Belarus*

DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF THE FOOD INDUSTRY OF THE REPUBLIC OF BELARUS

Abstract. The trends of the world food market and the main directions of development of the food industry of the Republic of Belarus are outlined. The role of the food industry in ensuring availability for all categories of the population of a wide range of goods at socially fair prices is defined, the need for the creation of new competitive production of deep processing of raw materials, products based on natural local raw materials, specialized products is established. An analysis of the innovative activity of food producers, as well as an assessment of the competitiveness of domestic products taking into account their share in the domestic consumer market are carried out.

Keywords: agro-industrial complex, food industry, export potential, innovative activity, competitiveness, strategy.

Введение. В современных условиях рынок продовольствия является самым быстрорастущим и перспективным сектором мировой экономики [1, 2]. При этом Беларусь имеет достаточный производственный потенциал, что-

бы занять выгодные экспортные ниши и вносить свой вклад в обеспечение глобальной продовольственной безопасности. Страна производит сельскохозяйственной продукции и продовольствия достаточно, чтобы накормить собственное население и поставлять качественную и конкурентоспособную продукцию на рынки наших партнеров – в Российскую Федерацию, страны СНГ, Азии, Африки, Ближнего Востока. Так, уровень самообеспечения республики молоком в 2023 г. составил 283 %, мясом – 134,9, яйцами – 123,2, картофелем – 110,8, овощами и бахчевыми – 103,2 %. В расчете на душу населения произведено 835 кг зерна, сахарной свеклы – 528, овощей – 305, картофеля – 438, фруктов и ягод – 70, молока – 908, скота и птицы в убойном весе – 139 кг, яиц – 375 шт. Для сравнения в среднем по Евразийскому экономическому союзу в расчете на одного жителя приходится 275 кг молока, 78 – скота и птицы, 151 кг овощей и бахчевых. Достигнутый в республике уровень собственного производства позволяет гарантировать сбалансированность внутреннего рынка при любых изменениях внешней конъюнктуры.

Вместе с тем следует учитывать, что ситуация на мировом рынке остается напряженной, многие страны и регионы сталкиваются с нехваткой продовольствия и товаров для сельского хозяйства. Происходит вынужденное переформатирование мировых экономических связей под влиянием необходимости обеспечить доступ к рынкам сбыта и источникам сырья в политически дружественных странах и регионах для повышения безопасности поставок [2]. Многие ответственные поставщики, в числе которых и Беларусь, сталкиваются с необоснованными экспортными ограничениями – прямыми и косвенными. Практика необоснованного ограничения доступа на мировые рынки ведет к серьезному росту затрат производителей сельскохозяйственной продукции и продовольствия, снижению окупаемости аграрной отрасли во всех странах мира, усложняет решение задач продовольственной безопасности.

Беларусь традиционно входит в топ-5 экспортеров молока и молокопродуктов, топ-15 экспортеров мяса и мясопродуктов, ежегодно поставляя качественную продукцию более чем в 100 государств мира. По данным Минэкономики экспорт продовольственных товаров в первом полугодии 2024 г. вырос на 13,2 %, в том числе молока и молочных продуктов – на 15,5, мяса – на 8,6 %. Отечественные товаропроизводители осваивают новые продуктовые сегменты, расширяют географию поставок, наращивают продажи на традиционных рынках. Рост экспорта происходит за счет увеличения его натуральных объемов. Для развития отечественного АПК важно удерживать и усиливать международные конкурентные позиции можно только применяя продуктовые, технологические инновации, оптимизируя затраты и логистику поставок, увеличивая добавленную стоимость экспортных товаров [3].

Следует отметить, что особая роль – драйвера инновационного развития – принадлежит пищевой промышленности, которая может существенно увели-

читать конкурентные преимущества за счет высокотехнологичной переработки сельскохозяйственного сырья и достижения максимальной адаптивности к изменениям потребительских предпочтений.

Основная часть. Анализируя тенденции мирового рынка продовольствия и пищевой промышленности, следует отметить, что глобальные продажи продуктов питания и напитков в перспективе будут ежегодно прирастать на 6,5 % (табл. 1). На мировом рынке востребованы продукты здорового питания, продукты с функциональными свойствами, обогащенные натуральными ингредиентами, с повышенным содержанием белка и пищевых волокон, биопродукты. Так, за последние пять лет количество полезных для здоровья продуктов на мировом рынке увеличилось на 14 %. Примерно один из трех производителей утверждает, что его пищевые продукты активно улучшают здоровье [4, 5].

Текущая ценовая конъюнктура мирового рынка является благоприятной, импортный спрос на продовольствие растет. Так, по данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (Food and Agriculture Organization, ФАО), индекс продовольственных цен в июле 2024 г. составил 120,8 п. п., что на 3,1 п. п. выше показателя начала года, на 0,8 п. п. выше предыдущего месяца. Июльские котировки на молочную продукцию на 9 п. п. выше показателя начала года, на мясо – на 10,5 п. п. Индекс цен на сахар прирастает второй месяц подряд под влиянием более низкого, чем ожидалось ранее, объема производства в Бразилии.

В целом прогнозы свидетельствуют о том, что баланс мирового рынка продовольствия в ближайшие десять лет останется дефицитным: объем потребления будет увеличиваться на 1,2 % в год в связи с ускоренным ростом населения и доходов, а производство – только на 1,0 % [6]. Негативное влияние на динамику сельского хозяйства оказывают глобальные климатические изменения, экономическая нестабильность, а также европейская «зеленая политика», которая становится искусственным барьером для решения продовольственной проблемы многих стран мира.

Ключевыми тенденциями остаются опережающий рост потребности в кормах для животноводства как основном источнике интенсификации, а также усиление влияния Китая, Индии и стран Юго-Восточной Азии на глобальный рынок продовольствия. По оценкам ФАО за последние двадцать лет доля Китая в глобальном импорте зерновых увеличилась с 1 до 11 %, мясных и молочных продуктов – с 4 до 17, масложировых продуктов – с 14 до 32 % [6]. Следует учитывать, что Китай – это не только емкий и многообразный рынок с высокой конкуренцией, особыми потребительскими запросами, преобладающей электронной торговлей, но и крупный развивающийся агропромышленный комплекс. Вместе с тем все ведущие экспортеры продовольствия стараются попасть и закрепиться на китайском рынке.

Таблица 1. Прогноз развития мирового рынка готовых продуктов питания

Продукция	Объем продаж, трлн долл. США			2028 г. к 2022 г., %
	2022 г.	2025 г.	2028 г.	
Продовольственные товары – всего	7,91	9,78	11,78	148,9
Продукты для детей	0,07	0,08	0,09	128,6
Хлеб и крупяные продукты	1,18	1,48	1,79	151,7
Кондитерские изделия и закуски	0,74	0,89	1,04	140,5
Полуфабрикаты	0,57	0,7	0,84	147,4
Молочные продукты и яйца	1,01	1,26	1,55	153,5
Рыба и морепродукты	0,58	0,73	0,87	150,0
Фрукты и орехи	0,75	0,92	1,11	148,0
Мясо	1,28	1,56	1,86	145,3
Масла и жиры	0,22	0,27	0,33	150,0
Соусы и специи	0,23	0,28	0,33	143,5

Примечание. Таблица составлена на основе сведений из информационной базы данных Statistica.

В условиях меняющейся глобальной экономики Беларусь придерживается сбалансированной стратегии: наращивает потенциал собственного агропромышленного комплекса, стремится обеспечить технологический суверенитет, развивает наукоемкие и высокотехнологичные отрасли (селекция и семеноводство, племенное дело, биотехнологии, сельхозмашиностроение). Экспортируя продукцию, собственные уникальные технологии и компетенции в области агропромышленного производства, Беларусь и продвигает национальный продовольственный бренд. Страна стала надежным партнером в решении задач продовольственной безопасности для стран Евразийского экономического союза, СНГ, ШОС и даже далекого Африканского региона. Востребованы не только качественные белорусские продовольственные товары, но и комплексные производственные решения для животноводства, сельскохозяйственная техника, технологии переработки сельскохозяйственного сырья, инфраструктурные решения для сельской местности и агрогородков. Новые возможности открывает кооперация в научной и производственной сферах, организация совместных инновационных проектов и профессионального образования [4, 7].

В результате анализа данных, приведенных в табл. 1, отмечено, что дальнейшее развитие экспортных поставок будет связано с выходом на новые рынки и укреплением позиций товаропроизводителей в странах и регионах, которые уже покупают белорусскую продукцию. Например, в Российскую Федерацию направляется около 80 % белорусского продовольственного экспорта. Вместе с тем этот традиционный для нас рынок также имеет значительные резервы роста – расширение ассортимента продукции на полках торговых сетей, наращивание поставок в дальние регионы, развитие агропромышленной кооперации, улучшение логистики и создание новых эффективных каналов продвижения белорусских товаров. В последние годы в структуре поставок

возрастает доля высокомаржинальных продуктов сыров, творога, масла сливочного, кисломолочных продуктов с натуральными наполнителями, мясных полуфабрикатов, колбасных изделий, кондитерской продукции.

Установлено, что одним из перспективных направлений развития экспортного потенциала является *глубокая переработка сырья*, в том числе с использованием биотехнологий. В мире набирают обороты все новые сегменты глубокой переработки, которые позволяют снизить затраты на транспортировку в новые регионы экспорта, увеличить срок хранения продукции, повысить маржинальность. Совместными усилиями с учеными белорусские предприятия осваивают производство уникальных сухих молочных продуктов и компонентов (концентраты молочных и сывороточных белков, безлактозное молоко, многокомпонентные сухие смеси). В стране созданы уникальные мощности по глубокой переработке зерна по современным биотехнологиям в аминокислоты, высокопродуктивные сбалансированные комбикорма и премиксы [8].

В фокусе белорусских предприятий – бережливое хозяйствование и продуманное отношение к ресурсам, развитие безотходных и ресурсосберегающих производств, получение максимальной пользы и стоимости с единицы переработанного сельскохозяйственного сырья (зерна, сахарной свеклы, молока, мяса, масличных). Все это – базовые составляющие белорусской национальной концепции качества – нашего продовольственного бренда.

Необходимую поддержку отечественной пищевой индустрии оказывает *наука*. Сегодня отрасль развивается на прочной инновационной основе. Создаются технологии и рецептуры новых видов продукции: кондитерские изделия с биологически активными веществами, конфеты из сухого молока, сыры с голубой плесенью, кисломолочные продукты, детское и специализированное питание, мясные полуфабрикаты. Учеными и практиками совместно решаются задачи освоения современных биотехнологий, которые станут залогом устойчивого роста всех отраслей отечественного АПК, включая экспортно-ориентированное животноводство. Доля инновационно активных организаций среди производителей растительных и животных масел и жиров – 43 %, молочных продуктов – 37, хлебобулочных, макаронных и мучных кондитерских изделий – 32, шоколада и сахаристых кондитерских изделий – 57, детского питания и диетических пищевых продуктов – 50,0, среди производителей кормов и кормовых добавок – 30 % (табл. 2). Благодаря такой активной позиции отечественных производителей в отношении продуктовых инноваций появилась возможность довольно успешно решать задачи импортозамещения.

Установлено, что белорусы покупают 78 % отечественных продуктов питания. По многим товарным группам, включая мясо и мясные продукты, сахар, яйца, молочные продукты, этот показатель составляет почти 100 %. В 2023 г. относительно уровня 2022 г. достигнута положительная динамика по приросту доли на внутреннем рынке отечественных свежих яблок – на 25,0 п. п., овощей и грибов – 5,6, огурцов – 10,7, томатов – 13,0, лука репчатого – 2,8, крупы гречневой – 4,4, муки – 3,2 % (табл. 3). Доля детского питания

Таблица 2. Индикаторы инновационного развития производителей продуктов питания (по результатам выборочного обследования), 2022 г., в %

Вид экономической деятельности	Удельный вес инновационной продукции в общем объеме, %	Удельный вес инновационно активных организаций, %
Производство продуктов питания	5,2	28,9
Переработка и консервирование мяса и производство мясной продукции	5,7	16,0
Переработка и консервирование рыбы, ракообразных и моллюсков	2,4	28,6
Переработка и консервирование фруктов и овощей	0,5	15,4
Производство растительных и животных масел и жиров	1,3	42,9
Производство молочных продуктов	4,5	37,2
Производство хлебобулочных, макаронных и мучных кондитерских изделий	4,3	32,1
Производство какао, шоколада и сахаристых кондитерских изделий	13,4	57,1
Производство детского питания и диетических пищевых продуктов	3,8	50,0

Пр и м е ч а н и е. Таблица составлена на основе данных работы [9].

Таблица 3. Доля отечественных продовольственных товаров, реализованных организациями торговли Республики Беларусь (без микроорганизаций)

Продукция	Год				Изменение 2023 г. к 2018 г., п. п.
	2018	2021	2022	2023	
Пищевые продукты и напитки	79,6	76,6	76,8	77,5	0,7
Свежие фрукты и орехи	9,1	8,1	10,4	14,3	3,9
Свежие овощи и грибы	74,2	73,7	69,8	75,4	5,6
Мясо и мясные продукты	99,8	99,7	99,7	99,7	0,0
Рыба, ракообразные и моллюски	42,7	43,7	44,8	44,5	−0,3
Мучные кондитерские изделия	75,7	68,2	71,5	70,8	−0,7
Сахаристые кондитерские изделия	58,4	49,4	54,4	52,7	−1,7
Сыры	94,8	91,5	95,0	95,7	0,7
Масло сливочное	99,7	99,9	100,0	99,99	0,0
Яйца	100,0	100,0	100,0	100,0	0,0
Масло растительное	14,6	14,6	14,6	10,1	−4,5
Детское питание	68,7	79,2	79,1	80,0	0,9
Крупа	41,5	42,6	37,6	38,0	0,4
Сахар и сахарозаменители	94,6	99,5	99,8	99,5	−0,3
Мука	88,5	94,5	90,1	93,4	3,3
Макаронные изделия	66,9	65,0	68,0	65,0	−3,0

Пр и м е ч а н и е. Таблица составлена на основе данных Национального статистического комитета Республики Беларусь.

отечественного производства в общем объеме продаж на внутреннем рынке республики составляет 80,0 %, в том числе: сухих детских смесей и каш – 70,7, консервов мясных и рыбных – 90,8, консервов плодоовощных и соковой продукции – 82,1 %.

Например, несколько лет назад отечественная масложировая отрасль вывела на рынок качественный и доступный импортозамещающий продукт – *рапсовое масло*. Задача была решена благодаря модернизации и усилиям наших ученых, которые разработали все необходимые технологии, начиная от специальных сортов и гибридов, до возможности использования рапсового масла при производстве товаров для детского питания. Продукт востребован не только на внутреннем рынке, но и за рубежом. Вместе с тем для отрасли также актуально получение более высокой добавленной стоимости по экспорту за счет освоения перспективных инновационных сегментов (соусы, многофункциональные ингредиенты).

Установлено, что белорусские предприятия пищевой промышленности готовы к стратегическим изменениям, и тем не менее подходят к данному вопросу взвешенно и экономически обоснованно, глубоко изучают и прогнозируют рыночную конъюнктуру.

Закключение. На основании проведенного анализа обозначены перспективные направления развития отечественной пищевой промышленности, которые предусматривают:

- обеспечение доступности для всех категорий населения широкого ассортимента товаров по социально справедливым ценам, создание условий для приоритетного продвижения на внутреннем рынке товаров отечественного производства на основе продолжения практики эффективного регулирования рынка;

- организацию новых конкурентных производств с использованием потенциала отечественной пищевой индустрии, производство продуктов глубокой переработки, продуктов на основе натурального местного сырья, специализированных и функциональных;

- реализацию инновационной стратегии развития отрасли на основе активного взаимодействия предприятий пищевой промышленности и науки, обеспечивающего рост добавленной стоимости и конкурентоспособности продукции;

- активное продвижение национального продовольственного бренда на рынке ЕАЭС, СНГ и мировом рынке;

- наращивание экспортного потенциала отрасли за счет выпуска новых востребованных на мировом рынке продуктов с использованием натуральных ингредиентов, «здоровых» перекусов, продукции с высокой добавленной стоимостью;

- формирование крупных интегрированных структур и холдингов, обеспечивающих производство конкурентоспособной агропромышленной продукции с высокой добавленной стоимостью и способных эффективно конкурировать на мировом рынке.

Список использованных источников

1. Пилипук, А. В. Современные аспекты и механизмы обеспечения устойчивого стратегического развития отраслей пищевой и перерабатывающей промышленности в мире и в Республике Беларусь / А. В. Пилипук, С. А. Кондратенко // Белорус. экон. журн. – 2020. – № 2. – С. 79–95.
2. Котковец, Н. Н. Развитие производственного потенциала агропромышленного комплекса Республики Беларусь в контексте тенденций мирового рынка продовольствия / Н. Н. Котковец, С. А. Кондратенко // Вес. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2024. – Т. 62, № 1. – С. 7–21.
3. Моргунова, Е. М. Методологические подходы и принципы повышения качества и конкурентоспособности пищевых продуктов / Е. М. Моргунова, С. А. Кондратенко // Пищевая промышленность: наука и технологии. – Минск. – 2023. – № 2. – Т. 16. – С. 19–30.
4. Продовольственные системы и адаптационная политика государств Евразии в новых экономических условиях: коллективная монография / С. А. Шоба [и др.] ; под общ. ред. С. А. Шобы. – М. : ЕЦПБ, НИА-Природа, 2023. – 182 с.
5. Food security and nutrition: building a global narrative towards 2030. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security [Electronic resource] // HLPE. 2020. – Mode of access: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/8357b6eb-8010-4254-814a-1493faaf4a93/content>. – Date of access: 05.07.2024.
6. OECD-FAO Agricultural outlook 2023–2032 [Electronic resource] / OECD, Food a. Agr. Organization of the UN // OECD iLibrary. – Mode of access: <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cc6361en>. – Date of access: 10.07.2024.
7. Пилипук, А. В. Перспективы реализации единой стратегии обеспечения продовольственной безопасности Союзного государства / А. В. Пилипук, С. А. Кондратенко, И. В. Гусакова // Белорус. экон. журнал. – 2023. – № 3. – С. 21–37.
8. БНБК [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bnbc.by>. – Дата доступа: 10.07.2024.
9. Мониторинг продовольственной безопасности – 2022: с учетом социально-экономических факторов / В. Г. Гусаков [и др.]. – Минск : Ин-т систем. исслед. в АПК НАН Беларуси, 2023. – 261 с.

**З. В. Ловкис, академик НАН Беларуси, доктор технических наук,
профессор, заслуженный деятель науки Республики Беларусь**

*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь*

РОЛЬ НАУКИ В РАЗВИТИИ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Аннотация. Достигнутые успехи в развитии пищевой промышленности и обеспечении продовольственной безопасности Республики Беларусь зависят в первую очередь от кадровой политики нашего государства. Анализ динамики развития отрасли показывает, что производство основных востребованных групп продуктов, экспорт пищевой продукции находятся в прямой корреляционной зависимости от уровня научного обеспечения (подготовки кадров высшей квалификации, разработанных ими технологий, методик, стандартов, новых продуктов).

Ключевые слова: пищевая промышленность, кадры высшей квалификации, динамика производства, экспорт.

**Z. V. Lovkis, Academician of the National Academy of Sciences of Belarus,
Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Scientist of the Republic of Belarus**

*RUE "Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food",
Minsk, Republic of Belarus*

THE ROLE OF SCIENCE IN THE DEVELOPMENT OF THE FOOD INDUSTRY

Abstract. The successes achieved in the development of the food industry and ensuring food security of the Republic of Belarus depend primarily on the personnel policy of our state. Analysis of the dynamics of the industry's development shows that both the production of the main in-demand product groups and the export of food products are in direct correlation with the level of scientific support (training of highly qualified personnel, technologies, methods, standards, new products developed by them).

Keywords: food industry, highly qualified personnel, production dynamics, export.

Пищевая промышленность Республики Беларусь представляет собой совокупность отраслей, состоящих из 1131 предприятий с 138 тыс. сотрудников. В их состав входят крупнейшие предприятия мясной и молочной, кондитерской, сахарной, консервной, алкогольной, масложировой и иных отраслей страны. Пищевая промышленность составляет 25,9 % от общего объема производства промышленной продукции [2, 8].

Продукция, которую получает белорусский потребитель, отличается широким ассортиментом и самым высоким качеством. Именно эти ориентиры открывают отечественному производителю новые возможности в усиливающемся конкурентном окружении. Неоднократно продукция отечественных

организаций пищевой промышленности отмечалась наградами на национальных и международных выставках.

От эффективности работы пищевой промышленности во многом зависит решение задачи обеспечения населения высококачественными продуктами питания в объемах и ассортименте, достаточных для формирования правильного и сбалансированного рациона питания.

Республика Беларусь является одним из ведущих мировых экспортеров продовольствия. Занимает самые высокие места по поставкам отдельных его видов: в частности, в 2022 г. – седьмое место – по экспорту масла сливочного, десятое место в мире по экспорту сухого обезжиренного молока, восьмое место – по экспорту сыров и творога, двенадцатое место – по экспорту сухого цельного молока [1, 2].

За 2023 г. экспорт сельскохозяйственной продукции и продуктов питания составил 7,4 млрд долл. США, а доля этой продукции в общем объеме экспорта Беларуси составила 18,5 % [3, 9].

За последние 20 лет в РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» прошли подготовку через аспирантуру и соискательство более 70 специалистов, 41 из которых защитили кандидатские диссертации (см. рисунок) [5].

В результате анализа тематик диссертаций, выполняемых в Центре по продовольствию, следует отметить, что преобладающее большинство работ соответствует утвержденному перечню приоритетных направлений научной, научно-технической и инновационной деятельности Республики Беларусь и осуществлялось в рамках заданий государственных программ научных исследований и исследовательских грантов.

Проведение исследований аспирантов и докторантов способствовало выполнению ряда проектов, внедрение которых позволило развивать высокотехнологичные производства.

Разработаны и внедрены [4–6]:

- технологии замораживания и электродиализа, мембранные технологии, безотходные технологии и глубокая переработка сырья и отходов, двухстадийная сушка;

- новые технологические, биотехнологические и биохимические операции, применение вспомогательных материалов (хитозан, озон и т. д.);

- технологии переработки сырья растительного происхождения, процессы и аппараты для их осуществления (повышение эффективности процесса измельчения и разделения по размеру на мембранных фильтровальных установках; подготовка пищевых технологических смесей с разработкой и обоснованием параметра аппаратов смесителей и классификаторов; моечных машин);

- импортозамещающие и ресурсосберегающие технологии: получения растительных и функциональных напитков, рыбных продуктов, консервов для детского питания, жележных продуктов, продуктов персонализированного питания, низкобелковых продуктов, ароматизированных вин, экстракти-

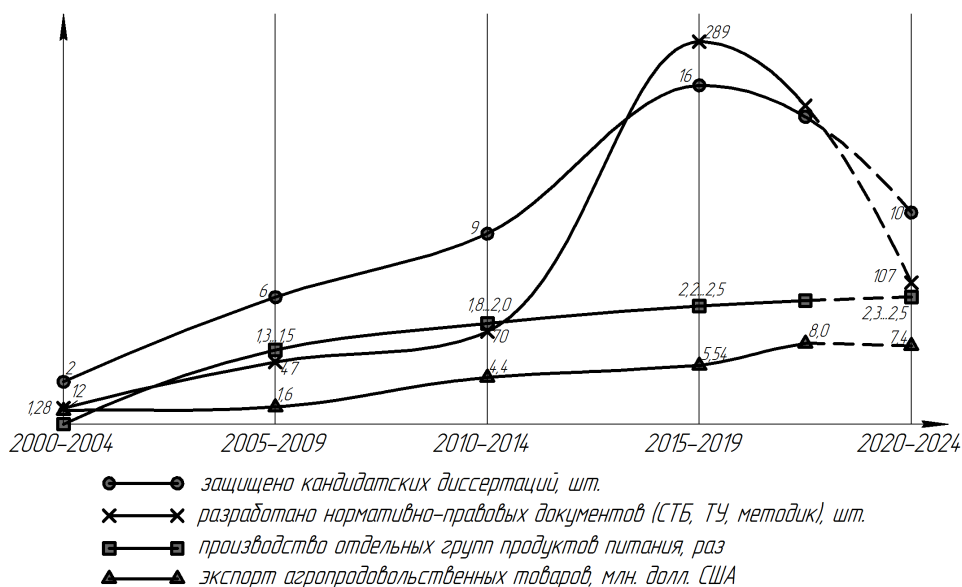
рованных сухих завтраков, детских продуктов питания с высокой пищевой и биологической ценностью; разработан широкий ассортимент продуктов питания для детей до трех лет, школьного возраста на молочной, овощной и мясной основе; чайных напитков для детей дошкольного и школьного возраста, сбалансированных по витаминному составу;

– подготовлены технологии новых видов гарнирных и диабетических консервов;

– технологии продуктов питания функционального и профилактического назначения (технология производства мучных кондитерских изделий специализированного назначения; технология производства батончиков-мюсли для диетического профилактического питания; технология производства и оценка потребительских свойств специализированных пищевых продуктов);

– усилен контроль качественного состава продуктов питания на основе разработанных методов испытаний и методик.

Динамичное развитие производства продуктов питания стало результатом целенаправленной работы как органов государственного управления по решению возникающих проблем, так и научного обеспечения развития. РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» в ближайшие годы предстоит работа над созданием и применением технологий углубленной переработки сырья растительного и животного происхождения, созданием продуктов питания функциональной направленности, разработкой продуктов персонализированного питания, совершенствованием и внедрением новых методов и методик контроля качества пищевых продуктов.



Показатели работы по научному сопровождению развития пищевой промышленности

Таким образом, для пищевой промышленности Республики Беларусь, устойчивого роста производства и экспорта продуктов питания на изучаемом этапе развития была организована активная подготовка кадров высшей квалификации, что позволило опережающими темпами разработать и внедрить нормативные, технологические проекты и рецептуры, произвести востребованные продукты питания и вывести их на рынки.

Однако полученные данные и интегральные показатели свидетельствуют о необходимости незамедлительного действия по организации следующего этапа развития: подготовки кадров высшей квалификации, разработки новых технологий и продуктов.

Список использованных источников

1. Мониторинг продовольственной безопасности – 2022: с учетом социально-экономических факторов / В. Г. Гусаков [и др.]. – Минск : Ин-т систем. исслед. в АПК НАН Беларуси, 2023. – 261 с.
2. Продовольственная безопасность Республики Беларусь: новые вызовы и возможности : материалы круглого стола, Минск, 18 октября 2023 г. – Минск : Ин-т систем. исслед. в АПК НАН Беларуси, 2024. – 154 с.
3. Промышленность Республики Беларусь : статистический сб. / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь ; редкол.: И. С. Кангро (пред.) [и др.]. – 2021. – 52 с.
4. Ловкис, З. В. Детское питание: наука, технологии, продукты / З. В. Ловкис. – Минск : ИВЦ Минфина, 2023. – 355 с.
5. Центр по продовольствию: от истоков до современности / З. В. Ловкис [и др.] // Минск : ИВЦ Минфина, 2021. – 373 с.
6. Эффективные технологии производства свекловичного сахара / О. К. Никулина [и др.]. – Минск : ИВЦ Минфина, 2023. – 302 с.
7. О безопасности пищевой продукции [Электронный ресурс] : ТР ТС 021/2011 : принят 09.12.2011 : вступ. в силу 01.07.2013 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/902320560>. – Дата доступа: 25.07.2024.
8. Беларусь в цифрах: статистический справочник. – Минск : Нац. стат. ком. Респ. Беларусь, 2023. – 61 с.
9. Пилипук, А. В. О продбезопасности, импортозамещении и производстве продуктов питания нового поколения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.belta.by/comments/view/o-prodbezopasnosti-importozameschenii-i-proizvodstve-produktov-pitanija-novogo-pokolenija-8648/>. – Дата доступа: 30.07.2024.

УДК 338.439.053(476)

**И. В. Гусакова, кандидат экономических наук, доцент;
О. В. Стешиц**

*Республиканское научное унитарное предприятие
«Институт системных исследований
в АПК Национальной академии наук Беларуси»,
г. Минск, Республика Беларусь*

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ: СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ И НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТЫ

Аннотация. Представлены результаты оценки продовольственной безопасности Республики Беларусь, выполненные национальными и международными экспертами. Проанализированы индикаторы физической и экономической доступности продовольствия, уровня и качества питания в разрезе социальных групп населения. Определены направления развития национальной системы обеспечения продовольственной безопасности с учетом научно-технологического потенциала агропромышленного комплекса.

Ключевые слова: продовольственная безопасность, физическая и экономическая доступность продовольствия, качество питания, научно-технологический потенциал.

**I. V. Gusakova, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor;
O. V. Steshits**

*Republican Scientific Unitary Enterprise "Institute of System Researches
in the Agro-Industrial Complex of the National Academy of Sciences of Belarus",
Minsk, Republic of Belarus*

ENSURING FOOD SECURITY OF THE REPUBLIC OF BELARUS: SOCIO-ECONOMIC AND SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL ASPECTS

Abstract. The results of the assessment of food security of the Republic of Belarus, carried out by national and international experts, are presented. Indicators of physical and economic accessibility of food, level and quality of nutrition in the context of social groups of the population are analyzed. The directions for the development of the national food security system have been determined, taking into account the scientific and technological potential of the agro-industrial complex.

Keywords: food security, physical and economic accessibility of food, quality of nutrition, scientific and technological potential.

О высоком уровне обеспечения продовольственной безопасности Республики Беларусь свидетельствуют данные международной оценки, представленные в докладе «Положение дел в области продовольственной безопасности и питания в мире – 2024», подготовленном ФАО, МФСР, ЮНИСЕФ, ВПП и ВОЗ. Так, значение показателя «распространения недоедания» для рес-

публики составляет «менее 2,5 %», что соответствует уровню большинства стран Европейского союза. При этом значение данного показателя у Словакии – 3,6 %, Грузии – 4 %. В части «низкой массы тела при рождении» показатель Беларуси – 5,1 %, в то время как у Болгарии – 11,4 %, Италии – 7,2 %, Польши – 5,6 %. Важно отметить, что согласно международной оценке, доля белорусов, которые не могут позволить себе здоровое питание, – одна из наименьших в мире (1 %). Республика по этому параметру находится на одном уровне с Ирландией, Нидерландами и Швейцарией. В Германии доля таких граждан больше в 2,2 раза, в США – в 2,5 раза, в Чехии – в 4,2 раза, в Польше – в 6,6 раза, в Италии – в 6,9 раза, в Литве – в 9 раз, в Молдове – в 11,9 раза, в Латвии – в 12,7 раза [1].

Согласно данным Национальной платформы представления отчетности по Целям устойчивого развития (ЦУР), для Беларуси характерен ряд положительных тенденций в достижении ЦУР 2 «Ликвидация голода, обеспечение продовольственной безопасности, улучшение питания и содействие устойчивому развитию сельского хозяйства». Так, относительно уровня 2022 г. отмечается повышение индекса ориентированности на сельское хозяйство (определяемого по структуре государственных расходов) на 0,2 п. п.; незначительное увеличение средних доходов мелких производителей продовольственной продукции на 18 долл. США; рост количества генетических ресурсов растительного (на 2225 ед.) и зоологического (на 50 тыс. доз) происхождения, предназначенных для производства продовольствия и сельского хозяйства; сокращение доли местных пород, находящихся под угрозой исчезновения (см. таблицу) [2].

Высокую степень устойчивости системы продовольственной безопасности Беларуси подтверждают результаты мониторинга, выполненного Республиканским научным унитарным предприятием «Институт системных исследований в АПК Национальной академии наук Беларуси» в соответствии с критериями оценки, предусмотренными постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 15 декабря 2017 г. № 962 «О Доктрине национальной продовольственной безопасности Республики Беларусь до 2030 года». Так, согласно расчетам экспертов, интегральный индекс продовольственной безопасности в 2023 г., включающий в себя индексы производства сельскохозяйственной продукции, энергетической и пищевой ценности рациона, потребления основных продуктов, составил 1,04, что соответствует уровню прошлого года и свидетельствует о высокой степени стабильности агропродовольственной системы с точки зрения физической доступности продовольствия (см. рисунок).

Анализ ключевых индикаторов экономической доступности продовольствия позволил выделить ряд положительных тенденций относительно уровня 2022 г.: рост реальных располагаемых денежных доходов населения – 106,3 % к предыдущему году; уменьшение доли населения с уровнем среднедушевых располагаемых ресурсов ниже бюджета прожиточного минимума с 3,9 до 3,6 %; поступательное сокращение расходов домашних хозяйств на покупку продуктов питания с 39,7 до 38,6 % в общем объеме потребительских

**Отдельные показатели прогресса Республики Беларусь в достижении ЦУР 2
«Ликвидация голода, обеспечение продовольственной безопасности,
улучшение питания и содействие устойчивому развитию сельского хозяйства»**

Показатель	Год				
	2019	2020	2021	2022	2023
Уровень острого отсутствия продовольственной безопасности населения (по «Шкале восприятия отсутствия продовольственной безопасности») ¹ , %	Н. д.	0,028	0,015	Н. д.	Н. д.
Уровень умеренного или острого отсутствия продовольственной безопасности населения ¹ , %	Н. д.	1,220	0,712	Н. д.	Н. д.
Распространенность задержки роста среди детей в возрасте до пяти лет ²	0,011	0,012	0,012	0,012	0,012
Распространенность неполноценного питания среди детей в возрасте до пяти лет в разбивке по видам ³ :					
истощение	0,013	0,013	0,012	0,013	0,013
ожирение	0,03	0,031	0,031	0,031	0,03
Распространенность анемии среди беременных женщин, %	23,6	22,5	23,5	25,1	25,0
Объем производства на производственную единицу в разбивке по классам размера предприятий фермерского хозяйства	18,7	18,2	15,2	17,1	19,8
Доля сельскохозяйственных площадей, занятых продуктивным и устойчивым сельским хозяйством ¹	Н. д.	Н. д.	62	Н. д.	Н. д.
Индекс ориентированности на сельское хозяйство, определяемый по структуре государственных расходов	0,9	0,7	1,0	0,9	1,1
Средний доход мелких производителей продовольственной продукции, долл. США	839	896	890	894	912
Количество генетических ресурсов растительного происхождения, предназначенных для производства продовольствия и сельского хозяйства, которые находятся на специальных объектах среднесрочного или долгосрочного хранения, ед.	41 089	43 965	46 722	49 420	51 645
Количество генетических ресурсов зоологического происхождения, предназначенных для производства продовольствия и сельского хозяйства, которые размещаются на специальных объектах среднесрочного или долгосрочного хранения, тыс. доз	24 594	25 377	28 980	28 200	28 250
Доля местных пород, находящихся под угрозой исчезновения	82	82	82	82	64

¹ Срок формирования данных – 1 раз в 3 года.

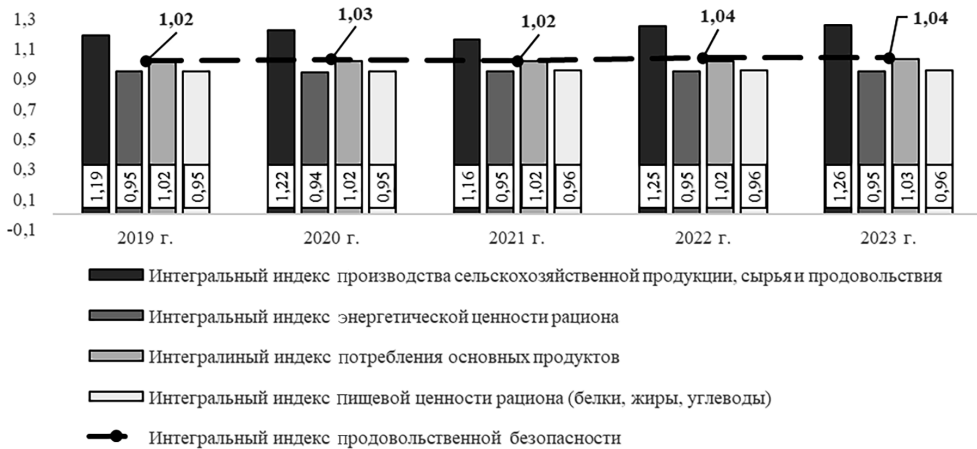
² Показатель рассчитывается как среднеквадратичное отклонение от медианного показателя роста к возрасту ребенка в соответствии с нормами роста детей, установленными ВОЗ (<-2).

³ Показатель рассчитывается как среднеквадратичное отклонение от медианного показателя веса к возрасту в соответствии с нормами роста детей, установленными ВОЗ (>+2 или <-2).

П р и м е ч а н и я.

1. Н. д. – нет данных.

2. Таблица составлена на основе данных Национальной платформы представления отчетности по ЦУР [2].



Интегральная оценка продовольственной безопасности Республики Беларусь, коэффициент

Примечание. 2023 г. – оценочные данные.

расходов (рекомендуемое значение в соответствии с Доктриной продовольственной безопасности Республики Беларусь – не более 35,0 %); сохранение низкого уровня зарегистрированной безработицы – 0,1 % к численности рабочей силы.

С целью стабилизации внутреннего рынка в республике реализуются меры ценового регулирования и экономического воздействия на цены:

1) Система регулирования цен на большинство товаров потребительской корзины – как отечественных, так и импортных (постановление Совета Министров Республики Беларусь от 19 октября 2022 г. № 713) предусматривает: для производителей – необходимость согласования отпускных цен с госорганами, облисполкомами и Минским горисполкомом; для импортеров и торговли – установление предельных максимальных надбавок вне зависимости от количества участвующих посредников; ограничение бартерных сделок (операции подлежат согласованию с государственными органами); порядок по выплате бонусов и иных вознаграждений по продвижению товаров в торговле при поставке товаров вне зависимости от страны происхождения [3];

2) Соглашение о предоставлении скидок на социально значимые товары первой необходимости социально уязвимым категориям населения (пенсионеры, инвалиды, родители, воспитывающие ребенка-инвалида в возрасте до 18 лет, многодетные семьи, малообеспеченные слои населения) между субъектами торговли и Министерством антимонопольного регулирования и торговли Республики Беларусь. Социальную скидку в размере до 10 % предоставляют 14 торговых сетей.

Благодаря высоким темпам роста реальной заработной платы (111 % к предыдущему году) и реализуемому в стране комплексу мер ценового регулирования были сформированы условия для увеличения конечного потребления.

В 2023 г. розничный товарооборот по категории «пищевые продукты, напитки и табачные изделия» составил 104,9 % в сопоставимых ценах к предыдущему году, товарооборот общественного питания – 110,2 % [4]. При этом отмечается увеличение доли продовольственных товаров отечественного производства, реализованных организациями торговли на внутреннем рынке, с 76,8 % в 2022 г. до 77,5 % в 2023 г. В то же время значение данного показателя все еще ниже уровня, рекомендованного в Доктрине, – не менее 85 %. Сохраняется высокий удельный вес импортных фруктов и орехов – 85,7 %, масла растительного – 89,8 %, круп – 62,0 %, рыбы и морепродуктов – 55,5 %, сахаристых кондитерских изделий – 47,2 % и др.

Согласно оценке уровня и качества питания в разрезе категорий населения установлено, что энергетическая ценность рациона питания в 2023 г. по результатам выборочного обследования домашних хозяйств составила 2637 ккал на человека в сутки, при этом на продукты животного происхождения приходилось 38,7 % общей калорийности (2022 г. – 37,4 %), а удельный вес в рационе белков животного происхождения составил 64,9 % (+0,4 п. п. к уровню 2022 г.). При этом установлено, что домохозяйства с наименьшими среднедушевыми доходами испытывали недостаток в потреблении относительно рациональной нормы, дефицит составил: по молоку и молокопродуктам – 152 кг, мясу – 5 кг, рыбе – 6 кг, овощам – 52 кг, фруктам – 26 кг, яйцам – 84 шт. Наиболее уязвимой группой населения с точки зрения влияния угроз продовольственной безопасности являются домашние хозяйства с детьми. Семьи с тремя детьми и более по сравнению с семьями, имеющими одного ребенка, потребляли на 30,0 % меньше овощей и бахчевых, на 28,6 % – рыбы и рыбопродуктов, на 28,4 % – фруктов и ягод, на 22,9 % – яиц, на 21,6 % – мяса и мясопродуктов, на 20,0 % меньше молока и молокопродуктов.

Фундаментальной основой обеспечения продовольственной безопасности является *сельское хозяйство*. В современных условиях ключевыми задачами агропромышленного комплекса остаются сохранение стабильного производства, рост его эффективности, а также повышение импортнезависимости. Важное значение в данной связи отводится научному обеспечению АПК, осуществляемому предприятиями Отделения аграрных наук Национальной академии наук Беларуси: в области земледелия и растениеводства, животноводства и ветеринарной медицины, механизации сельского хозяйства, производства продовольствия, экономики и организации сельскохозяйственного производства.

В современных условиях, характеризующихся усиливающимся санкционным давлением, стратегической задачей является достижение технологического суверенитета в агропродовольственной сфере. Реакцией на глобальные вызовы должно стать создание перспективных прорывных технологий, инновационных продуктов, не только отвечающих национальным интересам Республики Беларусь и необходимых для существенного повышения качества жизни населения, но и востребованных на мировом рынке. В данной связи

определены перспективные направления развития науки и технологий в области обеспечения продовольственной безопасности: технологии сохранения и повышения почвенного плодородия; точное земледелие; технологии для органического сельского хозяйства; геномные технологии в селекции сельскохозяйственных культур; технологии индустриального и прудового рыбоводства; технологии круглогодичного производства овощей; технологии производства специализированных рационов для отдельных групп населения, пищевых продуктов с низким гликемическим индексом, молочных продуктов с различным содержанием лактозы, гипоаллергенных продуктов; технологии переработки отходов пищевой промышленности.

Список использованных источников

1. The State of Food Security and Nutrition in the World 2024 [Electronic resource] // Food and Agriculture Organization of the United Nations. – 2024. – Mode of access: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/b206ff58-553e-4da7-80e0-a9b0ce21d91b/content>. – Data of access: 19.07.2024.
2. Ликвидация голода, обеспечение продовольственной безопасности, улучшение питания и содействие устойчивому развитию сельского хозяйства [Электронный ресурс] // Национальная платформа представления отчетности по показателям Целей устойчивого развития – 2024. – Режим доступа: <https://sdgplatform.belstat.gov.by/target/2>. – Дата доступа: 19.07.2024.
3. О ценовой ситуации на потребительском рынке [Электронный ресурс] // Министерство антимонопольного регулирования и торговли Республики Беларусь – 2024. – Режим доступа: <https://www.mart.gov.by/news/novost/o-tsenovoy-situatsii-na-potrebitelskom-rynke-v-aprele-2024-g/>. – Дата доступа: 19.07.2024.
4. Беларусь в цифрах: статистический справочник [Электронный ресурс] // Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – 2024. – Режим доступа: <https://www.belstat.gov.by/upload/iblock/da3/7qxxqydg25c4gzuo0emqtzx4lbdqcg.pdf>. – Дата доступа: 19.07.2024.

УДК: 550.47:574.23+574.45+574.46:613.27

**В. В. Ермаков, доктор биологических наук, профессор;
В. А. Сафонов, доктор биологических наук, профессор**

*Институт геохимии и аналитической химии имени В. И. Вернадского
Российской академии наук,
г. Москва, Российская Федерация*

БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОБЛЕМЫ МИКРОЭЛЕМЕНТОЗОВ

Аннотация. Представлено развитие концепции «микроэлементозы» в рамках биогеохимических идей, наук о питании и, как следствие, учения о микроэлементах. Обсуждаются практические аспекты генезиса сложных гипо- и гиперэлементозов, обусловленных техногенными процессами (увеличение миграции токсичных химических элементов и радионуклидов, проявление вирусных пандемий). Подчеркнуты необходимость более детального изучения и коррекции современных микроэлементозов, значение реабилитационных пищевых технологий с учетом биогеохимической ситуации.

Ключевые слова: микроэлементозы, микроэлементы, науки о питании, техногенез.

**V. V. Ermakov, Doctor of Biological Sciences, Professor;
V. A. Safonov, Doctor of Biological Sciences, Professor**

*Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry of the Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russian Federation*

BIOGEOCHEMICAL ASPECTS OF THE PROBLEM OF MICROELEMENTHOSES

Abstract. The development of the concept of “microelementhoses” within the framework of the biogeochemical ideas, nutrition sciences and, as a result, the doctrine of trace elements is presented. Practical aspects of the genesis of complex hypo- and hyperelementhoses caused by man-made processes (increased migration of toxic chemical elements and radionuclides, manifestation of viral pandemics) are discussed. The need for a more detailed study and correction of modern microelementhoses, the importance of rehabilitation food technologies, taking into account the biogeochemical situation, is emphasized.

Keywords: microelementhoses, trace elements, nutrition sciences, technogenesis.

Введение. В условиях техногенной эволюции биосферы жизненно важно всестороннее изучение особо опасных биогеохимических эндемий, обусловленных недостатком или избытком необходимых химических элементов в среде и организме животных и человека, а также миграцией опасных радионуклидов [1, 2]. Генезис биогеохимических эндемий зависит от генетической основы организмов и особенностей локальных биогеохимических циклов химических элементов [3, 4]. Последние определяются процессами выветри-

вания, трансформации вещества и влиянием антропогенных факторов. Это характерно для ряда микроэлементов, включая йод, фтор, селен и др. Следует подчеркнуть, что МЭ являются важной частью продуктов питания наряду с белками, жирами, углеводами и витаминами. При этом важную роль в усвоении МЭ играют пищевые компоненты (фитат, уровень углеводов, органические кислоты, гуминовые кислоты и др.), а также взаимодействие между МЭ.

Микроэлементы (МЭ) – химические элементы, содержащиеся в организмах в низких концентрациях (обычно тысячные доли процента и ниже). Несмотря на вовлечение в биохимические процессы большинства МЭ, их подразделяют по биологическим функциям на *необходимые* (*жизненно важные* по ВОЗ – Fe, Cu, Zn, Co, Se, J; *важные* – Mn, Cr, Mo, B; *полезные* в определенных дозах: As, Br, F, Li, Ni, Si, V), *пассивные* и *токсичные* – Al, Ba, Bi, Cd, Pb, Ta, Hg и др. Это условное подразделение, меняющееся с установлением новых важных функций МЭ [5, 6].

Основные функции МЭ: пластическая (структурная), каталитическая, конформационная, детоксицирующая. Эндогенная физиолого-биохимическая роль ряда МЭ общеизвестна: катализ биологически активных веществ, включая витамины, ферменты, гормоны, участие в процессах дыхания, нервной проводимости, восприятию света, обезвреживании ксенобиотиков, избытка перекисных соединений и свободных радикалов и др. МЭ входят в состав ферментов (например, Zn – в карбоангидразу, Cu – в церулоплазмин, цитохром С и полифенолоксидазу, Mn – в аргиназу, Se в глутатионпероксидазу), витаминов (Co – в состав витамина B₁₂), гормонов (J – в тироксин, Zn и Co – в инсулин, Zn – мелатонин), дыхательных пигментов (Fe – в гемоглобин, Cu – в гемоцианин). Действие МЭ проявляется в их влиянии на обмен веществ, рост и воспроизводительные функции (Mn, Zn, J – у животных, B, Mn, Zn, Cu – у растений). Недостаток или избыток МЭ в живом организме, связанный с недостатком или избытком их в среде (почвах, растениях) и рационе, приводят к нарушению обмена веществ, так называемым *эндемическим заболеваниям* (биогеохимические эндемии). При биогеохимических эндемиях, кроме специфических признаков нарушения обмена веществ, существуют общие расстройства жизнедеятельности – дистрофии, нарушение воспроизводительной способности, понижение иммунобиологических свойств организмов. МЭ используют в медицине (профилактика микроэлементозов), для повышения урожайности сельскохозяйственных культур (микроудобрения) и продуктивности сельскохозяйственных животных (добавки МЭ в рацион) [5, 6].

МЭ поступают из среды в организм в общем потоке различных веществ, и их взаимодействие – одна из сложнейших проблем биологических наук. Общеизвестны такие взаимодействия между кальцием и цинком, кальцием и кадмием, кальцием и стронцием, кальцием и фосфором, медью и молибденом, уровнем сульфатов и медью и др. [1, 7–9].

Микроэлементозы. Активное изучение биологической роли микроэлементов, их распространения в среде, продуктах питания, кормах, организме

человека, животных и растений в 60–70-х гг. прошлого века сопровождалось накоплением огромного фактического материала, который требовал обобщения. Одной из таких попыток была систематизация, предложенная А. П. Авцыным с соавт.: «С учетом достижений современной науки настало время предложить объединяющее название для всех патологических процессов, вызванных дефицитом, избытком и дисбалансом МЭ в организме. Таким названием, по нашему мнению, является термин “микроэлементозы”» [7]. Общепринято выделение заболеваний, характеризующихся микроэлементной недостаточностью (гипомикроэлементозы) и избытком (гипермикроэлементозы). Последние наиболее часто диагностируются у сельскохозяйственных животных в результате избыточного их введения в рацион и отдельные корма. Таким образом, понятие «микроэлементозы» возникло в результате эволюции наших знаний о существенной роли микроэлементов в жизнедеятельности организмов.

Локальные эндемические микроэлементозы. Под *биогеохимической эндемией* подразумевается местное заболевание, связанное с недостатком или избытком макро- и микроэлементов в среде и пищевой цепи. Еще недостаточно изучены заболевания животных организмов, вызываемые недостатком бора, стронция, свинца, но установлено, что избыток этих элементов в естественной среде может вызвать эндемические болезни животных и человека [5, 6]. Эндемические болезни, вызываемые недостатком кобальта, цинка или йода, недостатком или избытком меди, фтора, марганца, селена, напротив, в настоящее время достаточно глубоко изучены.

Достоверно установлена зависимость от дозы и характера действия химического элемента на отдельные системы организма и на целый организм. В природных условиях, несмотря на сложность химического состава геохимической среды, обычно ведущее значение в возникновении эндемических заболеваний имеет один химический элемент, который находится в среде в особенно дефицитном или избыточном количестве. В ряде случаев может сказываться одновременное низкое или повышенное содержание в пище нескольких химических элементов или их соотношений, например, кобальта и меди, кобальта и йода, меди, марганца и йода, стронция и кальция [10]. В этих случаях эффект действия микроэлементов может определяться параллельным нарушением нескольких обменных процессов, в каждом из которых один химический элемент имеет ведущее значение. Как правило, этиологическая роль МЭ в патогенезе биогеохимических эндемий носит сложный характер. Для ее оценки необходимо выяснить основные точки приложения химических элементов к биохимическим процессам и метаболизму, найти их звенья, вовлекающие целый организм в реакции на недостаток или избыток определенных элементов, т. е. установить причинные зависимости и объяснить значение каждой стадии в интегральном проявлении реакции организма [1, 10].

Наиболее опасные биогеохимические эндемии, обусловленные избытком в среде, рационе и организмах фтора, ртути, кадмия, меди, мышьяка, радионуклидов, высокотоксичных пестицидов, а также гипомикроэлементозы,

связанные с дефицитом Se, J, Cu, Co и других МЭ. В настоящее время возникает проблема комплексных микроэлементозов, проявляющихся в результате экстенсивного ведения сельского хозяйства и касающаяся преимущественно высокопродуктивных животных. При этом роль микроэлементов в патогенезе вирусных, инфекционных и паразитарных заболеваний становится также весьма актуальной [11].

Глобальные биогеохимические эндемии. Примерами глобальных (широко распространенных) эндемий являются *флюороз*, *эндемический зоб* и *патологии, связанные с селеновой недостаточностью*.

Флюороз – наиболее широко распространенное эндемическое заболевание на земном шаре, возникновение и развитие которого связано с избыточным содержанием фтора в природных водах, пищевых продуктах и кормах. *Эндемический флюороз* – заболевание людей и животных, первым, а порой и единственным симптомом которого являются изменения в твердых тканях зубов. Существуют различные формы флюороза: *кифоз* и заметные изменения скелета; костно-суставное заболевание *Kenhardt*; «вогнутые колени» (*genu valgum*); *чайный флюороз* (Тибет, КНР); *техногенный (промышленный) флюороз* [1, 8, 12, 13]. В районах вулканизма, ряде аридных регионов мира и в зонах добычи и переработки фосфоритов и апатитов часто встречаются эндемический и техногенный флюороз сельскохозяйственных животных и населения с преимущественным поражением зубов и скелета. Возникает проблема воспроизводства и содержания дойного скота [12]. В токсических количествах фториды нарушают метаболизм кальция, синтез коллагена кости, усиливая скорость костной аккреции (роста, прироста), увеличивают скорость резорбции кости и общий оборот кальция в организме [13]. Борьба с флюорозом состоит в выявлении обогащенных фтором территорий, использовании продуктов питания и кормов, производимых на территориях с нормальным статусом фтора, очистке питьевой воды (колоночные технологии), в преимущественном разведении свиней и кур. Всасывание фтора у животных подавляется солями кальция и магния, а также фосфатами.

Эндемический зоб. Об этиологической роли дефицита йода в развитии эндемического зоба и кретинизма свидетельствуют данные о распространении зоба в районах с недостатком йода, эффективность йодной профилактики и выявленные особенности метаболизма у больных эндемическим зобом. При йодной недостаточности уменьшается концентрация этого элемента в крови и тканях, нарушается функция щитовидной железы. Железа увеличивается. Точкой приложения йода в организме млекопитающих служит синтез гормонов щитовидной железы (3,5,3'-трийодтиронин, 3,3'-дийодтиронин, а также тироксина и тканевых производных гормонов – дийодтироуксусной и монойодтироуксусной кислот и др.) [5]. Йод оказывает влияние на метаболизм глюкозы, липидный обмен и ожирение. Влияние йода можно объяснить его антиоксидантными и иммуномодулирующими свойствами. Хотя связи между йодом и метаболизмом противоречивы, как дефицит йода, так и длительный избыток йода могут представлять риск заболеваний щитовидной железы (рис. 1) [14].

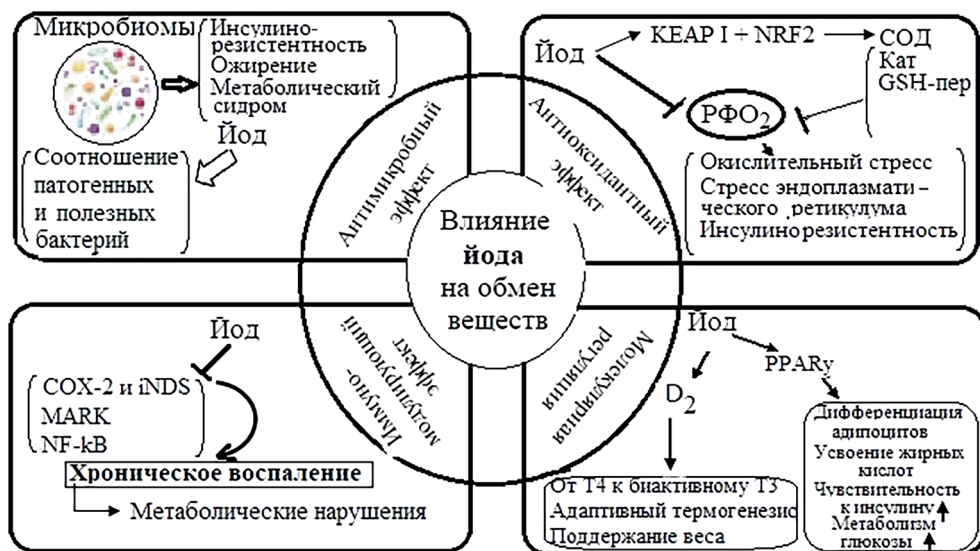


Рис. 1. Влияние йода на обмен веществ.

Обозначения: KEAP1 – кепч-подобный ECH-ассоциированный белок 1; NRF2 – связанный с NF-E2 фактор 2; СОД – супероксиддисмутаза; Кат – каталаза; GSH-пер – глутатионпероксидаза; PFO₂ – активные формы кислорода; COX-2 – циклооксигеназа-2; iNOS – индуцируемая синтаза оксида азота; MARK – модулирующая митоген-активируемая протеинкиназа; NF-kB – ядерный фактор каппа В; PPAR_γ – рецептор-γ, активируемый пролифератором пероксисом; D2 – дейодиназа 2-го типа; Т4 – тироксин; Т3 – трийодтиронин (по [14])

Среднее содержание йода в земной коре равно $5 \cdot 10^{-5} \%$ (0,5 мг/кг). В наземных растениях в среднем присутствует йода 0,42 мг/кг сухого вещества, а в органах и тканях наземных животных – 0,16–0,43 мг/кг. При этом в морских водорослях и животных содержится йода 30–1500 и 1–150 мг/кг соответственно [15]. Прибрежные районы морских и океанических резервуаров считают наиболее благоприятными относительно экологического статуса йода. Горные территории и центральные части континентов, как правило, дефицитны по уровню йода в среде, а экологический статус йода зависит от глобального процесса переноса аэрозолей с Мирового океана на континенты.

Согласно данным ВОЗ [15], 12 стран (половина обследованных стран Европы) составляют группу, в которой эндемический зоб продолжает оставаться серьезной проблемой. Зоб встречается в горных (Альпы, Алтай, Гималаи, Кавказ, Карпаты, Кордильеры, Памир, Тянь-Шань) и в равнинных (Тропическая Африка, Южная Америка) районах. В СНГ эндемический зоб наблюдается в центральных областях России, в Западной Украине, Беларуси, Закавказье, Средней Азии, районах Забайкалья и Дальнего Востока, низовьях сибирских рек.

Коррекция йододефицитных состояний осуществляется с использованием йодированной поваренной соли, специальных препаратов и диет [16, 17]. Тем

не менее существуют зобогенные факторы, которые усиливают развитие зоба: вещества, содержащиеся в репе, брюкве, фасоли, цветной капусте, моркови, редисе, шпинате, арахисе, манго, сое и др., а также избыток мочевины [1]. Следует учитывать снижение концентраций йода, внесенного в поваренную соль, в процессе хранения. В этом отношении более приемлем йодат калия [18].

Селеновая недостаточность. Современный период в оценке селена как жизненно важного микроэлемента характеризуется глубокими знаниями биологических функций соединений селена. Селен оказался генетически востребованным, так как синтез селенсодержащих ферментов, регулируемый определенными генами, зависит от уровня содержания биологически приемлемых форм селена. Селенсодержащие белки и пептиды контролируют в организме человека и животных уровень перекисных соединений, синтез нуклеиновых кислот и протеинов, липидный обмен, процессы сперматогенеза, остроту зрения и внимания. Так, селенсодержащая глутатионпероксидаза содержит в активном центре белка селеноцистеин (Sec). Для нее был найден генетический кодон в ДНК в виде триплета TGA (соответственно, UGA в t-RNA), ранее известного как стопкодон.

Селен окисляется гидропероксидом до SeOH. Далее SeOH соединяется с молекулой глутатиона (GSH), образуя Se-SG, и далее соединяется с другой молекулой глутатиона. При этом регенерируется Se^- и образуется побочный продукт GS-SG (рис. 2). Между тем активность глутатионпероксидазы сопряжена с функционированием глутаредоксина [19].

Se-содержащие соединения предупреждают развитие эндемической хондродистрофии, простатита, панкреатита, обладают карциностатическим и радиопротекторными свойствами [7, 20]. Патологии селеновой недостаточности: Кешанская болезнь человека, панкреатиты, простатиты, беломышечная болезнь животных, экссудативный диатез птиц, токсическая дистрофия печени свиней и ряд других.

Основные континентальные участки распространения Se-дефицита: ряд районов США и Канады, Австралии, Новой Зеландии, Сербии, стран Балтии, Республики Беларусь, Норвегии и Финляндии, огромные массивы России,

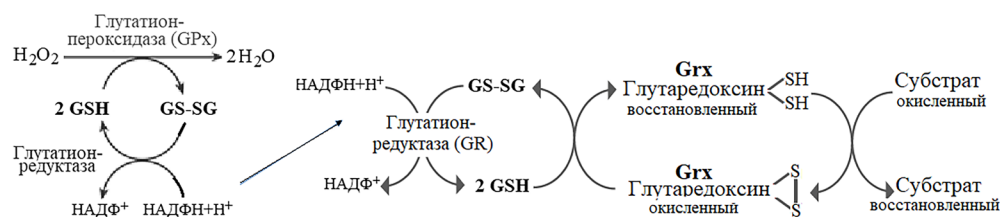


Рис. 2. Участие глутатионпероксидазы (ГПО) в антиоксидантной защите клеток млекопитающих.

Обозначения: GSH – восстановленный глутатион, GS-SG – окисленный глутатион, НАДФН – никотинадениндинуклеотид восстановленный, НАДФ – никотинадениндинуклеотид окисленный

Монголии, Китая, Кыргызстана. Наиболее часто селеновая недостаточность проявляется в зоне Нечерноземья [21, 22]. При этом прослеживается метаболическая связь йода не только с селеном, но также с цинком и кобальтом [23].

Коррекция селенодефицита осуществляется посредством применения микроудобрений и специальных агротехнологий, а также с использованием Se-препаратов и пищевых добавок, регулирующих их всасывание с учетом статуса других микроэлементов.

Закключение. Геологическая история эволюции и современного техногенного преобразования таксонов биосферы обуславливают гетерогенность химического состава среды обитания организмов, метаболизма макро- и микроэлементов и проявление биогеохимических эндемий.

Несмотря на территориально очерченные эндемии (флюороз, эндемический зоб, болезни селеновой недостаточности) предупреждение их проявления, меры профилактики и лечения разработаны недостаточно и нуждаются в улучшении. Особенно остро это касается флюороза человека и сельскохозяйственных животных, обитающих в промышленных зонах (производство алюминия, переработка апатитов и фосфоритов), где существуют реальные проблемы с состоянием здоровья населения и воспроизводством крупного и мелкого рогатого скота.

В настоящее время установлена связь патологического процесса ряда инфекционных заболеваний, включая вирусные пандемии, со статусом микроэлементов (йод, селен, цинк и др.). Последние усиливают резистентность организма, повышая его иммунитет, снижая окислительные процессы и блокируя избыток перекисных соединений и радикалов. Это расширяет значение МЭ в жизнедеятельности различных организмов.

Диагностика и профилактика микроэлементозов – сложная и важная проблема. Ее решение связано с системным изучением статуса как отдельных микроэлементов, так и их групп, а также с разработкой и применением новых методов биохимии, физиологии, молекулярной биологии, генетики и аналитической химии. Во всех случаях необходима разработка и реализация специальных межгосударственных программ по коррекции микроэлементозов, в особенности селенодефицитных эндемий в России, Республике Беларусь, Сербии, КНР и других странах. В связи с этим приобретает особую актуальность концепция биогеохимических провинций. Не менее важными являются разработка региональных критериев и параметров биогенной миграции макро- и микроэлементов как фундаментальной основы эколого-биогеохимического прогноза состояния территорий, усиление просвещения в области биогеохимии и геохимической экологии, а также разработка специальных пищевых технологий при различных микроэлементозах. Именно в этом направлении достигнуты большие успехи белорусских ученых.

Список использованных источников

1. Ермаков, В. В. Геохимическая экология животных / В. В. Ермаков, С. Ф. Тютиков. – М. : Наука, 2008. – 325 с.
2. Korobova, E. M. Theoretical and Methodological Approaches to the Analysis of the Spatial Distribution of Endemic Diseases of Geochemical Nature / E. M. Korobova, V. S. Baranchukov, L. I. Kolmikov // *Geochem. Intern.* – 2023. – Vol. 61, № 10. – P. 1074–1086.
3. Мотузова, Г. В. Экологический мониторинг почв / Г. В. Мотузова, М. С. Безуглова. – М. : Гаудемаус, 2007. – 237 с.
4. Почвы, биогеохимические циклы и биосфера : развитие идей Виктора Абрамовича Ковды : к 100-летию со дня рождения / отв. ред. Н. Ф. Глазовский ; РАН, Ин-т географии. – М. : КМК, 2004. – 403 с.
5. Ермаков, В. В. Биогеохимическая индикация микроэлементов / В. В. Ермаков, В. А. Сафонов, С. Ф. Тютиков. – М. : Изд. Рос. акад. наук, 2018. – 386 с.
6. Биоэлементный статус населения Беларуси: экологические, физиологические и патологические аспекты / Л. М. Беляева [и др.] ; под ред. Н. А. Гресь и А. В. Скального. – Минск : Харвест, 2011. – 352 с.
7. Авцын, А. П. Микроэлементозы человека / А. П. Авцын, А. А. Жаворонков, М. А. Риш. – М. : Медицина, 1991. – 495 с.
8. Белякова, Т. М. Изучение эндемического флюороза на континентах земного шара / Т. М. Белякова, А. А. Жаворонков // *Биогеохимическое районирование – метод изучения экологического строения биосферы* : тр. биогеохим. лаб. – Т. 15. – М. : Наука, 1978. – С. 37–53.
9. Anke, M. Essential and toxic effects of macro, trace, and ultratrace elements in the nutrition of animals / M. Anke // *Elements and their Compounds in the Environment* ; eds. By E. Merian [et al.]. – Weinheim : WILEY-VCH Verlag GmbH and Co. KGaA, 2004. – Vol. 1. – P. 305–341.
10. Ковальский, В. В. Проблемы биогеохимии микроэлементов и геохимической экологии. Избранные труды / В. В. Ковальский ; отв. ред., авт. вступ. ст. Л. К. Эрнст ; сост. Ю. В. Ковальский. – М. : Россельхозакадемия, 2009. – 357 с.
11. Ermakov, V. V. Biological Role of Trace Elements and Viral Pathologies / V. V. Ermakov, L. N. Jovanovic // *Geochemistry International*. – 2022. – Vol. 60, № 2. – P. 93–109.
12. Ermakov, V. Fluorine / V. Ermakov // *Elements and their Compounds in the Environment* / V. Ermakov. – Vol. 3 ; eds. By E. Merian [et al.]. – Weinheim : WILEY-VCH Verlag GmbH and Co. KGaA, 2004. – P. 1415–1421.
13. Fluoride Trace elements in human nutrition and health. – Geneva : World Health Organization, 1996. – P. 187–195.
14. The correlation between iodine and metabolism: a review / L. Zhang [et al.] // *Frontiers in Nutrition*. – 2024. – Vol. 11. – P. 1346452.
15. Iodine Study Worldwide : WHO Global Database on Iodine Deficiency ; eds. By Bruno de Benoist [et al.]. – Geneva : WHO, 2004. – 58 p.
16. Надольник, Л. И. Свободнорадикальные процессы и метаболизм йода в клетках щитовидной железы / Л. И. Надольник. – Минск : Беларуская навука, 2014. – 274 с.
17. Ловкис, З. В. Новые технологии в пищевой промышленности / З. В. Ловкис. – Минск : НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2011. – 142 с.
18. Устойчивость бинарной системы, содержащей йод и селен, в поваренной соли и растворе / Н. Б. Поляков [и др.] ; под ред. В. В. Ермакова // *Материалы VIII Международной биогеохимической школы «Биогеохимия и биохимия микроэлементов в условиях техногенеза биосферы», посвященной 150-летию со дня рождения В. И. Вернадского* : – М. : ГЕОХИ РАН, 2013. – С. 490–493.
19. Selenium, Selenoproteins and Viral Infection / O. M. Gullin [et al.] // *Nutrients*. – 2019. – Vol. 11, № 9. – P. 2101.
20. Мойсеёнок, А. Г. Возможности D-витаминного механизма устойчивости организма к коронавирусной инфекции / А. Г. Мойсеенок, Ю. З. Максимчик, Е. А. Мойсеёнок // *Корона-*

вирусная инфекция 2020: фундаментальные, клинические и эпидемиологические аспекты : сб. науч. материалов ; под общ. ред. В. Г. Гусакова, А. М. Сергеева. – 2-е изд. – Минск : Беларуская навука, 2021. – С. 137–146.

21. Ermakov, V. Selenium deficiency as a consequence of human mactivity and its correction / V. Ermakov, L. Jovanovic // *Journal of Geochemical Exploration*. – 2010. – Vol. 107. – P. 193–199.

22. Биогеохимия полиэлементных микроэлементозов / В. В. Ермаков [и др.] // *Пищевая промышленность: наука и технология: научно-технический журнал*. – 2019. – Т. 12, № 3 (45). – С. 24–30.

23. Гармаза, Ю. М. Цинк в живом организме: биологическая роль и механизмы действия / Ю. М. Гармаза, Е. И. Слобожанина. – Минск : Беларуская навука, 2021. – 189 с.

УДК [663/664]:658.562.47

Л. Н. Иованович, доктор геохимических наук, профессор эмеритус

Алфа БК Университет, г. Белград, Сербия

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ НАССР В ПРОИЗВОДСТВЕ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Аннотация. В условиях нарастающего кризиса, вызванного ростом числа беженцев в мире и дефицитом природных ресурсов, необходимо поддерживать запасы безопасных продуктов питания и кормов для животных, чтобы обеспечить эффективное функционирование рынка Европейского союза и других государств в мире. НАССР-система дает возможность осуществить анализ рисков и выявить критические контрольные точки в продуктах питания и кормах для животных.

Ключевые слова: безопасные продукты питания, анализ рисков, критические контрольные точки, гармонизация законодательного регулирования, внедрение.

L. Jovanović, Doctor of Geochemical Sciences, Professor Emeritus

University Alfa BK, Belgrade, Serbia

APPLICATION OF THE HACCP SYSTEM IN SAFE FOOD PRODUCTION

Abstract. In the context of the growing crisis caused by the growing number of refugees in the world and the shortage of natural resources, it is necessary to maintain the supply of safe food and animal feed to ensure the efficient functioning of the world markets. The HACCP system allows risk analysis and determination of critical control points in food and animal feed.

Keywords: safe food, hazard analysis, critical control points, harmonization of legislative regulation, implementation.

Введение. Безопасность пищевых продуктов и защита здоровья потребителей вызывают растущую озабоченность общественности, профессиональных ассоциаций и международных торговых организаций. Необходимо обеспечить доверие потребителей и торговых партнеров и гарантировать доступность нормативных правовых актов в области безопасности пищевых продуктов и кормов. Государственные органы должны информировать общественность о разумных основаниях подозревать, что определенные пищевые продукты представляют опасность для здоровья потребителей.

Принцип предосторожности используется для обеспечения защиты здоровья потребителей в Европейском союзе (ЕС). В особых обстоятельствах, когда существует опасность для жизни и здоровья потребителей, а в то же время присутствует научная неопределенность, принцип предосторожности обеспечивает механизм определения мер по управлению рисками с целью гарантирования высокого уровня защиты здоровья, установленного в ЕС.

Некоторые страны ЕС являются крупными поставщиками продовольствия и кормов. Заключено множество соглашений по торговле и разработке международных стандартов, которые лежат в основе регулирования безопасности пищевых продуктов и кормов. В странах ЕС поддерживают принципы свободной торговли безопасными продуктами питания и кормами для животных посредством справедливой и этической торговой практики.

Необходимо обеспечить, чтобы продукты питания и корма, экспортируемые из ЕС, соответствовали правилам или условиям ЕС, установленным страной-экспортером. При других обстоятельствах продукты питания и корма могут быть экспортированы только с явного согласия страны-импортера. Однако даже при наличии согласия страны-импортера необходимо предотвратить экспорт или реэкспорт вредных для здоровья продуктов питания, а также некачественных кормов для животных. Также необходимо определить общие принципы торговли продуктами питания и кормами, и принципы вклада ЕС в разработку международных стандартов и торговых соглашений.

Многие государства – члены ЕС приняли соответствующие правила о безопасности пищевых продуктов и кормов для животных, которые конкретно определяют общие обязательства по урегулированию правовых норм для выпуска на рынок только безопасных для здоровья пищевых продуктов. Иногда государства – члены ЕС применяют разные фундаментальные критерии для установления того, являются ли определенные продукты питания безопасными. Из-за разных подходов и отсутствия горизонтального регулирования в других государствах – членах ЕС возможно возникновение барьеров в торговле продуктами питания. Подобные барьеры могут возникнуть и в торговле кормами для животных.

Применение системы НАССР в производстве и распределении пищевых продуктов

НАССР (Hazard Analysis and Critical Control Points, анализ рисков и критических контрольных точек) – это система безопасного производства, основанная на принципах, которые эффективно обеспечивают полную безопасность пищевых продуктов на всех этапах производства и переработки по схеме «от поля до стола». В отличие от проверки готовой продукции в конце производственного процесса, НАССР представляет собой превентивную систему проверки, обеспечивающую безопасность пищевых продуктов на каждом этапе производственного процесса [1, 2].

Принципы идентификации рисков и реализации превентивных мер стратегического контроля заключаются в следующем:

1. Анализ рисков определяется как «процесс сбора и оценки данных о рисках и условиях, которые приводят к их возникновению, с целью принятия решения о значимости рисков для безопасности пищевых продуктов и выбора профилактических мер» [3].

2. Определение критических контрольных точек (ССР) или «уровня, на котором может применяться контроль, и дальнейшее определение точек, процедур, операций, которые можно контролировать, чтобы исключить или снизить возможность воздействия риска до приемлемой степени». Часто существует несколько критических точек, поэтому для выявления критических точек следует применять иерархию решений [4].

3. Установление критических пределов, т. е. критериев, которые отделяют приемлемое от неприемлемого. Необходимо найти целевые пределы и допуски, обеспечивающие контроль критических точек.

4. Создание системы мониторинга для контроля критических точек посредством планирования, тестирования и наблюдения. Для каждого планового измерения или установления критической точки предусмотрена процедура наблюдения с целью выявления потерь контроля относительно ранее определенных критических пределов. Частота наблюдения должна быть адекватно оценена, чтобы гарантировать контроль всех критических точек. Документацию по критическим точкам подписывают: непосредственно лицо, ответственное за внедрение НАССР, и сотрудник компании.

5. Выполнение корректирующих действий и корректирующих мер. Для каждой критической точки вводятся специальные корректирующие мероприятия на случай возникновения каких-либо отклонений.

6. Решения высших органов управления необходимы для внедрения и эффективности системы НАССР. Проверки НАССР также необходимы при внесении каких-либо изменений в производственный процесс, продукт, этап производства или простую операцию.

7. Ведение документации по процедурам внедрения системы НАССР должно быть эффективным и точным. Успех мониторинга корректирующих мер зависит от правильной документации. Для каждой критической точки вводится специальная корректирующая мера на случай возникновения каких-либо отклонений. Установление процедуры проверки предполагает дополнительные испытания для подтверждения эффективности работы НАССР. Для проверки используются методы, процедуры и лабораторные проверочные испытания.

К мероприятиям этого типа относятся:

- аудит системы данных;
- аудит отклонений от стандартов качества;
- подтверждение того, что критические точки находятся под контролем.

НАССР не является эквивалентом стандарта качества ISO 9000. Система НАССР – это система контроля, обеспечивающая безопасность пищевых продуктов.

НАССР – это «систематический подход к выявлению, оценке и наблюдению микробиологических, химических и физических опасностей и рисков, связанных с производством и контактами с пищевыми продуктами» согласно определению Комиссии Codex Alimentarius, ФАО/ВОЗ [3].

Двумя основными компонентами HACCP являются: *анализ рисков*, т. е. идентификация опасностей на каждом этапе производства продуктов питания, и *критические контрольные точки*, где риски безопасности пищевых продуктов могут быть предотвращены или устранены и может быть осуществлен контроль (ССР).

В рамках мероприятий, реализуемых с целью исправления и предотвращения ошибок на производстве, концепция HACCP представляет собой надежный метод предотвращения рисков. Введение предельных значений во всех точках контроля и соответствующей документации облегчает внедрение стандартов серии ISO. В этой документации представлена информация о контроле безопасности пищевых продуктов в точках, которые могут быть критическими.

В 2005 г. концепция HACCP была включена в стандарты серии ISO 22000:2005.

Сначала для контроля вредных для здоровья человека микроорганизмов была разработана концепция HACCP, которая предотвращает загрязнение пищевых продуктов патогенными микроорганизмами, а затем – и химическими агентами (токсинами, ферментами, пестицидами, фунгицидами, гербицидами, тяжелыми металлами).

Стратегия этих методов основана на направлении контроля на те участки производственного процесса, в которых выявлена опасность. Контроль рисков осуществляется с использованием четко установленных процедур. Этот вид контроля учитывает не только основную продукцию, но и проверку сырья и производственного процесса.

Применение концепции HACCP снижает затраты на анализ пищевых продуктов, повышает безопасность пищевых продуктов и профилактику заболеваний, что способствует уменьшению больничных расходов, а также потерь пищевых продуктов. Преимущества концепции HACCP заключаются в том, что можно обнаружить ожидаемую опасность «от поля до стола». Таким образом, улучшаются медицинские, социальные и экономические аспекты качества жизни потребителя за счет снижения риска заболеваний и улучшения гигиены в повседневной жизни.

HACCP – это система, применимая во всех сегментах производства продуктов питания и их приготовления. HACCP дополняет другие системы стандартов качества.

Система менеджмента безопасной пищевой продукции ISO-22000 представляет собой комбинацию ISO 9001:2000 с HACCP. В системе HACCP упор делается на профилактические меры, которые отличаются от корректирующих мер. Совершенно очевидно, что, применяя методологию HACCP, мы можем получить экономию за счет:

- обеспечения безопасности пищевых продуктов и профилактики заболеваний, передающихся через зараженные пищевые продукты;
- предотвращения финансовых потерь из-за уничтожения бракованной пищевой продукции.

Появление новых патогенных микроорганизмов в пищевых продуктах и их связь с эпидемиями заболеваний являются причиной ускоренного развития системы.

Компании по производству продуктов питания осознали необходимость внедрения этой системы на производственных линиях. Основная цель – устранение потенциальных угроз безопасности пищевых продуктов или их снижение до приемлемого уровня с целью предотвращения порчи пищевых продуктов. Таким образом, производство безопасных пищевых продуктов становится возможным без риска для здоровья потребителей.

Внедрение системы НАССР после введения ISO 9001:2000 связано со следующими этапами:

1. Утверждение собственника.
2. Принятие обязательств по внедрению системы НАССР высшим руководством.
3. Обучение всего персонала в ходе подготовки.
4. Междисциплинарная деятельность команды НАССР, развивающаяся в ходе реализации плана НАССР и создания документации (пример: стандартные рабочие процедуры; рабочие инструкции и записи, поддерживающие внедрение и эксплуатацию системы; подготовка документации для проверки аудиторами).
5. Самоконтроль участников и слушателей с целью выявления возможных отклонений. Внедрение корректирующих мер в точках отмеченных отклонений с целью повышения эффективности системы.

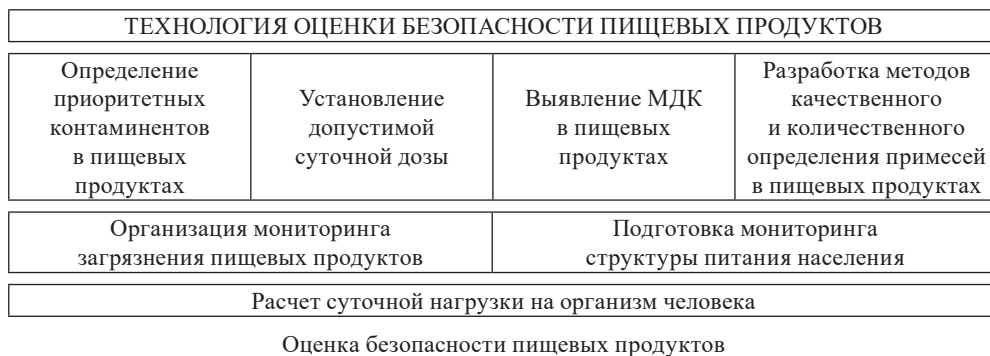
Схема внедрения системы НАССР:

- (1) Образование команды НАССР.
- (2) Описание продукта и способ его употребления.
- (3) Разработка и проверка схем технологических процессов.
- (4) Анализ рисков и установление мер контроля.
- (5) Определение ССР
- (6) Выявление критических пределов для контроля ССР.
- (7) Подготовка системы мониторинга для каждого ССР.
- (8) Установление корректирующих мер при возможных отклонениях от критических пределов.
- (9) Проверка системы НАССР.
- (10) Создание базы данных и уведомлений.

Документы готовятся в соответствии с принципами НАССР с целью обеспечения контроля рисков безопасности пищевых продуктов на рассматриваемом участке цепи производства, транспортировки и распределения пищевых продуктов.

Систему НАССР непросто внедрить в ближайшем будущем в бедных странах из-за нехватки финансовых ресурсов на лабораторное оборудование, а также отсутствия ресурсов для обучения и подготовки персонала.

На рисунке показаны меры и методы оценки безопасности пищевой продукции.



Размещение сельскохозяйственной и пищевой продукции на международном рынке, помимо прочего, послужило весомым аргументом для внедрения системы НАССР во многих странах мира и во всех странах ЕС.

В таблице приведены примеры стран, находящихся на разных стадиях внедрения системы НАССР.

Этапы внедрения НАССР в отдельных странах мира

Страна, внедряющая НАССР	Этап, которого она достигла при внедрении НАССР
Марокко	Система НАССР введена в закон о рыболовстве
Малайзия	Система НАССР введена в закон о рыболовстве для экспорта в страны ЕС, США и Австралию
Боливия, Колумбия, Эквадор, Перу, Венесуэла	Подготовлены условия для внедрения НАССР
Новая Зеландия	Система НАССР введена в законодательство о безопасности пищевых продуктов
Уругвай	Система НАССР внедрена в мясной промышленности для экспорта в США
Чили	Готовятся условия для внедрения системы НАССР
Таиланд	Принципы НАССР внедрены в систему контроля пищевых продуктов на экспорт
Болгария	Введен контроль санитарной безопасности продукции пищевой промышленности
Румыния	Внедрена концепция НАССР для контроля продуктов питания на экспорт
Сербия	Система НАССР введена в законодательство о безопасности пищевых продуктов в Сербии

В настоящее время НАССР применяется в США, Австралии, Японии, Китае, Таиланде, Южной Корее, Тайване и некоторых странах Европы. В ЕС национальные органы власти стран-членов часто устанавливают конкрет-

ные принципы и правила, которые могут включать обязательное внедрение HACCP для определенных пищевых секторов, таких как мясопереработка, производство молочных продуктов и обработка морепродуктов.

Заключение. HACCP – это наиболее признанная во всем мире система, основанная на производстве безопасных пищевых продуктов с использованием превентивного подхода. Все семь принципов HACCP обеспечивают интерактивное общение стран-участниц, системное управление и обязательные программы.

Список использованных источников

1. Jovanović, L. Primena HACCP u proizvodnji i distribuciji hrane. Ecologica / L. Jovanović, D. Pešić-Mikulec, I. Pavlović. – Beograd, 2007. – 231 s.
2. Jovanović, L. Granski standardi kvaliteta i bezbednosti u prehrambenoj industriji i primarnoj proizvodnji. Ecologica / L. Jovanović, D. Pešić-Mikulec, I. Pavlović. – Beograd, 2012. – 270 s.
3. Guidance to governments on the application of HACCP in small and/or less-development food businesses // FAO/WHO. – Rome, 2004.
4. Jovanović, L. Primena biotehnoških metoda u proizvodnji hrane : zbornik radova konferencije «Tehnologija, kultura i razvoj» / L. Jovanović, S. Jovanović, N. Babić. – Palić, 2002 ; Beograd, 2003. – S. 155–164.

УДК 606.547.96

**В. В. Колпакова, доктор технических наук, профессор;
Р. В. Уланова, кандидат биологических наук;
В. А. Бызов, кандидат сельскохозяйственных наук**

*ВНИИ крахмала и переработки крахмалсодержащего сырья – филиал ФГБНУ
«ФИЦ картофеля имени А. Г. Лорха»,
Красково, Московская обл., Российская Федерация*

БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ЗЕРНОБОБОВЫХ КУЛЬТУР НА ПИЩЕВЫЕ И КОРМОВЫЕ ПРЕПАРАТЫ

Аннотация. Цель исследования – разработка биотехнологического процесса получения пищевых и кормовых белковых концентратов из муки бобовых культур. Использованы стандартные и специальные методы анализа сырья и продуктов переработки. Определен состав белков муки, разработаны математическая модель и оптимальные параметры ферментативной и ультразвуковой экстракции белков с выходом 65–70 %. Пищевые концентраты содержали массовую долю полноценных белков ($72,48 \pm 0,41$ %), кормовые, полученные биоконверсией вторичных продуктов переработки, – 61,68–70,48 %. Схема комплексной переработки муки апробирована в опытно-промышленных условиях.

Ключевые слова: бобовые культуры, ферменты, сыворотка, биоконверсия, белковые концентраты, выход, химический состав.

**V. V. Kolpakova, Doctor of Technical Sciences, Professor;
R. V. Ulanova, Candidate of Biological Sciences;
V. A. Byzov, Candidate of Agricultural Sciences**

*All-Russian Research Institute of Starch and Starch-containing Raw Materials Processing –
Branch of Russian Potato Research Center,
Kraskovo, Moscow Region, Russian Federation*

BIOTECHNOLOGICAL PROCESSING OF GRAIN LEGUMINOUS CROPS INTO FOOD AND FEED PREPARATIONS

Abstract. The aim of the study is to develop a biotechnological process for obtaining food and feed protein concentrates from legume flour. Standard and special methods for analyzing raw materials and processed products were used. The composition of flour proteins was determined, a mathematical model and optimal parameters for enzymatic and ultrasonic extraction of proteins with a yield of 65–70 % were developed. Food concentrates contained a mass fraction of complete proteins of ($72,48 \pm 0,41$ %), feed concentrates obtained by bioconversion of secondary processed products – 61,68–70,48 %. The scheme of complex flour processing was tested in pilot industrial conditions.

Keywords: legumes, enzymes, extracts, whey, bioconversion, protein concentrates, yield, chemical composition.

Введение. В последние годы возрос интерес к зернобобовым культурам для использования их в пищевых продуктах из-за высокой питательной ценности белков и относительно низкой стоимости [1–3]. Белковые продукты используются в различных продуктах питания. По данным ФАО ежегодный дефицит одного только пищевого белка к 2050 г. может достигнуть 30 млн т. Отсюда и разработка новых технологий концентрированных форм растительного белка с высокой питательной ценностью и хорошими функциональными свойствами актуальна. Белки из растительного сырья обычно экстрагируют растворами щелочи, под влиянием которой возможно образование новых ковалентных связей, D-изомеров аминокислот и т. д., оказывающих негативное влияние на здоровье человека и животных [4]. Безопасные технологии с ферментными препаратами (ФП) для получения биологически ценных белков с надлежащими функциональными свойствами мало известны. При производстве белковых препаратов (БП), как правило, образуются и сывороточные воды в качестве вторичных продуктов переработки. А если учесть, что важнейшим направлением развития наших стран является рациональное природопользование, то разработка новых экологически безопасных технологий утилизации вторичных продуктов для повышения уровня экологической культуры предприятий является также актуальной. Отходы перспективно использовать для синтеза биомассы [5–7], которая может применяться для животных в целях повышения продуктивности как ингредиент в продуктах питания или на технические цели. Возрастает интерес промышленности к гороху и нуту, культурам, использование которых позволяет создавать технологии концентратов и изолятов [1, 8, 9]. Посевные площади культур стабильны [9], отсюда и перспективно использование для производства белкового концентрата (БК) различного состава и назначения.

Цель исследования – разработка технологий БК способами биокаталитической и микробной трансформации муки и вторичных продуктов ее переработки.

Результаты и их обсуждение. Разработка биотехнологии БК включала: научное обоснование использования сырья и гидролитических ФП, поиск способов получения пищевых и кормовых БК биоконверсией вторичных продуктов переработки муки, составление в качестве примеров рецептур кисло-молочного напитка с гороховым БК и кормового БК для цыплят-бройлеров, апробацию процессов и разработку проектов документации.

Обоснование использования гороховой и нутовой муки заключалось в исследовании фракционного состава белков, массовая доля которых составляла 23,67–25,70 % на с. в. На долю водорастворимых белков приходилось 52,28–57,05 %, солерастворимых – 23,04–25,50 %, содержание всех растворимых фракций достигало около 83 %, что уже предполагало высокий их выход. Экструдированная мука содержала в 2–2,5 раза меньше растворимых фракций, чем нативная, а щелочерастворимой, наоборот, – больше в 8–10 раз. Поэтому далее она не использовалась из-за необходимости растворов щелочи.

Для разработки способов получения пищевых БК исследовано влияние размера частиц муки и гидролитических ферментных препаратов цитолитического, гемицеллюлазного, амилалитического действия на растворимость белков. Составлена матрица планирования эксперимента, получены зависимости параметра R от исследуемых факторов (рис. 1) для растворимости белков ($42 \pm 0,5$ %), оптимальные значения факторов и уравнение взаимосвязи и факторов и параметра:

$$R = \frac{-0,382105 \cdot (946,218 + sv)(-8,2675 + \operatorname{Erfc}[0,220767 \cdot (-10,97 + g1)^2])}{142,295 + t \cdot (-8,42623 + t)},$$

где sv – концентрация ФП, %; t – продолжительность ферментации, ч; $g1$ – гидромодуль.

Повышение растворимости белков до ($84,0 \pm 2,0$ %) обеспечили дополнительным использованием протеолитического ФП Alcalase 2,4 с высокой константой Михаэлиса (сродством к субстрату) и воздействием на них ультразвука (УЗВ) (рис. 2). При осаждении белков в изоэлектрической точке использовали ферментативную агрегацию пептидов с молекулярной массой 16–19 кДа (рис. 3) и соли кальция. Баланс сухих веществ и массовой доли белка по стадиям процесса переработки муки показал, что выход белка после осаждения составил около 75 %, что выше показателя, известного из практики работы (~60 %).

Лиофильно высушенные препараты имели массовую долю белка ($N \times 6,25$) 72,48–86,07 %, жира – 1,76–2,33 %, золы – 0,73–3,02 %, углеводов – 9,15–13,82 % на сухое вещество. БК, полученные с 0,05 н NaOH, имели более темный цвет из-за высокого содержания фенолкарбоновых кислот и их производных (13,1–15,7 мг/г, против 1,28–2,78 мг/г белка). Исследование перевариваемости горохового и нутового БК *in vitro* с пепсином (рН 2,2) и с панкреатином (рН 8,4),

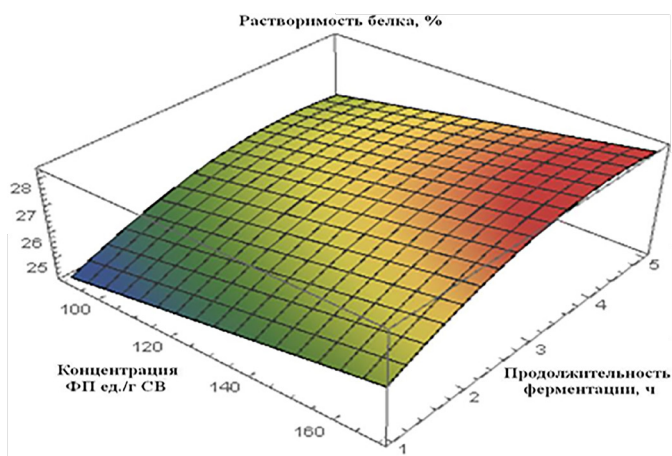


Рис. 1. Зависимость растворимости белков (R) от технологических факторов 3(D)

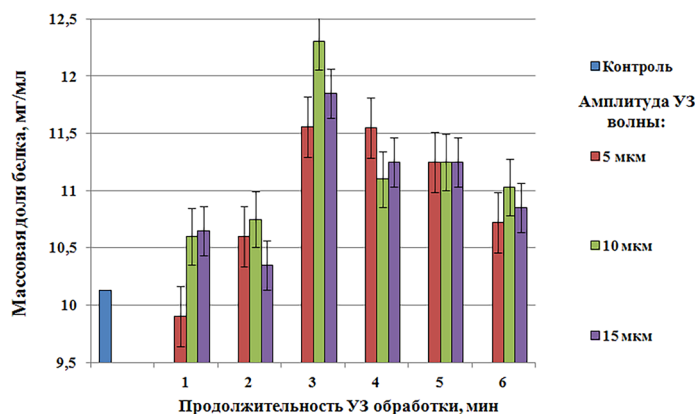
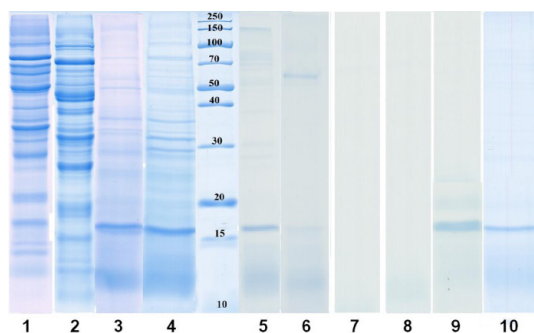
Рис. 2. Влияние УЗВ на растворимость гороховых белков, мг/см³

Рис. 3. Молекулярные массы, кДа: без меркаптоэтанола: 1 – мука; 3, 5, 7 – экстракты, 9 – сыворотка; с меркаптоэтанолом: 2 – мука; 4, 6, 8 – экстракты, 10 – сыворотка

в сравнении с яичным альбумином, показало, что БК в 1,5–1,7 раза интенсивнее подвергались гидролизу. При определении функциональных свойств БК, в сравнении с импортными «изолятами», установлено, что БК уступали последним по водосвязывающей способности, остальные были практически одинаковые (табл. 1). БК рекомендовано использовать для производства хлебобулочных, кондитерских, молочных, макаронных и других видов пищевых изделий.

Таблица 1. Функционально-технологические свойства концентратов

Концентрат	ВСС, г/г	ПОС, %	СП, %	ЖСС, г/г	ЖЭС, %	СЭ, %	Растворимость, %
Гороховый концентрат							
Разработанный	2,44 ± 0,03	91 ± 1	60 ± 1	2,25 ± 0,03	56 ± 3	51 ± 3	13 ± 1
Roquette Nutralys	5,47 ± 0,11	81 ± 3	75 ± 2	2,59 ± 0,08	52 ± 1	51 ± 1	30 ± 1
Cosucra Pisane C9	6,16 ± 0,03	109 ± 3	82 ± 2	1,88 ± 0,06	48 ± 2	47 ± 2	20 ± 1

Примечание: ВСС – водосвязывающая способность; ЖСС – жиросвязывающая способность; ПОС – пенообразующая способность; СП – стабильность пены; ЖЭС – жиромульгирующая способность; СЭ – стабильность эмульсии.



Рис. 4. Клетки монокультур и их консорциума:
дрожжи (а), микромицет (б), дрожжи + микромицет (в)

Учитывая ВСС, ЖЭС разработан способ приготовления кисломолочного продукта с гороховым БК. Цель – обогащение напитка растительным полноценным белком и минеральными веществами. По органолептическим и физико-химическим показателям продукт отвечал требованиям на момент изготовления и на конец срока годности. Консистенция продукта однородная, вкус – кисломолочный, без постороннего запаха и привкуса, цвет молочно-белый. Активная кислотность (рН) – 4,92, микробиологические показатели: КМАФАнМ, КОЕ/см³ не менее 3×10^7 , плесень и дрожжи – отсутствовали. Напиток содержал на 87 % больше полноценного белка, в 2,5 раза – биологически эффективного жира с омега-6 жирной кислотой, Са – на 12 %, К – на 14 %, Zn – в 1,5 раза, Cu – в 4 раза и почти в 112 раз больше Fe по сравнению с контрольным образцом. При употреблении 100 г продукта суточная потребность в Fe может покрываться на 63–100 %. Напиток может быть рекомендован для функционального питания лицам с ослабленным здоровьем и анемией.

Микробиологическая переработка сыворотки в кормовые дрожжи (КД) проводилась с помощью микроорганизмов, для культивирования которых разработана питательная среда. Из представителей различных родов выбраны штаммы дрожжей и микромицета (рис. 4).

Изучение влияние рН субстрата, температуры и количества посевного материала на синтез биомассы показало, что эффективным для роста был диапазон рН 6,0–6,5 и температура 26–28 °С. Совместное культивирование микроорганизмов обеспечивало синтез биомассы с массовой долей белка ($57,90 \pm 0,51$) % на с. в. Микробную суспензию лиофильно высушивали и получали препараты дрожжей в виде рассыпчатых порошков светло-кремового цвета без постороннего запаха. Химический состав кормовых дрожжей (КД) из биомассы и культуральной жидкости, % на с. в.: белок ($N \times 6,25$) – ($57,9 \div 70,5$); зола – $1,6 \div 8,6$; жир – $8,3 \div 4,5$; углеводы – $21,4 \div 24,5$. По аминокислотному составу БК полноценные, на что указывали значения скоры незаменимых АК (табл. 2).

Жирнокислотный состав КД был представлен 19 соединениями, среди которых на долю жирных кислот, входящих в состав растительных масел и животных жиров, приходилось 90,0 %. Соотношение суммы насыщенных (26,2 %) и ненасыщенных жирных кислот (72,75 %) равнялось 1:3, омега-6

жирные кислоты – 20,64 %, массовая доля транс-изомеров – менее 5,0 %. Минеральный состав включал 14 макро- и микроэлементов, среди которых – Na, K, Ca, Mg, Zn, Fe. Массовая доля нуклеиновых кислот в КД – до 0,072 % к массе продукта, активность уреазы в КД, как и в БК, – $0 \div 0,03$ ед. pH, перевариваемость КД – 86–90 %, пищевых концентратов – до 90 %.

Таблица 2. Аминокислотный скор белковых продуктов

Концентрат	Аминокислотный скор, %								
	Val	His	Ile	Leu	Lys	Met + Cys	Thr	Trp	Phe + Tyr
Белковый концентрат	100	133	150	130	131	100	157	196	197
Кормовые дрожжи	107	219	124	107	116	226	179	247	197

Влияние КД в составе корма на поведение крыс и разработка рецептуры для цыплят-бройлеров. Степень поедания корма в течение 25 суток была одинаковой с контрольной группой. Отсутствовала разница по аппетиту, двигательной активности, реакции на внешние раздражители, пищеварению, состоянию кожных покровов и микробиологическим показателям фекалий. Результаты указывали на доброкачественность, безопасность и перспективность включения КД в рацион животных. При кормлении цыплят-бройлеров кросса «Росс 308» с заменой в опытных рационах 5 % соевого шрота на КД в комбикормах ПК 5-1, ПК 5-2, ПК 6 через 35 ч кормления установлена положительная разница по живой массе 112,9 г (5,53 %), по отношению к контролю. За счет большей массы и снижения затрат корма на единицу продукции в опытной группе ЕАЭ был выше на 33,15 ед. (402,28 ед.). Масса грудных мышц превышала контроль на 44,5 г (7,15 %), выход тушек I сорта в опытной группе составил 68,4 %, что на 3,7 выше контрольных. Установлена тенденция к уменьшению относительной массы органов пищеварения, что подтвердило безопасность добавки для пищеварения бройлеров.

С учетом полученных данных, балансов процессов и возможности использования БК для изготовления кисломолочного продукта и КД для кормления цыплят-бройлеров, разработана схема комплексной биотехнологической переработки муки из бобовых культур и нормативная документация в виде технологических инструкций по производству БК и дрожжей кормовых из зернобобового сырья, технических условий на концентрат белковый гороховый пищевой и технических условий «Дрожжи кормовые из зернобобового сырья».

Закключение. С применением ферментных препаратов и микробиологических модификаторов разработан комплексный биотехнологический процесс получения пищевых биологически полноценных безопасных белковых концентратов с массовой долей белка ($72,48 \pm 0,41$) % без использования растворов щелочи, а с помощью микробной биоконверсии вторичного продукта (сыворотки) с консорциумом дрожжей и микромицета – кормовых дрожжей с высокими показателями качества.

Список использованных источников

1. Pulse proteins: from processing to structure-function relationships / A. Singhal [et al.] // *Grain Legumes*. – 2016. – № 3. – P. 55–78. doi:10.5772/64020
2. Schafer, C. Application and sensory evaluation of enzymatically texturised vegetable proteins in food models / C. Schafer, S. Neidhart, R. Carle // *Eur. Food Res. Tech.* – 2011. – Vol. 232. – P. 1043–1056. doi:10.1007/s00217-011-1474-0
3. Klost, M. Structure formation and rheological properties of pea protein-based gels / M. Klost, S. Drusch // *Food Hydrocolloid*. – 2019. – Vol. 94. – P. 622–630. doi:10.1016/j.foodhyd.2019.03.030
4. Пищевая химия / А. П. Нечаев [и др.] ; под ред. А. П. Нечаева. – 7-е изд., испр. – СПб. : ГИОРД, 2024. – 688 с.
5. Изучение культивирования штамма *Pleurotus ostreatus* в глубоинной культуре на среде зернового экстракта / Р. В. Уланова [и др.] // *Достижения науки и техники АПК*. – 2018. – Т. 32, № 8. – С. 82–87. doi:10.24411/0235-2451-2018-10822
6. Lukin, D. Bioconversion of liquid wastes of starch and alcohol production / D. Lukin, V. Kolkpakova, V. Goldshtein // *17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM*. – 2017. – P. 521–528. doi: 10.5593/sgem2017/61/S25.068
7. Биотехнологические подходы при использовании белков рапса и сои в кормах аквакультуры лососевых рыб / С. В. Кононова [и др.] // *Биотехнология*. – 2016. – Т. 32, № 5. – С. 57–68. doi:10.1016/0234-2758-2016-32-5-57-68
8. Pasupuleti, V. K. Protein / V. K. Pasupuleti, A. L. Demain // *Hydrolysates in Biotechnology*. – 2010. doi:10.1007/978-1-4020-6674-0
9. Колпакова, В. В. Пищевые и кормовые белковые препараты из гороха и нута: производство, свойства, применение / В. В. Колпакова, Р. В. Уланова, Л. В. Чумикина // *Техника и технология пищевых производств*. – 2021. – Т. 51, № 2. – С. 333–348. doi:10.21603/2074-9414-2021-2-333-348

УДК 613.2

**А. Л. Новокшанова, доктор технических наук, доцент;
А. С. Билялова, кандидат технических наук;
Н. А. Бирюлина; В. А. Шипелин, кандидат медицинских наук;
Д. Б. Никитюк, академик Российской академии наук,
доктор медицинских наук, профессор**

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Федеральный исследовательский центр питания,
биотехнологии и безопасности пищи»,
г. Москва, Российская Федерация*

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ БЕЛКОВОГО МОДУЛЯ ВЫСОКОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ С КОНЦЕНТРАТОМ ФИКОЦИАНИНОВ¹

Аннотация. На основе белков яйца разработана технология получения модуля высокой биологической ценности с концентратом фикоцианинов. Стандартными методами выработаны требования к органолептическим и физико-химическим показателям белкового модуля. Массовая доля белка в модуле должна составлять не менее $(85,9 \pm 5,0) \%$, массовая доля фикоцианинов – не менее $(10,29 \pm 0,09) \%$. Показатели гигиенической безопасности продукта, изготовленного по разработанной технологии, соответствовали требованиям Технического регламента Таможенного союза.

Ключевые слова: специализированный пищевой продукт, фикоцианин, спироулина, яичный белок, белковый модуль, функциональный пищевой ингредиент.

**A. L. Novokshanova, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor;
A. S. Bilyalova, Candidate of Technical Sciences;
N. A. Biryulina; V. A. Shipelin, Candidate of Medical Sciences;
D. B. Nikityuk, Academician of the Russian Academy of Sciences,
Doctor of Medical Sciences, Professor**

*Federal State Budgetary Scientific Institution
“Federal Research Center of Nutrition, Biotechnology and Food Safety”,
Moscow, Russian Federation*

PHYSICO-CHEMICAL INDICATORS OF PROTEIN MODULE OF HIGH BIOLOGICAL VALUE WITH PHYCOCYANIN CONCENTRATE

Abstract. Based on egg proteins, a technology has been developed for producing a module of high biological value with a concentrate of phycocyanins. Standard methods have established requirements for the organoleptic and physicochemical parameters of the protein module. The mass fraction of pro-

¹ Материал подготовлен в рамках гранта Российского научного фонда № 22-16-00006 «Пищевые ингредиенты, повышающие эффективность вакцинации против коронавирусной инфекции: технология, доклиническая оценка *in vivo*».

tein in the module should be no less than $(85,9 \pm 5,0) \%$, the mass fraction of phycocyanins should be no less than $(10,29 \pm 0,09) \%$. The hygienic safety indicators of the product manufactured using the developed technology met the requirements of the Technical Regulations of the Customs Union.

Keywords: specialized food product, phycocyanin, spirulina, egg white, protein module, functional food ingredient.

Введение. Промышленное производство пищевых продуктов возможно при наличии отработанной технологии. При внедрении новых продуктов, особенно с заданной пищевой ценностью, производственному процессу предшествуют различные технические, инженерные и другие изыскания. В рамках научного проекта «Пищевые ингредиенты, повышающие эффективность вакцинации против коронавирусной инфекции: технология, доклиническая оценка *in vivo*» основным объектом исследования служил концентрат минорных биологически активных веществ, экстрагируемых из биомассы спироулины платенсис.

По опубликованным данным, входящие в состав биомассы спироулины платенсис биологически активные вещества: фикоцианин и β -каротин обладают выраженными антиоксидантными, противовоспалительными и иммуномодулирующими свойствами [1, 2]. Из-за наличия кратных связей в своих молекулах оба соединения чувствительны к различным внешним воздействиям, в результате которых биологическая активность этих соединений может снижаться уже на стадии их выделения из водорослей [3].

При промышленном производстве пищевого ингредиента с концентратом фикоцианина неизбежны технологические операции, в которых контакт с кислородом воздуха, воздействие температуры, света, реакция среды и другие факторы могут индуцировать деградацию фикоцианинов. В частности, установлено, что температурная обработка в интервале от 60 до 95 °C приводила к разрушению фикоцианина в водных растворах [4]. В связи с этим одно из направлений данного проекта включало исследование сохранности фикоцианина в составе белковых модулей высокой биологической ценности.

В качестве белкового сырья высокой биологической ценности были использованы белки яйца и белки молока. Ранее в связи с применением ряда физико-химических методов выявлено их защитное действие по отношению к фикоцианинам [5]. Например, было показано, что сорбирование фикоцианина белками молока несколько повышало сохранность фикоцианина при пастеризации [6]. Механизм наблюдаемого эффекта, вероятно, обусловлен возникновением контактов между биологически активным растительным ингредиентом и белками животного происхождения с последующим экранированием молекул фикоцианина белковым компонентом.

Хотя метод ВЭЖХ не дал наглядных результатов, позволяющих судить о возникновении молекулярных контактов между казеинатом натрия и концентратом фикоцианина, исследования, выполненные с помощью флуоресцентной спектроскопии и дифференциальной сканирующей калориметрии,

показали положительные эффекты сочетания белков и фикоцианинов для повышения сохранности минорных ингредиентов.

Результаты, полученные методом флуоресцентной спектроскопии, указывали на образование контактов между фикоцианинами и аминокислотами, входящими в состав белков молока и яйца [7]. О способности фикоцианинов формировать связи с белками посредством функциональных групп тирозина, триптофана и лизина сообщали и другие исследователи [8, 9]. На основании результатов метода дифференциальной сканирующей калориметрии также сделаны выводы о повышении термической стабильности фикоцианинов при их сочетании с белками [10].

С целью возможного перехода от лабораторных испытаний к промышленной технологии на данном этапе исследованы физико-химические свойства модуля «белок–фикоцианин».

Основная часть. Объектом исследования служил сухой модуль яичного белка с фикоцианином. Для его получения использовали высокоочищенный концентрат фикоцианинов, полученный из сухой биомассы *A. platensis*. Массовая доля суммарного содержания С-фикоцианина и аллофикоцианина в концентрате составляла 70 %. Ингредиент представлял собой сухой порошок темно-синего цвета.

Основную часть модуля формировали из яичного белка. В работе использовали вырабатываемый промышленным способом пастеризованный раствор белков яйца, соответствующий требованиям ГОСТ 320363-2013 «Продукты яичные жидкие и сухие пищевые».

В готовом модуле «белок–фикоцианин» контролировали массовые доли влаги, белка, насыпную плотность, растворимость, показатели гигиенической и микробиологической безопасности.

Массовую долю белка в образцах определяли методом Кьельдаля в соответствии с ГОСТ 26889-86. Массовую долю влаги в модулях высокой биологической ценности с концентратом фикоцианинов определяли экспресс-методом на влагомере Кварц 21М-33 (Россия) методом высушивания навески исследуемого продукта при постоянной температуре 160 °С. Расчет влажности продукта вели по формуле (1):

$$W = \frac{(m_1 - m_2)}{m_1} \cdot 100, \quad (1)$$

где W – массовая доля влаги, %; m_1 – масса образца до высушивания, г; m_2 – масса образца после высушивания, г.

Насыпную плотность белковых модулей высокой биологической ценности с концентратом фикоцианинов определяли в градуированном цилиндре согласно ГФ РФ ОФС.1.4.2.0024. Для этого навеску образца массой 100 г, взвешенную с точностью 0,1 %, осторожно, не уплотняя, вносили в сухой градуированный цилиндр вместимостью 250 мл. При необходимости обра-

зец осторожно разравнивали, избегая уплотнения. По ближайшему делению градуированного цилиндра определяли объем неуплотненного испытуемого образца. Насыпную плотность рассчитывали по формуле (2):

$$\rho = \frac{m}{V_o}, \quad (2)$$

где ρ – насыпная плотность, г/см³; m – масса испытуемого образца, г; V_o – наблюдаемый объем неуплотненного испытуемого образца, см³.

Растворимость белковых модулей с концентратом фикоцианинов в воде определяли визуально по ГФ РФ ОФС 1.4.2.0019. Для этого в навеску сухого образца массой $(1 \pm 0,01)$ г добавляли 100 мл дистиллированной воды при температуре (22 ± 1) °С и аккуратно перемешивали до полного растворения исследуемых объектов. Время растворения отсчитывали с момента внесения образцов в воду с помощью секундомера.

Выработку экспериментальных партий сухого модуля яичного белка с фикоцианином выполняли по схеме (рис. 1).



Рис. 1. Схема технологического процесса получения белкового модуля высокой биологической ценности с концентратом фикоцианинов

Лиофильное высушивание белкового модуля осуществляли на установке ЛС-500 (ООО «ПРОИНТЕХ», РФ) при скорости процесса не менее 100 г испаренной влаги в час.

Органолептические показатели белкового модуля высокой биологической ценности с концентратом фикоцианинов соответствовали характеристикам, указанным в табл. 1.

Таблица 1. Органолептические показатели белкового модуля

Показатель	Характеристика
Внешний вид и консистенция	Мелкодисперсный порошок
Цвет	Изумрудный с металлическим блеском
Запах	Слабый, характерный для исходного сырья
Вкус	Слабый, характерный для исходного сырья
Гигроскопичность	Гигроскопичен

В готовом продукте доля белкового компонента превышала содержание концентрата фикоцианина до 8,0–8,8 раза (табл. 2).

Таблица 2. Физико-химические показатели сухого белкового модуля высокой биологической ценности с концентратом фикоцианинов

Показатель	Единица измерения	Значение
Массовая доля влаги, не более	%	8,3
Массовая доля белка, не менее	%	85,9 ± 5,0
Массовая доля фикоцианинов, не менее	%	10,29 ± 0,09
Насыпная плотность	г/см ³	0,65
Время растворения в воде	с	90

Показатели гигиенической безопасности продукта соответствовали требованиям Технического регламента Таможенного союза 021/2011. Пестициды (α -, β -, γ -изомеры гексахлорциклогексана (ГХЦГ), дихлордифенилтрихлорметилметана (ДДТ) и метаболиты, гептахлор и алдрин) в образцах сухого белкового модуля высокой биологической ценности с концентратом фикоцианинов отсутствовали, тяжелые металлы – не обнаружены.

Заключение. В результате испытаний установлены требования к органолептическим и физико-химическим показателям белкового модуля высокой биологической ценности с концентратом фикоцианинов. Следующий этап исследований предполагает установление сроков годности модуля и исследование показателей его микробиологической безопасности.

Список использованных источников

1. Семочкина, М. А. Развитие альгобиотехнологий в странах Евросоюза / М. А. Семочкина, О. Н. Скоробогатова // Изучение взаимосвязи окружающей среды и здоровья человека с использованием опыта Европейского союза : материалы науч.-практ. семинара. – 2018. – С. 47–60.

2. Исследование пигментов сине-зеленой водоросли спирулины платенсис для практического использования в технологиях кондитерских изделий / Т. К. Каленик [и др.] // Вестн. ВГУИТ. – 2019. – Т. 81, № 2. – С. 170–176.
3. Петрухина, Д. И. Стабильность фикоцианина цианобактерии *spirulina subsalsa* при различных температурных условиях хранения / Д. И. Петрухина, И. Н. Лыков // Актуальные проблемы и достижения в естественных и математических науках. – 2017. – С. 28–33.
4. Novokshanova, A. Study of the preservation of phycocyanin in modules with milk proteins during pasteurization / A. Novokshanova, A. Bilyalova, S. Zorin // ESDCA-III-2023 : IOP Conference Series : Earth and Environmental Science, 2023. – Vol. 1212, № 012054. doi:10.1088/1755-1315/1212/1/012054
5. Исследование влияния режимов пастеризации на сохранность фикоцианина в составе белкового модуля. Аграрная наука в условиях глобальных вызовов мирового продовольственного кризиса: проблемы, тенденции, пути решений : материалы Междунар. науч. заочной конф., посвящ. 55-летию Сибирского науч.-исслед. ин-та птицеводства, Омск, 8 декабря 2022 г. / А. Л. Новокшанова [и др.] ; отв. ред. А. Б. Дымков. – Омск : Омский гос. техн. ун-т, 2022. – С. 385–388.
6. Получение белкового модуля с концентратом фикоцианинов и казеинатом натрия / А. Л. Новокшанова [и др.] // Пищевая промышленность. – 2024. – № 1. – С. 83–88.
7. Spectrometric study of the interaction of phycocyanins with casein [Electronic resource] / A. L. Novokshanova [et al.] // AIP Conf. Proc., 13 June 2023. – Vol. 2777 (1), № 020027. – Mode of access: <https://doi.org/10.1063/5.0140351>. – Date of access: 05.07.2024.
8. Glazer, A. N. Phycofluor probes / A. N. Glazer, L. Stryer // Trends in biochemical sciences. – 1984. – Vol. 9, № 10. – P. 423–427.
9. Journal of Molecular Structure / A. Kathiravan [et al.]. – 2009. – № 919. – P. 210–214 // Journal of colloid and interface science. – 2009. – Vol. 335. – P. 196–202.
10. Whey protein improves the stability of C-phycocyanin in acidified conditions during light storage / S. Zhang [et al.] // Food Chemistry. – 2021. – Vol. 344. – P. 128642.

УДК 637.5.07+637.521

**И. В. Калтович, кандидат технических наук, доцент;
И. О. Чернухо**

*РУП «Институт мясо-молочной промышленности»,
г. Минск, Республика Беларусь*

АНАЛИЗ РЫНКА МЯСНОЙ ПРОДУКЦИИ НА ОСНОВЕ ГОВЯДИНЫ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Аннотация. В статье представлены результаты исследований анализа рынка мясной продукции на основе говядины в Республике Беларусь. Установлено, что на сегодняшний день отечественные мясоперерабатывающие предприятия изготавливают обширный ассортимент мясных продуктов на основе говядины, а также из говядины в сочетании с мясом сельскохозяйственных животных (свинина) и птицы (мясо цыплят-бройлеров). В то же время виды изготавливаемых изделий из говядины включают консервы, вареные, полукопченые, сырокопченые, варено-копченые, сыровяленые, сырые колбасные изделия, полуфабрикаты, что подтверждает необходимость проведения научных исследований, направленных на предотвращение образования потенциально опасных веществ, в том числе гетероциклических ароматических аминов, в готовой мясной продукции.

Ключевые слова: говядина, консервы, вареные, полукопченые, сырокопченые, варено-копченые, сыровяленые, сырые колбасные изделия, полуфабрикаты, гетероциклические ароматические амины.

**I. V. Kaltovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
I. O. Chernukho**

*RUE "Institute of Meat and Dairy Industry",
Minsk, Republic of Belarus*

MARKET ANALYSIS OF BEEF-BASED MEAT PRODUCTS IN THE REPUBLIC OF BELARUS

Abstract. The article presents the results of research on the analysis of the market for beef-based meat products in the Republic of Belarus. It has been established that today domestic meat processing enterprises produce an extensive range of meat products based on beef, as well as beef in combination with meat from farm animals (pork) and poultry (meat from broiler chickens). At the same time, the types of beef products manufactured include canned food, boiled, semi-smoked, raw smoked, boiled-smoked, dried, raw sausages, semi-finished products, which confirms the need for scientific research aimed at preventing the formation of potentially hazardous substances, including heterocyclic aromatic amines, in finished meat products.

Keywords: beef, canned food, boiled, semi-smoked, raw smoked, boiled-smoked, raw dried, raw sausages, semi-finished products, heterocyclic aromatic amines.

В настоящее время проблема безопасности пищевых продуктов имеет важное значение. Как показывают новейшие исследования, кроме загрязнителей экзогенной природы (пестицидов, гербицидов, фунгицидов, микотоксинов,

других веществ) существуют потенциально опасные химические соединения, которые могут образовываться в ходе кулинарной обработки изделий. К таким химическим соединениям эндогенного генезиса, среди прочих, относятся гетероциклические ароматические амины (ГАА), формирующиеся в процессе термической обработки пищевого сырья и полуфабрикатов, главным образом в высокобелковой пищевой продукции (в особенности в красном мясе (говядине)) в ходе ее термической обработки под воздействием высоких температур (преимущественно жарка, жарка на открытом огне (барбекю), гриль и т. п.), что подтверждено Национальным институтом рака США [1, 2, 6].

Установлено, что именно ГАА провоцируют возникновение определенной части онкологических заболеваний [3, 5, 7], что подтверждает актуальность проведения исследований, направленных на изучение основных факторов и технологических приемов, оказывающих влияние на предотвращение образования потенциально опасных веществ в готовых изделиях [4, 8, 9].

Целью работы является анализ рынка мясной продукции на основе говядины в Республике Беларусь для проведения дальнейших исследований, направленных на предотвращение образования гетероциклических ароматических аминов в готовой продукции.

Объект исследований – мясные продукты (консервы, вареные, полукопченые, сырокопченые, варено-копченые, сыровяленые, сырые колбасные изделия, полуфабрикаты) на основе говядины.

Метод исследований – аналитический.

В результате выполнения НИР определено, что поголовье крупного рогатого скота в нашей стране составляет 4,2 млн голов, что превышает поголовье свиней в 1,7 раза (2,5 млн голов), овец и коз – в 33,4 раза (125,9 тыс. голов), лошадей – в 208,0 раза (202 тыс. голов) (по состоянию на 1 января 2024 г.) (рис. 1). Вместе с тем на мясо крупного рогатого скота приходится около 27,0 % структуры производства мяса, в то время как на мясо свиней – 31,0 %, птицы – 42,0 % (рис. 2).

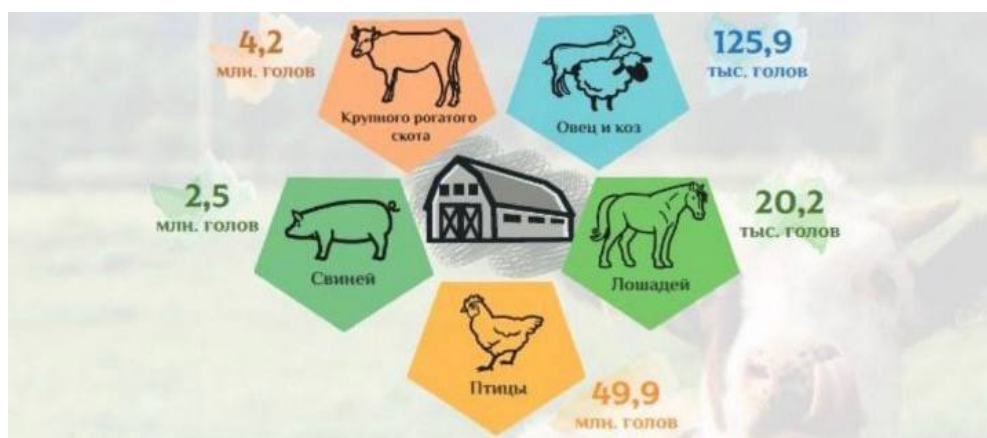


Рис. 1. Поголовье скота и птицы в Республике Беларусь (по состоянию на 1 января 2024 г.)

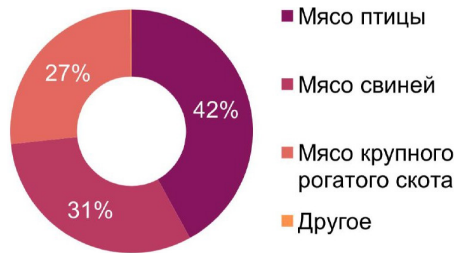


Рис. 2. Структура производства мяса в Республике Беларусь (по состоянию на 1 января 2024 г.)

Установлено, что на сегодняшний день мясоперерабатывающие предприятия Республики Беларусь (ОАО «Минский мясокомбинат», ООО «Велес-Мит», ОАО «Слуцкий мясокомбинат», ЗАО «Дзержинский мясокомбинат», ОАО «Столбцовский мясоконсервный комбинат», ОАО «Брестский мясокомбинат», ОАО «Березовский мясоконсервный комбинат», ОАО «Пинский мясокомбинат», ОАО «Витебский мясокомбинат», ОАО «Оршанский мясоконсервный комбинат», ООО «Мясокомбинат Славянский», ОАО «Гомельский мясокомбинат», ОАО «АФПК «Жлобинский мясокомбинат», ОАО «Калинковичский мясокомбинат», ОАО «Гродненский мясокомбинат», ОАО «Волковысский мясокомбинат», ОАО «Ошмянский мясокомбинат», ОАО «Слонимский мясокомбинат», ОАО «Могилёвский мясокомбинат», ОАО «Бобруйский мясокомбинат» и др.) изготавливают обширный ассортимент мясных продуктов:

- на основе говядины;
- из говядины в сочетании с мясом сельскохозяйственных животных (свинина);
- из говядины в сочетании с мясом птицы (мясо цыплят-бройлеров);
- из говядины в сочетании с мясом сельскохозяйственных животных (свинина) и птицы (мясо цыплят-бройлеров).

В то же время виды изготавливаемых мясоперерабатывающими предприятиями изделий из говядины включают:

- консервы;
- колбасные изделия (вареные, полукопченые, сырокопченые, варено-копченые, сыровяленые, сырые);
- полуфабрикаты.

Так, ассортимент мясных продуктов на основе говядины, представленный на рынке Республики Беларусь, включает следующие наименования:

- **консервы:** «Говядина тушеная вкусная», «Говядина по-столбцовски», «Говядина обеденная» и др.;
- **колбасные изделия:**
- **вареные колбасы:** «Мусульманская», «Мортаделла по-венециански», «Эстонская лакомая» и др.;
- **полукопченые колбасы:** «Киевская Мясковит», «Тминная», «По-деревенски» и др.;

- **сырокопченые колбасы:** «Говяжья», «Иорданская», «Ностальгия» и др.;
- **варено-копченые колбасы:** «Барбадос Люкс», «Московская», «С говяжьей» и др.;

- **сыровяленые колбасы:** «Королевская», «Владимировская новая», «С черносливом» и др.;

- **сырые колбасы:** «Барбекю от шефа», «Для гриля» и др.;

- **полуфабрикаты:** «Сельский», «Крестьянский», «Рибай» и др.

Определено, что при использовании сочетания говядины с мясом сельскохозяйственных животных (свинина) мясоперерабатывающие предприятия Республики Беларусь изготавливают следующие виды продукции:

- **колбасные изделия:**

- **вареные колбасы:** «Любительская», «Фунтик», «Докторская с маслом» и др.;

- **полукопченые колбасы:** «Краковская», «Шашлычная», «Альпийская» и др.;

- **сырокопченые колбасы:** «Европейская», «Миланская элит», «У каждого своя история 12» и др.;

- **варено-копченые колбасы:** «Королевский Гранд», «Брусничная», «Ореховый Новый» и др.;

- **сыровяленые колбасы:** «От бабушки Пикант», «Бородинская», «От дедушки» и др.;

- **сырые колбасы:** «Свойские», «Винные», «Для пикника» и др.;

- **полуфабрикаты:** «По-домашнему», «Для солянки», «Котлетный» и др.

Установлено, что актуальным является сочетание говядины с мясом птицы (мясо цыплят-бройлеров) в составе изготавливаемых изделий. Ассортимент данной продукции на рынке Республики Беларусь представлен следующими наименованиями:

- **колбасные изделия:**

- **варено-копченые колбасы:** «Браславская новая», Колбаски «Кабаноссы с сыром», «Полесская новая» и др.;

- **сыровяленые колбасы:** «Восточная», «Кавказская» и др.;

- **полуфабрикаты:** «Столовый» и др.

Кроме того, актуальным является сочетание говядины одновременно и с мясом сельскохозяйственных животных (свинина) и птицы (мясо цыплят-бройлеров), что позволяет мясоперерабатывающим предприятиям Республики Беларусь изготавливать следующий ассортимент продукции:

- **колбасные изделия:**

- **варено-копченые колбасы:** «Сервелат», «Фаворит с оливками», «Сервелат новый Гродненский» и др.;

- **вареные колбасы:** «Сливочная» и др.

Таким образом, на основании проведенных исследований установлено, что на рынке Республики Беларусь представлен широкий ассортимент продукции как на основе говядины, так и из говядины в сочетании с мясом сель-

скохозяйственных животных (свинина) и птицы (мясо цыплят-бройлеров), что свидетельствует о необходимости проведения научных исследований, направленных на предотвращение образования потенциально опасных веществ, в том числе гетероциклических ароматических аминов, в готовой мясной продукции.

Список использованных источников

1. Беркетова, Л. В. Канцерогенные соединения, образующиеся в пищевых продуктах под действием тепловой обработки / Л. В. Беркетова, А. Д. Захарова // Бюллетень науки и практики. – 2017. – № 2 (15). – С. 115–120.
2. Утьянов, Д. А. Гетероциклические ароматические амины в мясе и мясной продукции. Причины их образования и воздействия на человека / Д. А. Утьянов, А. В. Куликовский, Н. Л. Вострикова // ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем имени В. Г. Горбатого» Рос. акад. наук. – М., 2015. – 5 с.
3. Куликовский, А. В. Идентификация полициклических ароматических углеводородов в мясе и мясной продукции / А. В. Куликовский, Н. Л. Вострикова, А. Н. Иванкин // Мясные технологии. – 2013. – № 1. – С. 30–33.
4. Комплексная оценка содержания полициклических ароматических углеводородов и особенности их накопления в мясной продукции / М. И. Сложенкина [и др.] // Вопросы питания. – 2017. – № 6 (86). – С. 125–133.
5. Утьянов, Д. А. Разработка методики определения гетероциклических ароматических аминов в мясной продукции, анализ и управление риском их образования : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.04 / Д. А. Утьянов ; ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем имени В. Г. Горбатого» Рос. акад. наук. – М., 2020. – 31 с.
6. Куликовский, А. В. Накопление канцерогенных веществ в жареных котлетах в зависимости от температуры обработки / А. В. Куликовский, Д. А. Утьянов, Н. Л. Вострикова // Всё о мясе. – 2018. – № 2. – С. 32–35.
7. Куликовский, А. В. Риски образования гетероциклических ароматических аминов в мясной продукции / А. В. Куликовский, Д. А. Утьянов, А. С. Князева // Мясная индустрия. – 2020. – № 8. – С. 50–52.
8. Кузнецова, О. А. Подходы к анализу химических рисков на предприятиях мясной промышленности / О. А. Кузнецова, З. А. Юрчак, Д. А. Утьянов // Всё о мясе. – 2015. – № 5. – С. 22–23.
9. Соляков, А. А. Влияние тепловой кулинарной обработки и способов подготовки полуфабрикатов на содержание гетероциклических ароматических аминов в жареных мясных кулинарных изделиях : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 01.12.2001 / А. А. Соляков ; Рос. экон. академия им. Г. В. Плеханова. – М., 2001. – 44 с.

УДК 664.644

**Л. И. Кузнецова, доктор технических наук;
О. И. Парахина, кандидат технических наук;
М. С. Бурыкина; О. А. Савкина, кандидат технических наук**

*Санкт-Петербургский филиал ФГАНУ НИИ хлебопекарной промышленности,
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация*

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ХЛЕБА «БОРОДИНСКИЙ»

Аннотация. В настоящее время хлеб «Бородинский» вырабатывают в основном с использованием густой ржаной закваски (из 15%-й муки) и заварки из 15%-й муки и 5%-го солода ржаного ферментированного с гидромодулем 1:2,5. Проведенные исследования показали возможность приготовления теста на жидкой ржаной закваске с заваркой, содержащей 15 % муки, при снижении гидромодуля заварки до 1:1 и количества муки в заварке до 10 %, что обеспечивает выработку хлеба «Бородинский», соответствующего по физико-химическим и органолептическим показателям требованиям ГОСТ 2077-2023.

Ключевые слова: хлеб «Бородинский», ржаная закваска, осахаренная заварка, гидромодуль.

**L. I. Kuznetsova, Doctor of Technical Sciences;
O. I. Parakhina, Candidate of Technical Sciences;
M. S. Burykina; O. A. Savkina, Candidate of Technical Sciences**

*Saint Petersburg branch of Scientific Research Institute for the Baking Industry,
Saint Petersburg, Russian Federation*

IMPROVEMENT OF BREAD TECHNOLOGY «BORODINSKY»

Abstract. Currently, “Borodinsky” bread is produced mainly using thick rye sourdough (15 % flour) and a brew of 15 % flour and 5 % rye malt fermented with a hydromodule of 1:2,5. Studies have shown the possibility of preparing a dough on liquid rye sourdough with a brew containing 15 % flour, while reducing the hydromodule of welding up to 1:1 and the amount of flour in the brew is up to 10 %, which ensures the production of “Borodinsky” bread that meets the requirements of GOST 2077-2023 in terms of physico-chemical and organoleptic parameters.

Keywords: bread “Borodinsky”, rye sourdough, saccharified scalds, hydromodule.

Введение. В ассортименте хлеба из ржаной и смеси ржаной и пшеничной хлебопекарной муки особое место занимают так называемые *заварные* его виды, тесто для которых готовится с применением заварки и закваски. Наиболее известными примерами заварных изделий являются хлеб «Бородинский» формовой и подовый, рижский подовый, ржаной заварной формовой, ржаной московский формовой, ржано-пшеничный заварной формовой, пшенич-

но-ржаной заварной формовой, а также карельский формовой или подовый, деликатесный подовый, любительский формовой [1].

Основным отличием рецептуры для заварных видов хлеба является наличие *солода* ржаного ферментированного или неферментированного, который вносят при замесе теста или опары в составе заварки (осахаренной, сброженной, заквашенной, термофильной или термофильной сброженной), содержащей в том числе муку ржаную от 5–15 до 20–25 % от всего рецептурного количества, измельченные природные ароматизаторы (тмин, кориандр) и воду. Соотношение муки (в том числе солода) и воды в заварке, т. е. гидромодуль, зависит от способа ее приготовления [2].

Заварные виды хлеба пользуются большой популярностью в Республике Беларусь, странах Балтии и на Северо-Западе Российской Федерации [3, 4]. И если в Беларуси доля заварных видов хлеба в общем объеме производимых хлебобулочных изделий доходит до 45,2 % [3], то обобщение опыта по выработке заварных видов хлеба в России показывает, что в последние годы пекарни и даже некоторые индустриальные предприятия вырабатывают их в небольшом объеме в связи с меньшим спросом на данные изделия у потребителя по сравнению с традиционными ржано-пшеничными видами хлеба.

Санкт-Петербургский филиал ФГАНУ НИИ хлебопекарной промышленности много лет занимается исследованиями по совершенствованию технологии и развитию ассортимента заварных видов хлеба. Результаты этих работ обобщены в научных работах [4, 5].

В соответствии с ГОСТ 2077-2023 «Хлеб из ржаной хлебопекарной муки и смеси ржаной и пшеничной хлебопекарной муки. Технические условия», который вступил в силу с 1 августа 2024 г., хлеб ржано-пшеничный «Бородинский» может вырабатываться подовым массой свыше 0,5 кг до 0,95 кг включительно или формовым массой свыше 0,5 кг до 1,00 кг включительно, из смеси ржаной хлебопекарной обойной муки, пшеничной хлебопекарной муки второго сорта и ржаного ферментированного солода, воды, крахмальной патоки, белого сахара, хлебопекарных прессованных дрожжей и пищевой соли. Следует отметить, что производители вырабатывают его в основном формовым [2].

В приложении А к ГОСТ 2077-23 указана информация о способе производства хлеба, а именно, тесто для хлеба ржано-пшеничного «Бородинский» готовят с применением заварки и для подкисления используют густую ржаную закваску, допускается выработка на жидкой ржаной закваске без заварки или на ржаной концентрированной молочнокислой закваске (КМКЗ).

В Сборнике технологических инструкций [6] рекомендуется готовить заварку с гидромодулем 1:2,5 из 15%-й ржаной обойной муки и 5%-го солода ржаного ферментированного и использовать для подкисления теста или опары густую ржаную закваску, содержащую 15 или 10 % муки ржаной обойной соответственно. При использовании КМКЗ, влажностью 70 % для подкисления теста или опары рекомендуется вносить 10 % сброженной ржаной обой-

ной муки, а заварку готовить также с гидромодулем 1:2,5, но снижая количество завариваемой ржаной муки до 10 %.

Проведенные технологические расчеты показывают, что при использовании для подкисления теста жидкой ржаной закваски без заварки влажностью 70 %, содержащей 15 % муки с целью обеспечения нормируемой влажности хлеба «Бородинский», гидромодуль заварки необходимо снизить до 1:2,0. При этом тесто замешивается практически без залива воды.

На промышленных предприятиях для выработки ржано-пшеничных видов хлеба, кроме густой и жидкой закваски без заварки, используется жидкая ржаная закваска с заваркой, влажность которой колеблется от 80 до 85 %.

Заварки с гидромодулем 1:2,5 и влажностью 74–76 % готовят и осаживают в специальных заварочных машинах, а затем перекачивают насосами в тестомесильные машины для приготовления опары или теста. В этом случае использовать для замеса теста жидкую ржаную закваску с заваркой не представляется возможным. Высокая влажность данных полуфабрикатов ограничивает их совместное применение при выработке заварных видов хлеба, поскольку может привести к повышению влажности теста, в результате чего не будет обеспечена влажность готовых изделий в соответствии с действующим ГОСТом.

В связи с этим *цель настоящих исследований* состояла в совершенствовании технологии приготовления хлеба «Бородинский» на жидкой ржаной закваске с заваркой путем изменения количества завариваемой муки и гидромодуля заварки и изучении влияния этих изменений на физико-химические и органолептические показатели хлеба «Бородинский» и их соответствие требованиям актуализированного ГОСТ 2077-2023.

Материалы и методы исследования. При проведении исследований закваски готовили в соответствии со Сборником современных технологий [7] с использованием чистых культур молочнокислых бактерий и дрожжей из Коллекции микроорганизмов СПбФ ФГАНУ НИИХП «Молочнокислые бактерии и дрожжи для хлебопекарной промышленности». Свойства заквасок соответствовали их виду (табл. 1).

Таблица 1. Показатели свойств ржанных заквасок, используемых при замесе теста

Показатель	Значение показателя свойств заквасок		
	густой	жидкой	
		без заварки	с заваркой
Кислотность, град.	13,0	11,7–13,0	9,6–10,1
Подъемная сила, мин	17	22–25	18–20
Влажность, %	51,1	70,5–72,9	79,7–81,6
Содержание летучих кислот: град.	4,20	2,00	1,75–2,50
% к общей кислотности	32,3	17,1	18,2–25,3
Содержание спирта, % на с. в.	1,41	2,78	5,98–8,37

Примечание: град. – градус; с. в. – сухое вещество.

Тесто для хлеба «Бородинский» готовили безопасным способом с применением заварок и разных видов ржанных заквасок – густой, жидких (с заваркой и без заварки). Количество сбраживаемой муки, вносимой с закваской при замесе теста, варьировали в зависимости от их вида. Так, с закваской густой и жидкой без заварки вносили 15 %, а с жидкой с заваркой – 13 и 15 % сбраживаемой муки. Все рецептурное количество солода ржаного ферментированного вносили при приготовлении заварки, а количество завариваемой ржаной обдирной муки составляло 10 и 15 %. В тесте контролировали кислотность, подъемную силу, температуру, увеличение объема и продолжительность расстойки. Для обеспечения влажности хлеба, регламентируемой по ГОСТ, гидромодуль заварки при приготовлении теста на густой закваске снизили до 1:2 при рекомендуемом 1:2,5 [6]. Тесто на жидкой ржаной без заварки готовили на заварке с гидромодулем 1:2 и 1:1, а при приготовлении теста на жидкой ржаной закваске с заваркой использовали заварку с гидромодулем 1:1 и 1:1,1. Качество хлеба оценивали по физико-химическим (влажность, кислотность, пористость) и органолептическим показателям. Дополнительно определяли удельный объем, сжимаемость мякиша, содержание летучих кислот, спирта и продолжительность хранения до начала прорастания колоний при принудительном заражении плесневыми грибами *Penicillium chrysogenum*.

Для контроля свойств полуфабрикатов (заварок, заквасок, теста) и качества хлеба использовали общепринятые методы.

Результаты и их обсуждение. В статье [8] было показано, что при снижении гидромодуля с 1:2,5 до 1:1,1 в заварке, состоящей из 15%-й ржаной муки и солода ржаного ферментированного, содержание непосредственно редуцирующих сахаров в 100 г заварки повышается.

Анализ результатов исследований, представленных в табл. 2, показал, что при снижении содержания завариваемой муки до 10 % и изменении гидромодуля до 1:1 содержание сахаров в 100 г заварки также повышается.

Таблица 2. Влияние гидромодуля и количества завариваемой муки на содержание сахара в заварках

Показатель	Значение показателя для заварки (5%-й солод ржаной ферментированный и мука ржаная с числом падения 198 с)	
	15 %	10 %
	с гидромодулем	
	1:1,1	1:1,0
Влажность фактическая, %	55,9	53,2
Содержание непосредственно редуцирующих сахаров:		
% на с. в.	26,1	25,45
г/100 г	11,5	12,14

Анализ экспериментальных данных (табл. 3) показал, что все образцы хлеба имели сопоставимые показатели по кислотности, пористости, удельному объему и соответствовали требованиям ГОСТа. Показатель сжимаемости

Таблица 3. Влияние гидромодуля заварки, количества вносимой муки с заваркой и видов ржаных заквасок на показатели свойств полуфабрикатов и качество хлеба «Бородинский»

Показатель	Значение показателей качества теста и хлеба «Бородинский», приготовленных на закваске									
	густой		без заварки		жидкой		с заваркой		с заваркой	
по ГОСТ	15		15		13		15		13	15
	и заварке (5%-й солод ржаной ферментированный и мука ржаная обойная), %									
	15		15		10		15		15	10
	с гидромодулем									
	1:2		1:2		1:1		1:1		1:1	1:1
Тесто										
Температура, °С	30		28		29		28		28	
Кислотность, град.:										
начальная	7,0		7,7		8,5		7,2		7,0	9,0
конечная	9,2		9,1		9,2		8,3		8,6	9,0
Подъемная сила, мин	19		23		12		13		16	13
Увеличение объема к началному, %	33		25		39		50		47	40
Продолжительность брожения	90		90		90		90		90	90
расстойки	67		70		68		70		76	70
Хлеб «Бородинский»										
Влажность, %	Не более 47,0		46,2		46,5		47,0		46,8	
Кислотность, град.	Не более 10,0		6,6		7,6		6,6		7,4	
Пористость, %	Не менее 48,0		52		54		54		55	
Удельный объем, см³/г	–		1,56		1,52		1,61		1,58	
Сжимаемость мякиша, ед. пр.			10		14		11		20	
Содержание летучих кислот:										
град.	3,20		Нет данных		2,0		Нет данных		2,0	2,0
% к общей кислотности	42,1		26,3		26,3		27,0		27,0	25,6
Содержание спирта, % на с. в.	0,48		То же		0,60		То же		1,11	0,90
Продолжительность хранения до начала роста колоний при заражении <i>Penicillium chrysogenum</i> , ч/сут	–		То же		76/–		То же		Нет роста в течение –/5	

мякиша в образцах хлеба при дозировке с заваркой 10%-й муки был несколько лучше, что можно объяснить сниженным количеством муки, вносимой в заваренном виде. При дегустационной оценке отмечена небольшая липкость, несколько уплотненный мякиш, свойственные заварному хлебу и сладковатый вкус у всех образцов. Продолжительность хранения хлеба до начала роста колоний плесени *Penicillium chrysogenum* варьировалась от 3 до 5 суток, в зависимости от вида закваски.

Заключение. Проведенные исследования показали, что снижение гидро модуля заварки до 1:1 и количества завариваемой муки до 10 % обеспечивает возможность приготовления теста для хлеба «Бородинский» на жидкой ржаной закваске с заваркой с расчетной влажностью 80 %, содержащей 15 % сброженной ржаной муки, что исключает необходимость введения на предприятиях других видов ржанных заквасок для данного вида хлеба.

Список использованных источников

1. Сборник рецептов на хлебобулочные изделия, вырабатываемые по государственным стандартам. – СПб. : ГИОРД, 2010. – 92 с.
2. Хлеб из ржаной хлебопекарной муки и смеси ржаной и пшеничной хлебопекарной муки. Технические условия : ГОСТ 2077-2023. – Взамен ГОСТ 2077-84 ; введ. 01.08.24. – М. : Рос. ин-т стандартизации, 2023. – 20 с.
3. Самуйленко, Т. Д. Исследование процесса осахаривания ржанных заварок в технологии заварного хлеба при дискретном режиме производства / Т. Д. Самуйленко, А. В Акулич // Health, Food & Biotechnology. – 2020. – № 2 (1). – С. 60–74.
4. Производство заварных сортов хлеба с использованием ржаной муки / Л. И. Кузнецова [и др.] ; Филиал ГосНИИХП. – СПб. : Береста, 2003. – 298 с.
5. Влияние гидро модуля самоосахаренной заварки на качество ржано-пшеничного хлеба / Л. И. Кузнецова [и др.] // Кондитерское и хлебопекарное производство. – 2017. – № 11–12 (173). – С. 12–14.
6. Сборник технологических инструкций для производства хлебобулочных изделий. – М. : Прейскурантиздат, 1989. – 494 с.
7. Сборник современных технологий хлебобулочных изделий / под общ. ред. А. П. Косована. – М. : Московская типография № 2, 2008. – 268 с.
8. Исследование влияния способа приготовления заварок из ржаной обдирной муки на их физико-химические свойства и качество заварных видов хлеба / Л. И. Кузнецова [и др.] // Хлебопродукты. – 2024. – № 8. – С. 46–51.

УДК 664.9

**В. Б. Крылова, доктор технических наук, профессор;
Т. В. Густова, доктор технических наук, доцент**

*ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем
имени В. М. Горбатова» Российской академии наук,
г. Москва, Российская Федерация*

КОНСЕРВЫ МЯСНЫЕ И МЯСОСОДЕРЖАЩИЕ. ИННОВАЦИИ В ПРОСТОМ

Аннотация. Текущий век называют веком инноваций с развитием быстрыми темпами прикладной науки и внедрением в жизнь ее достижений. Однако не всегда следует безоглядно гнаться за результатами, не понимая сущности происходящего. Как говорил известный писатель Дуглас Адамс: «Мы вязнем в технологиях, когда нашей целью являются вещи, которые просто работают». Результаты комплексных исследований, часть которых приведена в настоящей статье, наглядно продемонстрировано, что переход к интенсификации процессов охлаждения мяса и использование такого мяса разного срока созревания могут приводить к многочисленным выявлениям несоответствующей продукции по органолептическим характеристикам. Сохранить аутентичность консервов позволит усиленный контроль качества мясного сырья, поступающего на переработку.

Ключевые слова: консервы, системный подход, методология IDEF0, созревание, дескрипторы, органолептические характеристики.

**V. B. Krylova, Doctor of Technical Sciences, Professor;
T. V. Gustova, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor**

*Federal State Budgetary Scientific Institution “V. M. GorbatoV Federal Scientific Center
for Food Systems” of the Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russian Federation*

MEAT AND MEAT-CONTAINING CANNED FOODS. INNOVATION IN SIMPLE

Abstract. The current century is called the century of innovations with the rapid development of applied science and the implementation of its achievements in life. However, it is not always necessary to recklessly chase results without understanding the essence of what is happening. As the famous writer Douglas Adams said: “We are stuck with technology when what we really want is just stuff that works”. The results of complex studies, some of which are presented in this article, clearly demonstrate that the transition to intensifying meat cooling processes and the use of such meat of different aging periods can lead to numerous identifications of non-conforming products in terms of organoleptic characteristics. Strengthened quality control of raw meat supplied for processing will help preserve the authenticity of canned food.

Keywords: canned food, systems approach, IDEF0 methodology, maturation, descriptors, organoleptic characteristics.

Введение. До советского периода, в 1911 г., известный экономист и социолог Йозеф Шумпетер определил пять характерных изменений, обусловивших появление инноваций: использование новой техники, новых технологических процессов или нового рыночного обеспечения производства; внедрение продукции с новыми свойствами; использование нового сырья; изменения в организации производства и его материально-техническом обеспечении и появление новых рынков сбыта [1]. В советский период, с 1922 по 1991 г., проблематика нововведений широко освещалась только в рамках исследований научно-технического прогресса. Инновацию рассматривали как универсальный метод для обеспечения оптимального технологического прогресса организации за счет планируемого управленческого воздействия на социальную структуру организации. Но уже в конце этого исторического периода инновация трактуется как новое приложение научных и технических знаний к рыночному успеху [2–4].

Таким образом можно говорить, что *инновации* – это сложный процесс, который базируется на научном потенциале и потенциале интеллектуальном, т. е. способностью внедрения инновации. Можно ли считать консервы как продукт и технологию их производства инновацией? Известно, что производство мясных консервов стало развиваться в России лишь во второй половине XIX в. Наиболее распространенным видом продукции были консервы «Говядина тушеная», а основным заказчиком – армия. В Российской Федерации на сегодняшний момент официально зарегистрировано около 310 консервных заводов и цехов, из них 285 по виду экономической деятельности отнесены к мясной промышленности, 22 – цеха сельхозпредприятий. В условиях жесткой экономической политики эти предприятия в период с 2021 по 2023 г. увеличили выпуск мясных и мясосодержащих консервов практически в два раза. И за пять месяцев текущего года, по данным Росстата, произведено 351 млн условных банок мясных и мясосодержащих консервов, включая консервы для детского питания (рис. 1).

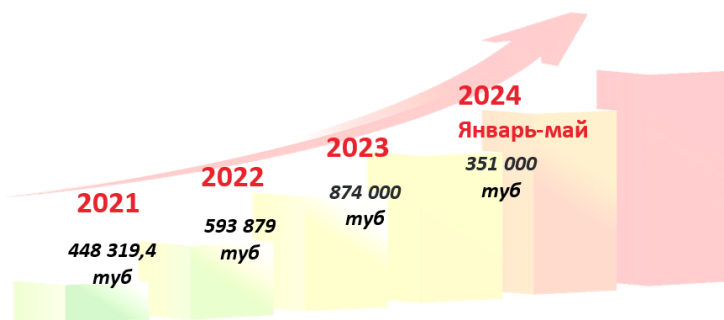


Рис. 1. Динамика производства в России мясных и мясосодержащих консервов
(фото с сайта Федеральной службы государственной статистики:
<https://rosstat.gov.ru>)

Трансформация традиционных принципов переработки сельскохозяйственного сырья и проблемы управления технологическими характеристиками пищевых продуктов требуют дополнительного контроля качества и безопасности готовой продукции с сохранением ее аутентичности. Фрагментарность результатов направленного использования сырья с пороками качества в консервном производстве и априорное мнение о соответствии показателей качества сырья нормативам на сегодняшний день не позволяют изготавливать по классическим технологиям продукцию, отвечающую установленным требованиям. Системный подход к решению задач проблемно-ориентированных этапов производства мясных и мясосодержащих консервов позволит свести к минимуму риски изготовления консервов, не соответствующих по безопасности и качеству.

Результаты и их обсуждение. Используя системный подход для решения проблемы выпуска и хранения, независимо от внешних и внутренних факторов, устойчивых по безопасности и качеству мясных и мясосодержащих консервов, была разработана модель жизненного цикла консервов, ограниченная проблемно-ориентированными этапами: предпроизводство, производственный процесс и постпроизводство, позволяющими идентифицировать многогранность проблемы и принять своевременно ключевые решения, представленная на рис. 2.

Результативно использована методология IDEF0, детализирующая и определяющая необходимые информационный и методический ресурсы для выполнения задач получения консервов безопасных и высокого качества (рис. 3).



Рис. 2. Модель проблемно-ориентированных этапов жизненного цикла мясных и мясосодержащих консервов

С целью выявления причин негативных изменений в конечном продукте блок «2» дочерней диаграммы более детально представлен на рис. 4 и наглядно демонстрирует в том числе верификацию поступающих сырья и материалов.

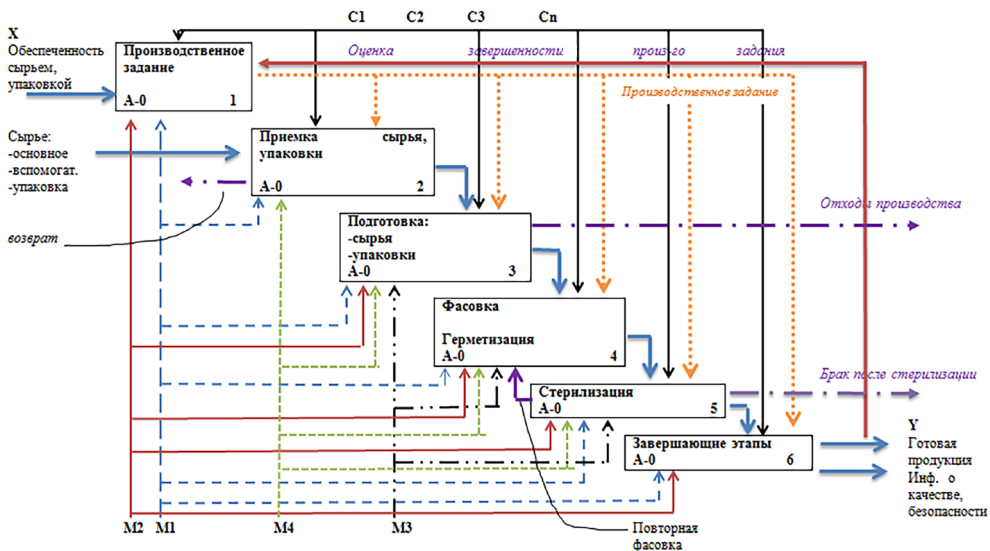


Рис. 3. Декомпозиция A-0: X – входные параметры; Y – выходные параметры; C – управление (ГОСТы (C₁), ТИ по производству (C₂), ИПСКК (C₃), ТР ТС (C₄); M – механизм; M1 – персонал; M2 – оборудование; M3 – корректирующие воздействия; M4 – контрольно-измерительные мероприятия

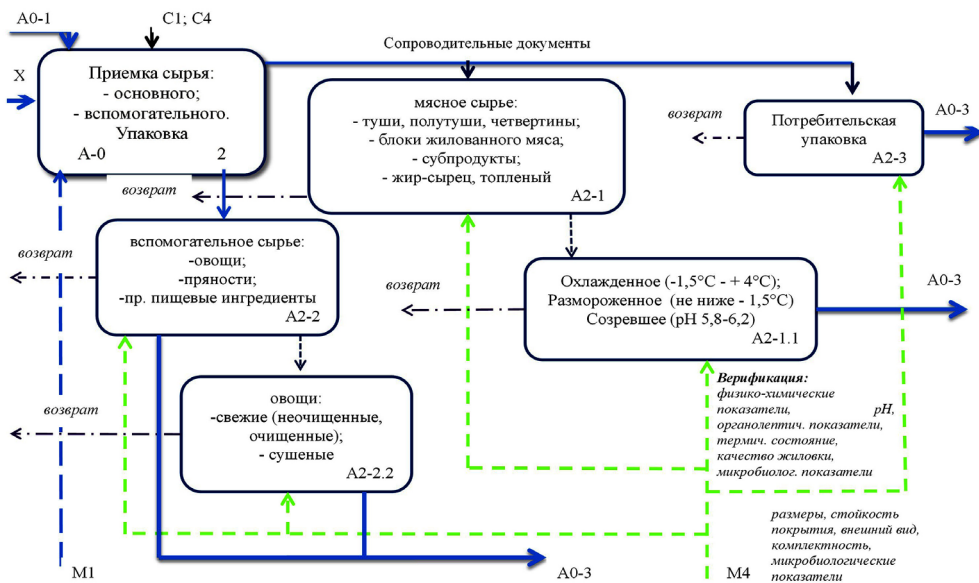


Рис. 4. Декомпозиция A0-2

Как следует из технологической специфичности и практики предприятий, для производства консервов мясное сырье используют в охлажденном и замороженном состоянии, при приемке мясное сырье, как правило, не сортируют по значению pH системы. Кроме того, априори, поступающее на производство консервов мясо должно было быть созревшим. Переход к интенсификации процессов охлаждения мяса и использование такого мяса разного срока созревания может приводить к многочисленным выявляемым несоответствующей продукции по органолептическим характеристикам. Выявляя причины несоответствия консервов по органолептическим характеристикам, проведена систематизация результатов исследований используемого сырья и образцов мясных консервов, изготовленных из жилованной говядины разного срока созревания.

Выборка материала из комплексных исследований мясных консервов, изготовленных из говядины разного срока созревания, представлена на рис. 5–8. Отмечено снижение жесткости мяса на 7,7 % в консервах из мяса 6 суток созревания и на 16,5 % в консервах из мяса 8 суток созревания по отношению к первым суткам. Результаты структурно-механических исследований показаны на рис. 5.

Результаты оценки сенсорных характеристик подтверждают структурно-механические изменения в мясе и представлены на рис. 6. Так, интенсивность дескриптора, характеризующего плотность мяса, снижается с использованием мяса с увеличенным сроком созревания.

Интенсивность дескрипторов, характеризующих запах и вкус говядины, выше в консервах, изготовленных из мяса после 7 и 8 суток созревания. При этом сумма свободных аминокислот значимо увеличивается в консервах из говядины после 3, 5, 7 и 8 суток созревания за счет глутаминовой кислоты, гистидина и аргинина, влияющих на формирование аромата готового продукта. Результаты представлены на рис. 7, 8.

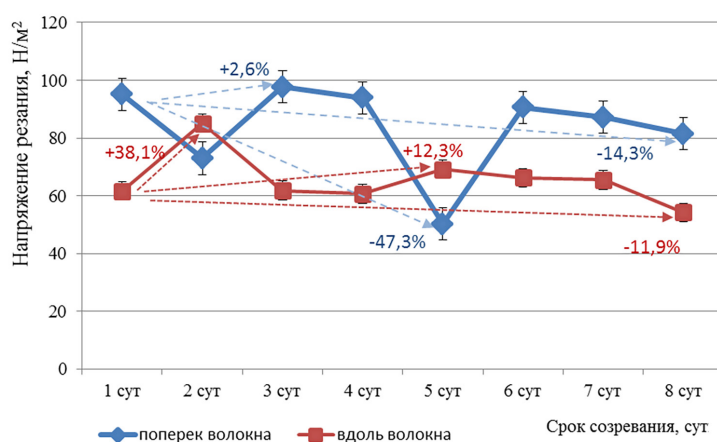


Рис. 5. Динамика величин максимального напряжения резания, Н/м²

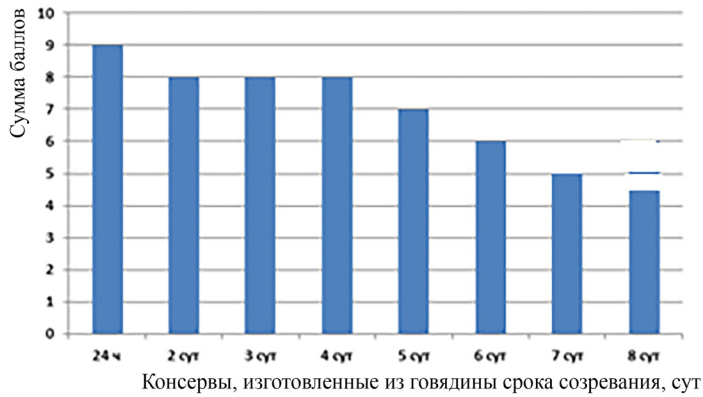


Рис. 6. Интенсивность дескриптора, характеризующего плотность мяса

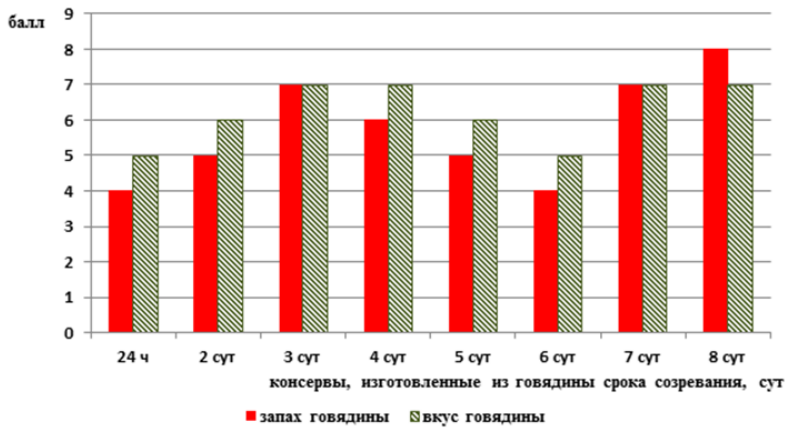


Рис. 7. Интенсивность дескрипторов «запах говядины» и «вкус говядины»

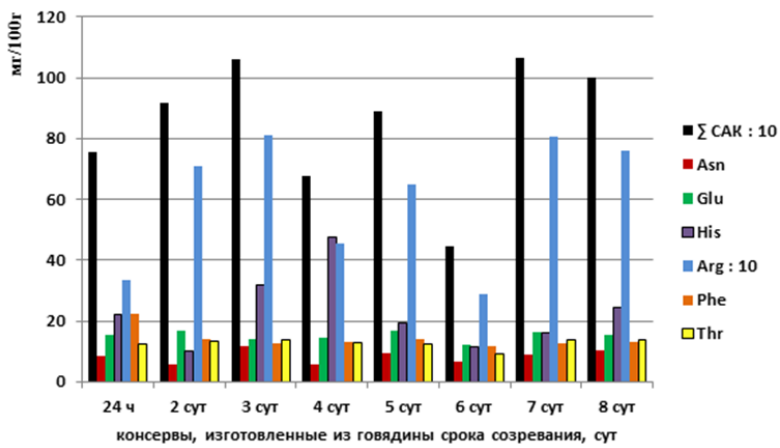


Рис. 8. Динамика сумм свободных аминокислот консервов

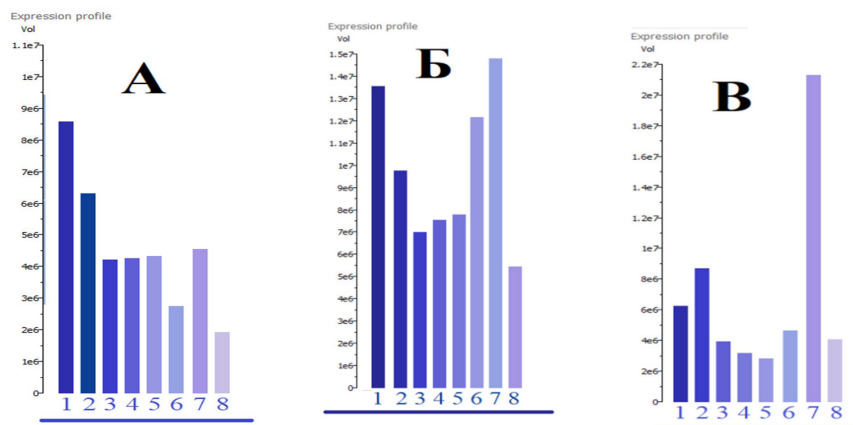


Рис. 9. Фрагменты двумерных электрофореграмм консервов из говядины разного срока созревания после изготовления

Результаты исследования органолептических характеристик консервов показали, что вкус и аромат готовой продукции более интенсивен в консервах из мяса после 8 суток созревания. Но, в консервах из говядины после 5 суток созревания усиливались деструктивные изменения мышечных волокон. Излишнее разволокнение мышечных волокон негативно отражалось на консистенции мяса в готовой продукции.

Интересна визуализация и более глубокая оценка молекулярных механизмов модификации белков консервов под воздействием изучаемых факторов: автолитических изменений мяса и температуры стерилизации (рис. 9).

Для наглядности были выбраны общие группы белков-предшественников: тропомиозины 32,7 кДа (рис. 9, а), фракции глицеральдегид-3-фосфатдегидрогеназы 35,9 кДа (рис. 9, б) и тропонины 21,5 кДа (рис. 9, в). На рисунке цифрами от 1 до 8 указаны сутки созревания мяса. Полученные результаты 2D электрофореза коррелируют с данными интенсификации накопления небелковой фракции азота в консервах после производства, но требуют дальнейшего детального изучения [5].

Закключение. На основе методологии системного анализа было визуализировано иерархическое представление процессов производства консервов, направленное на формализацию последовательности операций, с помощью которых возникла необходимость выявить наиболее вероятные отклонения в процессах производства и сформулировать точки зрения принятия решений.

С созданием декомпозиционных уровней были отражены и дополнены корректирующие и управляющие воздействия на используемые ресурсы и оборудование, выраженные, в частности, в фиксации величины pH для всех видов мясного сырья.

В соответствии с анализом систематизированных результатов проведенных исследований была получена возможность рекомендации использова-

ния при производстве консервов, изготавливаемых по межгосударственным и национальным стандартам, говядины не ранее 5 суток созревания при 0 °С с целью сохранения органолептических характеристик готового продукта.

Список использованных источников

1. Шумпетер, Й. А. Теория экономического развития: (Исследование предпринимательской прибыли, капитала, кредита, процента и цикла конъюнктуры) / Й. А. Шумпетер ; пер. с нем. В. С. Автономова [и др.]. – М. : Прогресс, 1982. – 455 с.
2. Мануйленко, В. В. Сущность инноваций, инновационного процесса в ретроспективе и в современных условиях / В. В. Мануйленко, А. А. Мищенко // Финансы и кредит. – 2012. – № 41 (521). – С. 21–31.
3. Курбатова, В. В. Инновационный процесс: понятие, особенности внедрения / В. В. Курбатова, А. Е. Черникова // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. – 2018. – № 6 (32). – С. 86–92.
4. Муталимов, В. А. Роль инновационной деятельности в современной экономической системе / В. А. Муталимов, К. В. Густова // Науч. обозрение. Экон. науки. – 2021. – № 2. – С. 29–33.
5. Густова, Т. В. Научные и практические аспекты системного анализа проблемно-ориентированных этапов жизненного цикла мясных и мясосодержащих консервов : дис. ... д-ра техн. наук : 4.3.3 / Т. В. Густова. – М., 2023. – 369 л.

УДК 637.1/3.04/07+577.114

¹Т. Н. Головач, кандидат биологических наук, доцент;
²З. В. Ловкис, академик НАН Беларуси, доктор технических наук,
профессор, заслуженный деятель науки Республики Беларусь

¹Белорусский государственный университет,
г. Минск, Республика Беларусь;
²РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по продовольствию»,
г. Минск, Республика Беларусь

БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ БИОАКТИВНОСТИ И УЛУЧШЕНИЯ ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БЕЛКОВ МОЛОКА

Аннотация. Представлено комплексное сравнительное исследование антигенных свойств, биоактивного (антиоксидантного, антимуtagenного и антимикробного) действия и органолептических показателей ферментативных гидролизатов сывороточных белков молока и их комплексов включения с β/γ -циклодекстрином. С применением современных методических подходов показано, что полученные гидролизаты и их комплексы обладают подтвержденными биоактивными и гипоаллергенными свойствами, пониженным уровнем горечи (после комплексообразования). Они являются потенциальными компонентами для продуктов питания функционального назначения.

Ключевые слова: молочная сыворотка, ферментативный гидролиз, ультрафильтрация, циклодекстрин, комплексы включения, биоактивности, органолептические показатели.

¹T. M. Halavach, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor;
²Z. V. Lovkis, Academician of the National Academy of Sciences of Belarus,
Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Scientist of the Republic of Belarus

¹Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus;
²RUE "Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food",
Minsk, Republic of Belarus

BIOTECHNOLOGICAL APPROACHES TO ENHANCE THE BIOACTIVITY AND IMPROVE THE ORGAÑOLEPTIC PROPERTIES OF DAIRY PROTEINS

Abstract. A comprehensive comparative study of antigenic properties, bioactive (antioxidant, antimutagenic, and antimicrobial) activity, and organoleptic parameters of enzymatic hydrolysates of whey proteins and their inclusion complexes with β/γ -cyclodextrin is presented. According to modern methodological approaches, the obtained hydrolysates and their complexes have confirmed bioactive and hypoallergenic properties, along with reduced bitterness (after complexation). They are a potential component for functional food products.

Keywords: whey, enzymatic hydrolysis, ultrafiltration, cyclodextrin, inclusion complexes, bioactivities, organoleptic parameters.

Введение. Белковый компонент коровьего молока разнообразен по составу, пищевой ценности и биоактивным характеристикам, что обеспечивает широкий спектр его промышленного применения [1]. В связи с глобальными социально-экономическими условиями и значительным темпом роста населения прогнозируется возрастание спроса на изоляты и концентраты белков молока и молочной сыворотки [2]. Ферментативный гидролиз является наиболее распространенным методом улучшения техно-функциональных свойств белков молока, снижения их аллергенного потенциала путем разрушения областей антигенных детерминант в составе интактных молекул казеина и сывороточных белков, получения различных биоактивных пептидов [3]. Технологический процесс изготовления гидролизатов включает выбор белкового субстрата и фермента(ов), условий ферментативной реакции и характеристики продуктов протеолиза [4]. Целесообразно включение в технологический процесс дополнительных этапов: предварительной обработки белка перед гидролизом, стадии выделения биоактивных пептидов [5]. Современные промышленные способы фракционирования пептидов (микро/ультра/нанофильтрация) отличаются доступной ценой, позволяют сохранить функциональные свойства гидролизатов [6].

В результате протеолиза молочного сырья высвобождаются аминокислоты и пептиды, обуславливающие специфическую горечь белковых гидролизатов, что приводит к снижению их потребительских качеств [7]. Следует отметить циклодекстрины (ЦД), активно применяемые в пищевой промышленности для улучшения органолептических свойств биоактивных и вкусоароматических соединений. ЦД обладают способностью образовывать комплексы включения за счет их специфической конусообразной структуры с гидрофобной полостью, в которой могут быть размещены специфические лиганды. Взаимодействие ЦД с «горькими» пептидами и аминокислотами приводит к экранированию аминокислотных радикалов, что препятствует их связыванию с вкусовыми рецепторами [8]. Основным направлением применения гидролизатов белков молока является внесение в специализированные гипоаллергенные продукты питания для детей раннего возраста [9]. Актуальной тенденцией пищевой отрасли является расширение ассортимента продуктов на основе гидролизованных белков с приемлемыми органолептическими показателями [10].

Цель работы – характеристика биоактивных и антигенных свойств, уровня горечи ферментативных гидролизатов сывороточных белков коровьего молока с глубокой степенью гидролиза, комплексов включения пептидов сывороточных белков с β - и γ -циклодекстрином.

Материалы и методы исследования. В экспериментальной работе применяли глубокие ферментативные гидролизаты сывороточных белков молока, комплексы включения β/γ -ЦД с гидролизатами, полученные в НИЛ прикладных проблем биологии биологического факультета Белорусского государственного университета. Массовую долю (м. д.) общего азота (TN) и белка

в образцах определяли по СТБ ISO 8968-1-2008. Массовую долю α -аминного азота (AN) устанавливали по ГОСТ Р 55479-2013. Степень гидролиза (%) определяли как соотношение AN/TN. Долю пептидной фракции (%) рассчитывали как соотношение количества белка в ультрафильтрате (отсечка по молекулярной массе M_w 10 кДа) к содержанию белка в исходном гидролизате. Белково-пептидный профиль гидролизатов анализировали методами обратноточной высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ), хромато-масс-спектрометрии (МС). Антиоксидантную активность (АОА) оценивали при восстановлении флуоресценции флуоресцеина (oxygen radical absorbance capacity assay, ORAC-метод) и катион-радикала ABTS⁺ (ABTS-метод) после внесения в тест-систему антиоксиданта (гидролизатов и их ЦД-комплексов). В экспериментах определяли концентрацию пробы IC₅₀, соответствующую 50%-му ингибированию флуоресценции флуоресцеина или 50%-му окислению ABTS. Остаточную антигенность (ОА) гидролизатов и их ЦД-комплексов оценивали методом конкурентного иммуноферментного анализа (ИФА) с применением набора для количественного определения β -лактоглобулина (RIDASCREEN® β -Lactoglobulin, R4901; R-Biopharm AG, Германия). ОА (%) рассчитывали как соотношение количества β -лактоглобулина (β -лг) в гидролизате к его содержанию в сыворотке молока. Антимутагенные свойства (уровень снижения мутирования, %) изучали в модифицированном тесте Эймса с применением индикаторных штаммов *Salmonella typhimurium* TA 98 и TA 100. Антимикробное действие (АМД, %) определяли импедиметрическим методом с использованием тест-штаммов *Escherichia coli* ATCC 8739 и *Staphylococcus aureus* ATCC 6538. Уровень горечи гидролизированных белков молока и их комплексов включения с β/γ -ЦД оценивали методом ранжирования (ГОСТ ISO 8587-2015), в испытаниях «А» – «He А» (ГОСТ ISO 8588-2011) и «дуо–трио» (ГОСТ ISO 10399-2015).

Результаты и их обсуждение. Получены опытные образцы ферментативных гидролизатов сывороточных белков молока (ГСБМ – 5 % – 10 кДа / ГСБМ – 5 % – 10 кДа – Т) и их комплексов с β/γ -ЦД в соответствии с технологической схемой, которая включала гидролиз сывороточных белков алкалозой при соотношении фермент/субстрат – 5 %, микрофильтрацию (отсечка по размеру пор 0,2 мкм) и ультрафильтрацию (отсечка по M_w 10 кДа) гидролизата, тиндализацию ультрафильтрата (вариант ГСБМ – 5 % – 10 кДа – Т), инкубирование полученной пептидной фракции с β/γ -ЦД в оптимизированных условиях. Согласно ВЭЖХ-профилям образец гидролизата, изготовленный согласно представленному технологическому процессу, представлен смесью пептидов с $M_w < 10$ кДа, причем преобладают продукты протеолиза с $M_w < 3$ кДа. В соответствии МС-анализом гидролизат включает продукты протеолиза с $M_w < 0,11$ кДа, или пептиды длиной до 10 аминокислотных остатков, наряду с наличием следового количества пептидов с $M_w < 10$ кДа. Содержание пептидной фракции в сухом веществе образцов ГСБМ составило $(81,8 \pm 1,3)$ %, а степень гидролиза – $(31,2 \pm 2,8)$ %. Установлено влияние

комплексообразования на антигенные свойства пептидов и их АОА (табл. 1), антимуtagenное и антимикробное действие (табл. 2), а также уровень горечи.

Таблица 1. Показатели АОА и антигенных свойств ГСБМ, β/γ -ЦД-комплексов с пептидами

Образец	IC ₅₀ (ORAC) [*] мкг белка/мл	IC ₅₀ (ABTS) [*] мкг белка/мл	ОА, %	ОА (белок) / ОА (ГСБМ)
СБМ	105,9 ± 3,8 ^a	96,9 ± 2,1 ^a	100 ^a	1,00 ^a
ГСБМ – 5 % – 10 кДа – Т	–	18,1 ± 0,3 ^b	0,170 ± 0,01 ^b	589 ± 31 ^b
ГСБМ – 5 % – 10 кДа	35,4 ± 0,7 ^b	18,3 ± 0,1 ^b	0,380 ± 0,04 ^c	265 ± 29 ^c
β -ЦД + ГСБМ – 5 % – 10 кДа	19,8 ± 1,0 ^c	18,5 ± 0,2 ^b	0,425 ± 0,04 ^c	237 ± 20 ^c
γ -ЦД + ГСБМ – 5 % – 10 кДа	18,6 ± 0,5 ^c	18,3 ± 0,1 ^b	0,395 ± 0,02 ^c	254 ± 14 ^c
В-ЦД (контроль)	104,9 ± 2,3 ^a	0	0	–
Г-ЦД (контроль)	79,8 ± 1,0 ^d	0	0	–

Примечание. СБМ – сывороточные белки молока; ГСБМ – гидролизат сывороточных белков молока; 5 % – гидролиз при 5%-м содержании алкалазы; 10 кДа – фильтрация с отсечкой по M_w 10 кДа; Т – тиндализация. Результаты расчетов представлены как среднее арифметическое значение ± половина ширины 95%-го доверительного интервала ($n = 3$). Значения без общего буквенного индекса (a–d) в пределах столбца указывают на достоверные различия ($p < 0,05$).

По данным ORAC/ABTS-метода в результате гидролиза алкалазой и последующей фильтрации установлено увеличение АОА расщепленных белков сыворотки в 3,0/5,3 раза соответственно. Тиндализация не оказала достоверного эффекта на АОА пептидной фракции. С применением ORAC-метода установлено сопоставимое увеличение АОА гидролизата в составе комплексов с β/γ -ЦД (в 1,79/1,90 раза соответственно). Однако комплексообразование гидролизата не оказало влияния на способность восстанавливать ABTS⁺, что связано с особенностями механизмов антиоксидантного действия в представленных тест-системах.

Согласно конкурентному ИФА в результате протеолиза сывороточных белков алкалазой и фракционирования установлено снижение количества β -лг в 265 раз (табл. 1). Добавление итоговой стадии – тиндализации – обеспечило максимальное уменьшение ОА гидролизата (в 589 раз). Для комплексов включения, содержащих пептиды с отсечкой по M_w 10 кДа, показан уровень ОА, сопоставимый с исходным гидролизатом (0,38 %).

Оценен антимуtagenный эффект гидролизата (ГСБМ – 5 % – 10 кДа) и его β/γ -ЦД-комплексов (табл. 2). Снижение уровня индуцированного мутирования при внесении ГСБМ в максимальной концентрации (0,5 мг белка на чашку) достигало 19,1–21,4 % в тест-системе с *S. typhimurium* TA 98 и 13,9–26,2 % – для штамма TA 100. В результате комплексообразования β/γ -ЦД с гидролизатом степень индуцированного мутирования пептидов сохранилась на исходном уровне (TA 98), либо отмечено увеличение антимуtagenного действия (TA 100). Показано, что ГСБМ и его β -ЦД-комплексы эффективнее по-

давляют рост *E. coli* ATCC 8739 (19,4 и 27,4 %), чем *S. aureus* ATCC 6538 (10,6 и 15,2 % соответственно). В отличие от γ -ЦД, показано достоверное увеличение АМД гидролизата после связывания с β -ЦД.

Таблица 2. Антимутагенное и антимикробное действие ГСБМ и его ЦД-комплексов

Образец	Уровень снижения мутирования, % (0,03–0,5 мг белка на чашку)		$I_{\text{АМД}}$ в отношении тест-штаммов, % (0,5 мг белка на чашку)	
	<i>S. typhimurium</i> ТА 98	<i>S. typhimurium</i> ТА 100	<i>E. coli</i> ATCC 8739	<i>S. aureus</i> ATCC 6538
ГСБМ – 5 % – 10 кДа	11,2–19,1 ^{А, I}	10,0–13,9 ^{А, II}	19,4 ± 1,3 ^{А, I}	10,6 ± 1,0 ^{А, II}
β -ЦД + ГСБМ – 5 % – 10 кДа	16,4–20,0 ^{А, I}	13,8–17,7 ^{В, II}	27,4 ± 2,5 ^{В, I}	15,2 ± 1,6 ^{В, II}
γ -ЦД + ГСБМ – 5 % – 10 кДа	11,0–21,4 ^{А, I}	17,8–26,2 ^{С, II}	18,6 ± 1,4 ^{А, I}	11,8 ± 1,3 ^{А, II}
β/γ -ЦД (контроль)	0	0	0	0

Примечание. При значении $I_{\text{АМД}} > 0$ исследуемое соединение обладает АМД: при $I_{\text{АМД}} < 15$ % оказывает на тест-культуру слабое АМД, $15 < I_{\text{АМД}} < 50$ % – умеренно выраженное АМД, $I_{\text{АМД}} > 50$ % – выраженное АМД. Результаты расчетов представлены как среднее арифметическое значение ($n = 3$). Значения без общего буквенного индекса в пределах одного столбца (А–С) и строки (I, II) указывают на достоверные различия при $p < 0,05$.

На базе РУП «НПЦ НАН Беларуси по продовольствию» проведена сенсорная оценка ГСБМ и его комплексов с β -ЦД, состоящая из нескольких этапов: ранжирование, испытания «А» – «Не А» и «дуо–трио». По результатам первого этапа (тест 1) интенсивность горького вкуса ГСБМ по шкале горечи составила 4,5 балла, комплексов включения, полученных при массовом соотношении ГСБМ: β -ЦД, равном 50:1 – 4 балла, а в случае 50:50 – 1 балл. Согласно итогам теста 2 образцы комплексов при увеличении дозировки β -ЦД на 1 и 5 % не обладали горьким вкусом (массовое соотношение ГСБМ: β -ЦД – 50:51 и 50:55). Показаны достоверные различия относительно эталона (50:50), для которого характерен горький вкус. На заключительном этапе (тест 3) установлена минимальная достаточная концентрация β -ЦД для устранения горького вкуса гидролизата. По результатам испытаний подтверждено отсутствие различий во вкусе между пробами комплексов с содержанием компонентов 50:51 и 50:52. Минимальная дозировка β -ЦД для удаления горького вкуса достигнута при массовом соотношении ГСБМ: β -ЦД, равном 50:51 (уровень горечи составил 0,5 балла).

Заключение. Биоактивные гипоаллергенные гидролизаты сывороточных белков молока получены в результате протеолиза алкалазой и последующего фракционирования в оптимизированных условиях. Согласно экспериментальным данным уровень антиоксидантной активности, антимикробного и антимутагенного эффекта комплексов β/γ -ЦД с гидролизатами оказался сопоставим либо повышен по сравнению с пептидными фракциями. В составе β -ЦД-комплексов установлено существенное снижение уровня горечи расщепленных белков.

Список использованных источников

1. Goulding, D. A. Milk proteins: An overview / D. A. Goulding, P. F. Fox, J. A. O'Mahony // *Milk Proteins*. – 2020. – P. 21–98.
2. Defining the origin and function of bovine milk proteins through genomics: The biological implications of manipulation and modification / S. Berry [et al.] // *Milk Proteins*. – 2020. – P. 143–171.
3. Improvement of functional properties of cow's milk peptides through partial proteins hydrolysis / T. S. Milessi [et al.] // *Journal of Food Science and Technology*. – 2022. – Vol. 59, № 11. – P. 4520–4529.
4. Najafian, L. A review of bioactive peptides as functional food ingredients: mechanisms of action and their applications in active packaging and food quality improvement / L. Najafian // *Food and Function*. – 2023. – Vol. 14, № 13. – P. 5835–5857.
5. Regulatory requirements of bioactive peptides (protein hydrolysates) from food proteins / M. Chalamaiah [et al.] // *Journal of Functional Foods*. – 2019. – Vol. 58. – P. 123–129.
6. Dullius, A. Whey protein hydrolysates as a source of bioactive peptides for functional foods – Biotechnological facilitation of industrial scale-up / A. Dullius, M. I. Goetttert, C. F. V. de Souza // *Journal of Functional Foods*. – 2018. – Vol. 42. – P. 58–74.
7. Sensory-directed flavor analysis of off-flavor compounds in infant formula with deeply hydrolyzed milk protein and their possible sources / P. Yang [et al.] // *LWT*. – 2020. – Vol. 119. – P. 108861.
8. Cyclodextrin Inclusion Complexes and Their Application in Food Safety Analysis: Recent Developments and Future Prospects / Zhou J. [et al.] // *Foods*. – 2022. – Vol. 11, № 23. – P. 3871.
9. Current Guidelines and Future Strategies for the Management of Cow's Milk Allergy / Y. Vandenplas [et al.] // *Journal of Asthma Allergy*. – 2021. – Vol. 14. – P. 1243–1256.
10. Evidence of Immunomodulatory Food-Protein Derived Peptides in Human Nutritional Interventions: Review on the Outcomes and Potential Limitations / F. Rivero-Pino [et al.] // *Nutrients*. – 2023. – Vol. 15, № 12. – P. 2681.

УДК 637.1:338.439

**Г. В. Гусаков, кандидат экономических наук, доцент;
В. М. Жудро, кандидат экономических наук, доцент;
Л. Т. Ёнчик, Т. П. Джемига, А. С. Шкред**

*РУП «Институт мясо-молочной промышленности»,
г. Минск, Республика Беларусь*

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ БЕЛОРУССКОГО РЫНКА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ НА МОЛОЧНОЙ ОСНОВЕ¹

Аннотация. В статье представлены основные глобальные тенденции, присущие современному рынку функциональных и специализированных продуктов питания. Выделены детерминанты, характеризующие современный рынок и определяющие эффективное взаимодействие его основных структурных элементов – спроса и предложения. Рассмотрено состояние белорусского рынка специализированных пищевых продуктов на молочной основе.

Ключевые слова: специализированные пищевые продукты, рынок, безлактозные молочные продукты, производство, дифференциация спроса.

**G. V. Gusakov, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor;
V. M. Zhudro, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor;
L. T. Enchik, T. P. Dzhemiga, A. S. Shkred**

RUE “Institute of Meat and Dairy Industry”, Minsk, Republic of Belarus

THE STATE AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF THE BELARUSIAN MARKET OF SPECIALIZED DAIRY-BASED FOOD PRODUCTS

Abstract. The article presents the main global trends inherent in the modern market of functional and specialized food products. The determinants characterizing the modern market and determining the effective interaction of its main structural elements – supply and demand – are identified. The state of the Belarusian market of specialized dairy-based food products is considered.

Keywords: specialized food products, market, lactose-free dairy products, production, differentiation of demand.

Введение. Рацион питания населения Республики Беларусь характеризуется общими для развитых стран неблагоприятными тенденциями: избыточное потребление соли и насыщенных жиров, недостаток сложных углеводов, превышение нормы потребления свободных сахаров; существенное уменьше-

¹ Материал подготовлен в рамках выполнения задания 7.4 «Научное обоснование эффективных инструментов формирования и функционирования национального рынка специализированных продуктов питания на мясной и молочной основе» подпрограммы «Экономика АПК» (№ ГР 20221848) государственной программы научных исследований на 2021–2025 годы «Сельскохозяйственные технологии и продовольственная безопасность».

ние потребления пищевых волокон, дефицит витаминов и минералов. В связи с чем особую актуальность приобретает проблема формирования продовольственной среды, способствующей разнообразному, сбалансированному и здоровому питанию населения, одним из направлений решения которой является развитие производства, широкое распространение и популяризация среди населения специализированных и функциональных продуктов питания.

В условиях динамично развивающейся мировой индустрии производства специализированных продуктов питания и риска, связанного с расширением поставок крупных мировых производителей на внутренний рынок Беларуси, возникает объективная необходимость формирования и активного развития отечественного рынка специализированных продуктов питания.

Основная часть. Наиболее значимые современные глобальные тенденции, определяющие направления развития рынка специализированных и функциональных продуктов питания, это:

- ежегодный прирост производства функциональных и специализированных продуктов питания на 15–20 %;
- увеличение количества потенциальных потребителей за счет роста числа заболеваний и старения населения;
- повышенный спрос на продукты питания и напитки, которые поддерживают иммунную систему;
- комплексный междисциплинарный характер крупных инновационных разработок, организация и финансирование которых происходит на наднациональном уровне;
- персонализация рационов питания на основе анализов генома и микробиома;
- ориентация значительной части исследовательских работ на развитие общей инновационной инфраструктуры для нужд пищевой индустрии и обеспечения продовольственной безопасности;
- направления формирования здорового образа жизни, в том числе за счет сбалансированного рациона питания, возведено в ранг государственной политики посредством реализации целевых национальных программ по оздоровлению населения.

Ключевыми детерминантами, присущими непосредственно рынку функциональных и специализированных продуктов и определяющими эффективное взаимодействие в данной системе основных структурных элементов (потребителей и производителей), являются следующие группы факторов:

- наличие, применение и развитие инновационных технологий по всему жизненному циклу продукта, включая стадии разработки, производства и продвижения готового продукта к конечному потребителю;
- существующие, а также потенциальные запросы и потребности потребительского рынка на функциональные и специализированные продукты питания;
- наличие, развитие и постоянное совершенствование нормативной правовой базы в области регулирования рынка функциональных и специализированных продуктов питания.

В Республике Беларусь обращение специализированной пищевой продукции попадает в сферу действия Технического регламента Таможенного союза (ТР ТС 027/2012) «О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического лечебного и диетического профилактического питания» (далее – Технический регламент). Объектами технического регулирования настоящего документа являются:

- специализированная пищевая продукция для питания спортсменов,
- специализированная пищевая продукция для питания беременных и кормящих женщин,
- пищевая продукция диетического лечебного и диетического профилактического питания, в том числе для детского питания [1].

В Техническом регламенте (статья 4) представлен перечень видов продукции, которая относится к специализированной. В Беларуси в настоящее время производятся продукты всех 10 групп (табл. 1).

Таблица 1. Специализированная пищевая продукция, производимая в Республике Беларусь (по состоянию на 12 февраля 2024 г.)

Пищевая продукция	Организация-производитель
Диетическое питание: лечебное: – сухая молочная лечебная смесь «Беллакт БЛ»	ОАО «Беллакт»
профилактическое: – молоко сгущенное с фруктозой – молоко частично обезжиренное сгущенное с сахаром – молоко частично обезжиренное сгущенное вареное с сахаром в ассортименте – мороженое без сахара с подсластителем – йогурт Dia Vita	ОАО «Глубокский молочно-консервный комбинат» ОАО «Рогачевский МКК» ОАО «Рогачевский МКК» ОАО «Рогачевский МКК» ОАО «Бабушкина крынка» ОАО «Молочный мир»
Для питания спортсменов: – напиток сухой специализированный для питания спортсменов Genetika – протеиновые каши с молоком – кисломолочный обезжиренный напиток с высоким содержанием белка EXPONENTA	ОАО «Беллакт» ООО «Белтея» ИООО «Горецкий пищевой комбинат»
Для питания беременных и кормящих женщин: – продукт молочный сухой «Беллакт МАМА+»	ОАО «Беллакт»
Энтеральное питание: – смесь сухая для диетического профилактического питания взрослых Nova Vita	ОАО «Кобринский маслодельно-сыродельный завод»

Окончание табл. 1

Пищевая продукция	Организация-производитель
Диабетическое питание: – молоко частично обезжиренное сгущенное стерилизованное со стевией м. д. ж. 6,8 %	ОАО «Глубокский молочно-консервный комбинат»
Низколактозное (безлактозное) питание: – молоко стерилизованное – молоко пастеризованное – молоко ультрапастеризованное – кефир – йогурт – сметана – масло сладкосливочное – мороженное – сыр – творог – сливки пастеризованные – йогурт со сниженным содержанием лактозы – напиток кисломолочный обезжиренный с высоким содержанием белка EXPONENTA – обезжиренный кисломолочный напиток Lgg Exponenta Bio-Skyr	ОАО «Слуцкий сыродельный комбинат» ОАО «Минский молочный завод № 1» ОАО «Слуцкий сыродельный комбинат» СОАО «Ляховичский молочный завод» ОАО «Бабушкина крынка» ОАО «Слуцкий сыродельный комбинат» ОАО «Бабушкина крынка» ИООО «Горецкий пищевой комбинат» ОАО «Слуцкий сыродельный комбинат» ОАО «Слуцкий сыродельный комбинат» ОАО «Молочные горки» ОАО «Слуцкий сыродельный комбинат» ОАО «Минский молочный завод № 1» ОАО «Молочный мир» ОАО «Молочный мир» ОАО «Молочные горки» ОАО «Минский молочный завод № 1» СОАО «Ляховичский молочный завод» ОАО «Молочный мир» ИООО «Горецкий пищевой комбинат»
Антирефлюксные смеси: – смесь сухая молочная антирефлюксная с бифидобактериями «Беллакт Антирефлюксный Active»	ОАО «Беллакт»
Смеси для питания недоношенных и (или) маловесных детей: – сухая молочная смесь для вскармливания недоношенных детей «Беллакт-ПРЕ»	ОАО «Беллакт»
Без (или с низким содержанием) отдельных аминокислот: – растительно-мясные консервы со сниженным содержанием финилаланина – сосиски с пониженным содержание фенилаланина – продукт молочный сухой с пониженным содержанием белка	ОАО «Оршанский мясоконсервный комбинат» ОАО «Оршанский мясоконсервный комбинат» РУП «Институт мясо-молочной промышленности»

Однако шесть из десяти групп представлены только одним продуктом и одним производителем:

- 1. Пищевая продукция диетического лечебного питания:
 - сухая молочная лечебная смесь «Беллакт БЛ» (ОАО «Беллакт»).
- 2. Пищевая продукция для питания беременных и кормящих женщин:
 - продукт молочный сухой «Беллакт МАМА+» (ОАО «Беллакт»).
- 3. Пищевая продукция энтерального питания:
 - смесь сухая для диетического профилактического питания взрослых Nova Vita (ОАО «Кобринский маслодельно-сыродельный завод»).
- 4. Пищевая продукция диабетического питания:
 - молоко частично обезжиренное сгущенное стерилизованное со стевией с массовой долей жира (м. д. ж.) 6,8 % (ОАО «Глубокский молочно-консервный комбинат»).
- 5. Антирефлюксные смеси:
 - смесь сухая молочная антирефлюксная с бифидобактериями «Беллакт Антирефлюксный Active» (ОАО «Беллакт»).
- 6. Смеси для питания недоношенных и (или) маловесных детей:
 - сухая молочная смесь для вскармливания недоношенных детей «Беллакт-ПРЕ» (ОАО «Беллакт»).

Наиболее динамично в стране развивается производство безлактозной и низколактозной молочной продукции. По состоянию на начало 2024 г. был освоен выпуск 14 видов продукции на семи предприятиях республики (табл. 2).

Таблица 2. Ассортимент и производители безлактозной (низколактозной) продукции в Республике Беларусь (по состоянию на 12 апреля 2024 г.)

Продукция	ОАО «Слуцкий сыродельный комбинат»	ОАО «Минский молочный завод № 1»	ОАО «Молочный мир»	ОАО «Молочные горки»	ОАО «Ляховичский молочный завод»	ИООО «Горещий пищевой комбинат»	ОАО «Бабушкина крынка»
Молоко стерилизованное	+	+	–	–	–	–	–
Молоко пастеризованное	+	–	–	–	+	–	–
Молоко ультрапастеризованное	–	–	–	–	–	–	+
Кефир	+	–	–	–	–	+	+
Йогурт	+	–	–	–	–	–	–
Сметана	+	+	–	+	–	–	–
Масло сладкосливочное	+	+	–	–	–	–	–
Мороженное	–	–	+	–	–	–	–
Сыр	–	–	+	–	–	–	–
Творог	–	+	–	+	–	–	–
Сливки пастеризованные	–	–	–	–	+	–	–
Йогурт со сниженным содержанием лактозы	–	–	+	–	–	–	–

Окончание табл. 2

Продукция	ОАО «Слуцкий сыродельный комбинат»	ОАО «Минский молочный завод № 1»	ОАО «Молочный мир»	ОАО «Молочные горки»	СООО «Ляховичский молочный завод»	ИООО «Горецкий пищевой комбинат»	ОАО «Бабушкина крынка»
Обезжиренный кисло-молочный напиток Exponenta High-Pro	–	–	–	–	–	+	–
Обезжиренный кисло-молочный напиток Lgg Exponenta Bio-Skyr	–	–	–	–	–	+	–

Широкая линейка продуктов (6 видов) производится на ОАО «Слуцкий сыродельный комбинат», 4 вида – на ОАО «Минский молочный завод № 1», по 3 вида – на ОАО «Молочный мир» и ИООО «Горецкий пищевой комбинат», по 2 вида – на ОАО «Молочные горки», СООО «Ляховичский молочный завод» и ОАО «Бабушкина крынка».

На конец 2023 г. производство всех видов молока составило около 1900 т, кефира – 170 т, что соответственно на 87 и 167 % больше, чем в 2022 г. Выпуск остальной продукции был освоен в 2023 г. (табл. 3).

Таблица 3. Производство в Республике Беларусь безлактозной молочной продукции, т (по состоянию на 12 апреля 2024 г.)

Продукция	2022 г.	2023 г.	
		январь–август	январь–декабрь
Молоко (стерилизованное, пастеризованное, ультрапастеризованное)	1007,0	1076,7	1888,9
Кефир	63,8	123,3	170,8
Йогурт	–	5,6 (май–август)	11,9
Мороженое	–	10,0	13,0
Масло сладкосливочное	–	3,7	20,0
Сметана	–	–	35,9
Сыр	–	–	1,7
Сливки	–	–	22,0
Творог	–	–	56,0
Йогурт низколактозный	–	–	52,3

Справочно: первичная лактозная недостаточность среди восточных славян встречается у 16–18 % населения [ГНУ «Институт генетики и цитологии Национальной академии наук Беларуси», <https://igc.by/ru>].

Увеличение объемов выпуска и расширение ассортимента позволило увеличить до 2,5 кг производство безлактозной молочной продукции в расчете на душу населения, страдающего непереносимостью лактозы. Вместе с тем относительно рациональной нормы потребления молока, которая составляет

389 кг, уровень производства безлактозной молочной продукции составляет менее 1 % от потребности [2].

Результаты анализа розничных цен на безлактозную и традиционную молочную продукцию, представленную в магазинах г. Минска, показали, что на большинство видов безлактозной продукции цены выше, чем на традиционную. Так, цены на молоко по состоянию на 12 апреля 2024 г. были на 10 % выше, кефир – на 17 %, сметану – на 11 %, сливки – на 35 %. На такие категории, как творог и йогурт, средние цены безлактозной продукции и традиционной на дату анализа не отличались.

Мировой рынок безлактозной молочной продукции демонстрирует активный рост спроса на 8,7 % ежегодно, значительно опережая классическую молочную линейку. Специалисты отмечают, что безлактозная молочная продукция перестала быть нишевым продуктом и перешла в категорию повышенного спроса, обогнав по темпам прироста классическую молочную линейку (2,3 %). Среди причин для роста категории эксперты называют как потребительские тренды, так и желание производителей развивать выпуск такой продукции [3].

Тенденции, характеризующие белорусский рынок безлактозной молочной продукции, сопоставимы с мировыми. В Беларуси, как и в мире в целом, самая крупная категория безлактозных молочных продуктов – питьевое молоко, вторая категория – йогурты. Специалисты также прогнозируют рост спроса и продаж безлактозного сыра.

Рассматривая перспективы формирования и эффективного развития сегмента рынка безлактозной молочной продукции, следует отметить, что в настоящее время не существует международных соглашений, определяющих предельную концентрацию лактозы, ниже которой молочные продукты определяются как безлактозные. Нет юридически определенных пределов концентрации лактозы или правил, регулирующих оборот безлактозных продуктов, ни в законодательстве США, ни в законодательстве ЕС, за исключением детской смеси, в которой лактозы не должно быть более 610 мг/100 ккал. Ряд государств ЕС на национальном уровне установили пороговые значения для использования терминов «безлактозный», «очень низкий уровень лактозы» и «низкий уровень лактозы» для различных пищевых продуктов, которые варьируются от 0,01 г/100 г до 0,1 г/100 г конечного продукта. Концентрация <0,01 % обычно принимается как «безлактозный». Согласно положениям Технического регламента Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции» (ТР ТС 033/2013) безлактозная молочная продукция должна содержать не более 0,1 г лактозы на 1 л молока [4, 5].

Цель и задачи формирования рынка специализированной пищевой продукции затрагивают интересы населения, коммерческих, академических и государственных структур, которые обеспечивают регулируемую функцию. Среди представленных выше групп продуктов специализированного питания абсолютно четко выделяются сегменты, для которых необходимы дифферен-

цированные стратегии формирования спроса на уровне государственной политики. В первую очередь к таким продуктам относятся пищевая продукция для питания беременных и кормящих женщин, а также пищевая продукция без (или с низким содержанием) отдельных аминокислот.

Заключение. Разработка и продвижение специализированных пищевых продуктов – это сложный, дорогой и сопряженный с рисками процесс. Для успешного представления и закрепления продукта на рынке необходимо учитывать потребительские требования, технологические и технические условия в рамках действующей законодательной системы страны. Это многоэтапный процесс, затрагивающий интересы населения, коммерческих, академических и государственных структур.

Основными направлениями развития эффективного рынка специализированных продуктов питания являются: формирование механизма регулирования направлений товарной политики, включая доведение специализированного продукта до потребителя, его информативность и элементы стимулирования сбыта; разработка методологических подходов к системному мониторингу состояния спроса и потребностей населения в данных продуктах, а также подходов к подготовке сбалансированного устойчивого предложения.

Список использованных источников

1. О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического лечебного и диетического профилактического питания : ТР ТС 027/2012 : принят 15.06.2012 : вступ. в силу 01.07.2013 / Евраз. экон. комис. – М., 2012. – 21 с.
2. О Доктрине национальной продовольственной безопасности Республики Беларусь до 2030 года [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 15 дек. 2017 г., № 962 // КонсультантПлюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2024.
3. Как развивается рынок безлактозного молока в России и мире [Электронный ресурс] // Milknews. – 2024. – Режим доступа: <https://milknews.ru/longridy/bezlaktoznoye-moloko.html>. – Дата доступа: 17.07.2024.
4. О безопасности молока и молочной продукции (с изменениями от 15 июля 2022 г.) [Электронный ресурс] : ТР ТС 033/2013 : принят 09.10.2013 : вступ. в силу 01.05.2014 / Евраз. экон. комис. – Режим доступа: <https://eec.eaeunion.org/comission/departament/deptexreg/tr/trts-033.php>. – Дата доступа: 17.07.2024.
5. Aggrawal, M. Determination of Lactose in Lactose-Free Dairy Products Using HPAE Coupled to PAD and MS Dual Detection / M. Aggrawal, J. Rohrer // Thermo Fisher Scientific Inc. [Electronic resource]. – Mode of access: <https://assets.thermofisher.com/TFS-Assets/CMD/Application-Notes/an-72780-ic-ms-lactose-free-dairy-an72780-en.pdf/>. – Date of access: 01.05.2024.

УДК 633.854.54:664.87

**Л. В. Гапонова, кандидат технических наук;
Т. А. Полежаева, кандидат технических наук;
Г. А. Матвеева**

*Всероссийский научно-исследовательский институт жиров,
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация*

БИОТЕХНОЛОГИЯ В КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ МАСЛИЧНОГО СЫРЬЯ

Аннотация. В статье приводятся данные о влиянии ферментативной обработки на свойства продуктов, полученных из масличного сырья. Представлены результаты исследований одновременного получения белка и масла из масличных культур путем ферментативной обработки водно-жировой эмульсии измельченных семян масличных растений целлюлитическими ферментами с последующим разделением ее на соответствующие фазы с помощью декантера. Обоснована целесообразность использования ферментов, позволяющих получить белковую и жировую фракции повышенной биологической ценности за счет ведения технологического процесса в мягких условиях без применения химических растворителей.

Ключевые слова: биотехнология, масличные культуры, ферментативная обработка, специализированное, одновременное получение масла и белка, «зелёные технологии».

**L. V. Gaponova, Candidate of Technical Sciences;
T. A. Polezhaeva, Candidate of Technical Sciences;
G. A. Matveeva**

*All-Russian Scientific Research Institute of Fats,
Saint Petersburg, Russian Federation*

BIOTECHNOLOGY IN THE COMPLEX PROCESSING OF OILSEEDS

Abstract. The article provides data on the effect of enzymatic processing on the properties of products obtained from oilseeds. The results of studies on the simultaneous production of protein and oil from oilseeds by enzymatic treatment of the water-fat emulsion of crushed oilseeds with cellulotic enzymes, followed by its separation into appropriate phases using a decanter, are presented. The expediency of using enzymes that make it possible to obtain protein and fat fractions of increased biological value by conducting the technological process in mild conditions without the use of chemical solvents is substantiated.

Keywords: biotechnology, oilseeds, enzymatic processing, simultaneous production of oil and protein, green technologies.

Развитие биотехнологии открыло широкие возможности использования ее достижений в различных отраслях промышленности, в том числе в пищевой индустрии.

Применительно к масложировой промышленности было показано, что экстракция измельченного масличного сырья при температурах от 25 до 70 °С

в водной среде в присутствии одного или более соответствующих ферментов позволяет увеличить выход растительного масла и к тому же получить ценную белковую фракцию с низкой степенью денатурации по сравнению с протеинами, полученными в результате постадийной экстракции с применением высоких температур, кислот и щелочей. Полученные по данной технологии масла и белковые концентраты должны, в первую очередь, использоваться в продуктах лечебно-профилактического и детского питания, например, сухие питательные смеси с изолятами растительных белков, смеси для коктейлей и мороженого, сухие злаковые концентраты, полуфабрикаты для питания различных групп населения, в том числе школьного, высококачественные растительные масла и смеси растительных масел, обогащенные витаминами

В настоящее время разработаны технологии и широкий ассортимент биологически полноценных масел, маргариновой продукции с повышенной пищевой ценностью. Статистические данные свидетельствуют о том, что традиционные способы очистки масел и жиров – гидратация и щелочная рафинация не всегда обеспечивают достаточную полноту извлечения примесей и связаны со значительными потерями сырья и отходами жиров (масел). Инновационные технологии в данной области основаны на ферментных препаратах. В отличие от химических катализаторов, ферменты являются природными катализаторами, которые работают при низкой температуре и умеренных значениях pH.

Масличные культуры (соя, подсолнечник, арахис, хлопок, рапс и др.) являются основным сырьем для производства пищевых растительных масел. Кроме того, некоторые культуры представляют важную питательную ценность как источники растительного белка. Для промышленной переработки масличного сырья используют механический отжим и экстракцию растворителем. Оба этих процесса вызывают денатурацию протеинов, тем самым снижая растворимость экстрагированного белка и ограничивая возможность его использования в пищевых продуктах. Во ВНИИЖ разработана технология одновременного получения масла и белка водной экстракцией с применением биотехнологических методов [1]. Способ одновременного получения масла и белка из семян с использованием ферментативного гидролиза открывает широкие возможности для получения биологически ценных компонентов, прежде всего белка и масел практически из любого сырья, в том числе из нетрадиционного, например, из семян бахчевых (дыни, арбузы), одновременно максимально сохраняя все полезные свойства исходного сырья.

Масличное сырье, например, семена сои, измельчают в водной среде при температуре 47–55 °С до частиц размером 100–200 мк. В полученную суспензию добавляют фермент класса целлюлаз, например, целлюлазу П10Х.

Целлюлаза (Cellulase) – это фермент комплексного целлюлозолитического действия, катализирует гидролиз бета-1,4-гликозидных связей в целлюлозе, расщепляя молекулу целлюлозы на моносахариды (простые сахара), такие как бета-глюкоза, или более короткие полисахариды и олигосахариды.

Экстракция проходит при оптимуме температур 50–60 °С и pH 4,8–6,0. По окончании экстракционную смесь разделяют на три фракции на трикантире: масло, водная фракция, нерастворимый остаток. Масло декантируют, а нерастворимый остаток отделяют от водной фазы. Нерастворимый остаток является белковым концентратом и подается на сушку после предварительной нейтрализации, либо обрабатывается кислыми протеазами или подвергается дополнительной очистке для получения изолята белка.

Примеры осуществления способа в сравнении с контролем, представляющим образцы белка и масла, полученные по традиционной технологии, приведены в табл. 1.

Таблица 1. Примеры осуществления способа

Пример осуществления	Степень измельчения	Выход масла	Содержание протеина
1 (контроль)	–	63,63	33,6
2	100	93,4	54,6
3	150	93,72	54,8
4	200	93,76	54,8
5	90	90,2	50,4
6	220	85,6	48,2

Как видно из табл. 1, измельчение масличного сырья в водной среде до частиц размеров 100–200 мк (примеры 1, 3 и 4) дает значительное увеличение выхода масла и белка. При степени измельчения ниже 100 мк или выше 200 мк выход масла и белка снижается.

Ферменты являются идеальными катализаторами для извлечения, модификации или синтеза сложных биологически активных соединений природного происхождения. Экстракция с помощью ферментов основана на присущей им способности катализировать реакции с исключительной специфичностью и в проявлении функциональных свойств в мягких условиях обработки в водных растворах [2]. При этом для получения высоких результатов следует учитывать такие параметры, как специфичность фермента, активность, ботаническое происхождение, pH, соотношение фермент и субстрат, температура и время воздействия [3, 4].

Ферменты способны разрушать специфические связи и взаимодействия в клеточных стенках и мембранах, что приводит к более высоким выходам биоактивных веществ при экстракции [5].

Существуют следующие основные правила и условия использования ферментов: поддержание оптимальной температуры и pH среды, обеспечивающей максимальную активность фермента, что достигается с помощью регулярной проверки температурных датчиков и ежедневной калибровки pH-метра по чистым растворам; измельчение и дробление материала, подлежащего ферментативной обработке, поскольку увеличение площади поверхности повышает степень доступности молекул субстрата для действия фермента; контроль за расходом фермента с целью установления оптимальной дозы фермен-

та для конкретных параметров технологического процесса и используемого сырья, причем при автоматической дозировке ферментного препарата следует сверить действительный расход с показаниями системы и проверить, какой фермент дозирует система [6].

Ферментативная экстракция принадлежит к экологически чистым технологиям, поскольку использует воду в качестве экстрагента полезных веществ (масла, белка и др.) из семян масличных. При этом образуется эмульсия за счет диффундирования водорастворимых компонентов (белков, азотистых соединений) в водную среду [7]. На последующей стадии для выделения масла требуется деэмульгирование (дестабилизация) образовавшейся эмульсии, что достигается использованием соответствующих ферментов (например, протеиназ) или применением экологически чистых растворителей.

В табл. 2 приведены преимущества водно-ферментативной экстракции по сравнению с экстракцией растворителем.

Таблица 2. Преимущества водно-ферментативной экстракции по сравнению с экстракцией растворителем

Параметр	Экстракция растворителем	Водно-ферментативная экстракция
Природа процесса	Вредное воздействие на окружающую среду	Экологически безопасная технология
Токсичность	н-Гексан токсичен	Отсутствие токсичности
Энергетические затраты	Энергоемкий процесс	Низкие энергетические затраты
Качество продуктов (масла, белка, фосфолипидов и др.)	Ухудшение качества из-за воздействия высоких температур	Сохранение нативных свойств извлекаемых соединений
Гидратация	Требуется для удаления фосфолипидов	Не требуется

При выборе ферментов для ферментативной обработки масличного сырья требуется учитывать состав и структуру масличных семян, подготовку масличного сырья (например, шелушение семян и их измельчение), условия эксперимента и технологического процесса (температура, давление, продолжительность, реакция среды), параметры которого в идеале должны соответствовать оптимальной области работы фермента. Для культур с высоким содержанием белка (соя) наибольший выход масла (до 88 %) наблюдается при использовании алкалазы (щелочной протеиназы), поскольку этот фермент обеспечивает гидролиз белка и дестабилизацию образующейся при водно-ферментативной экстракции эмульсии [8–10]. Увеличение выхода масла (до 85,9 %) для семян рапса обеспечивалось использованием при водно-ферментативной экстракции пектиназы, что объясняется высоким содержанием пектина в клеточной стенке [11]. Использование комбинации полигалактуразы, альфа-амилазы и протеиназы при обработке кокоса позволили достичь 80 % выхода масла [12].

В табл. 3 приводятся примеры использования ферментов для водно-ферментативной экстракции масличного сырья, обеспечивающие достаточно высокий выход масла.

Таблица 3. Ферменты, используемые для водно-ферментативной экстракции различных видов масличного сырья [12]

Вид масличного сырья	Используемые ферменты
Плоды пальмы	Комбинация пектиназы, целлюлазы и танназы или танназа
Плоды арахиса измельченные	Алкалаза (щелочная протеиназа) или комбинация целлюлазы и протеиназы
Семена рапса измельченные	Пектиназа или комбинация пектиназы, целлюлазы и бета-глюканазы в соотношении 4:1:1
Соевые семена измельченные	Алкалаза (щелочная протеиназа) или комбинация целлюлазы и протеиназы
Семена подсолнечника измельченные	Целлюлаза и гемицеллюлаза и комбинация их с протеиназами
Кокос измельченный	Комбинация бета-глюканазы, пектиназы, альфа-амилазы и протеиназы
Авокадо	Альфа-амилаза

Перечислим основные факторы, влияющие на выход масла при водно-ферментативной экстракции:

- предварительное шелушение и измельчение масличного сырья для разрушения клеточных компонентов и высвобождения масла и увеличения доступности субстрата для фермента (масличный материал с высоким содержанием влаги (например, кокос) можно измельчать во влажном состоянии) [13];

- предварительная температурная обработка масличного сырья в том случае, если оно содержит ингибиторы ферментов (например, ингибитор трипсина в семенах сои) [9];

- активная кислотность, соответствующая максимальной активности фермента, причем желательно проводить процесс вдали от изоэлектрической точки белка, так как коагуляция белка затрудняет процесс извлечения масла [14, 15];

- температура ферментативной обработки, которая, с одной стороны, должна соответствовать оптимальной области работы фермента, а, с другой стороны, не приводить к изменению свойств масличного сырья (денатурация белка, окисление и др.) [15, 16];

- соотношение фермента и субстрата должно обеспечивать насыщение активных центров субстрата, причем избыток фермента может приводить к ухудшению органолептических показателей продуктов ферментативной обработки, а также повысить их себестоимость из-за относительно высокой стоимости ферментных препаратов [17, 18];

- оптимальное значение гидромодуля (соотношения масличного сырья и воды), поскольку в излишне густой суспензии действие фермента затруднено, а при сильном разбавлении активность его и скорость реакции могут снижаться [19, 20].

- выбор оптимального режима встряхивания и перемешивания, поскольку равномерное перемешивание ферментируемой суспензии является необходимым для осуществления ферментации, но, в то же время, слишком интенсив-

ное воздействие повышает стабильность образующейся эмульсии и повышает энергозатраты производства [21].

Одной из проблем широкого внедрения водно-ферментативной экстракции в масложировой отрасли является достаточно высокая стоимость производства ферментов и относительно низкое качество отечественных ферментных препаратов по сравнению с зарубежными аналогами. В настоящее время эта проблема постепенно решается за счет расширения отечественного рынка высококачественных ферментных препаратов [22].

С целью снижения затрат на используемые ферментные препараты рекомендуется использование иммобилизованных форм ферментов, благодаря чему возможно многократное применение одного и того же фермента в производственном цикле одновременного извлечения белка и масла [23–25].

В целом, процесс водно-ферментативного одновременного извлечения масла и белка является экономически более выгодным по сравнению с экстракцией растворителем, поскольку является энергосберегающим, а также позволяет снизить затраты на мониторинг процесса экстракции на предмет выброса вредных для окружающей среды летучих соединений [26–28].

В заключение, следует подчеркнуть, что экологически чистые «зелёные технологии» извлечения масла и белка из масличных культур все более востребованы в агропромышленном секторе, поскольку они позволяют решить проблемы сохранения окружающей среды и здоровья населения, а также снизить энергетические затраты на производство.

Список использованных источников

1. Способ одновременного получения масла и белка из масличного сырья : RU 94 038 097 A1 : В. В. Ключкин, Л. В. Гапонова, О. В. Константинова, Т. Т. Логвинова. – Оpubл. 27.10.1996.
2. Foods for Special Dietary Needs: Non-dairy Plant-based Milk Substitutes and Fermented Dairy-type Products / O. E. Mäkinen [et al.] // Crit. Rev. Food Sci. Nutr. – 2016. – Vol. 56, № 3. – P. 339–349.
3. Plant-based beverages: Ecofriendly technologies in the production process / C. B. Penha [et al.] // Innov. Food Sci. Emerg. Technol. – 2021. – Vol. 72, № 4. – P. 102760.
4. Технология и оборудование биотехнологической переработки злаковых культур / В. Н. Невзоров [и др.]. – Красноярск : Красноярский гос. аграрный ун-т, 2019. – 148 с.
5. Dual enzyme modified oat starch: Structural characterisation, rheological properties, and digestibility in simulated GI tract/ A. Shah [et al.] // Int. J. Biol. Macromol. – 2018. – Vol. 106. – P. 140–147.
6. Ферментные препараты и биокаталитические процессы в пищевой промышленности / Л. В. Римарева // Вопросы питания. – 2017. – Т. 86, № 5. – С. 62–74.
7. Evaluation of alternative solvents for improvement of oil extraction from rapeseeds / Y. Li [et al.] // C. R. Chimie. – 2014. – Vol. 17, iss. 3. – P. 242–251.
8. Wu, J. Demulsification of oil-rich emulsion from enzyme-assisted aqueous extraction of extruded soybean flakes / J. Wu, L. A. Johnson, S. Jung // Bioresour Technol. – 2009. – № 100. – P. 527–533.
9. Combined effect of operational variables and enzyme activity on aqueous enzymatic extraction of oil & protein from soybean / A. Rosenthal [et al.] // Enzyme Microb. Technol. – 2001. – № 28. – P. 499–509.

10. Jung, S. Factors affecting emulsion stability and quality of oil recovered from enzyme assisted aqueous extraction of soybeans / S. Jung, D. Maurer, L. A. Johnson // *Bioresour. Technol.* – 2009. – № 100. – P. 5340–5347.
11. Lamsal, B. P. Flaking and extrusion as mechanical treatments for enzyme-assisted aqueous extraction of oil from soybeans / B. P. Lamsal, P. A. Murphy, L. A. Johnson // *J. Am. Oil. Chem. Soc.* – 2006. – Vol. 83, № 11. – P. 973–979.
12. Kalia, V. C. Using enzymes for oil recovery from edible seeds / V. C. Kalia, L. S. Rashmi, M. N. Gupta // *J. Sci. Ind. Res.* – 2001. – № 60. – P. 298–310.
13. Kumar, S. P. J. Optimization of lipid enriched biomass production from oleaginous fungus using response surface methodology / S. P. J. Kumar, R. Banerjee // *Indian J. Exp. Biol.* – 2013. – № 51. – P. 979–983.
14. Aqueous extraction: an alternative oilseed milling process / C. M. Cater [et al.] // *J. Am. Oil. Chem. Soc.* – 2004. – Vol. 51, № 4. – P. 137–140.
15. Hagenrainer, R. Aqueous processing of full-fat sunflower seeds yields of oil and protein// R. Hagenrainer // *J. Am. Oil. Chem. Soc.* – 1994. – Vol. 51, № 10. – P. 470–472.
16. On the use of enzymes for vegetable-oil extraction, a preliminary report / A. Lanzani [et al.] // *RivItal Sostanze Grasse.* – 2005. – Vol. 11. – P. 226–229.
17. Production of oil and protein food products from raw peanuts by aqueous extraction and ultrafiltration / J. T. Lawhon [et al.] // *J. Food Sci.* – 2001. – Vol. 46. – P. 391–395.
18. Zuniga, M. E. Enzymic pre-treatment of Guevina avellanamol oil extraction by pressing / M. E. Zuniga, C. Soto, A. Mora // *Process Biochem.* – 2003. – Vol. 39. – P. 51–57.
19. Sharma, A. Enzyme-assisted aqueous extraction of peanut oil / A. Sharma, S. K. Khare, M. N. Gupta // *J. Am. Oil. Chem. Soc.* – 2003. – Vol. 79, № 3. – P. 215–218.
20. Simultaneous extraction of oil and antioxidant compounds from oil palm fruit (*Elaeis guineensis*) by an aqueous enzymatic process / C. B. Teixeira [et al.] // *Bioresource Technol.* – 2013. – Vol. 129. – P. 575–581.
21. Aqueous enzymatic extraction of peanut oil and protein hydrolysates/ L. Jiang [et al.] // *Food Bioprod Process.* – 2010. – Vol. 88. – P. 233–238.
22. Ферменты промышленного назначения – обзор рынка ферментных препаратов и перспективы его развития / А. А. Толкачева [и др.] // *Вестн. ВГУИТ.* – 2017. – Т. 79, № 4. – С. 197–203.
23. Ethanolic extraction of sunflower oil in a pulsing extractor / J. Sineiro [et al.] // *J. Am. Oil. Chem. Soc.* – 1998. – Vol. 75. – P. 753–754.
24. Use of enzymes to enhance oil recovery during aqueous extraction of *Moringa oleifera* seed oil / S. M. Abdulkarim [et al.] // *J. Food Lipids.* – 2006. – Vol. 13. – P. 113–130.
25. Physicochemical properties and bioactive compounds of selected seed oils / K. L. Nyam [et al.] // *LWT Food Sci. Technol.* – 2009. – Vol. 42. – P. 1396–1403.
26. Roy, I. Smart biocatalysts: design and applications / I. Roy, S. Sharma, M. N. Gupta // Schep- per T (ed) *Biochem. Eng. J. Springer.* – 2004. – Vol. 12. – P. 159–189.
27. Soto, C. Antioxidant content of oil and defatted meal obtained from borage seeds by an enzymatic-aided cold pressing process / C. Soto, J. Concha, M. E. Zuniga // *Process Biochem.* – 2008. – Vol. 43, № 6. – P. 696–699.
28. Latif, S. Enzyme-assisted aqueous extraction of oil and protein from canola (*Brassica napus* L.) seeds // S. Latif, L. L. Diosady, F. Anwar // *Eur. J. Lipid. Sci. Technol.* – 2008. – Vol. 110. – P. 887–892.

УДК 573.4:54.056

Н. А. Бирюлина;
С. Н. Зорин, кандидат биологических наук;
В. К. Мазо, доктор биологических наук, профессор

*ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания,
биотехнологии и безопасности пищи»,
г. Москва, Российская Федерация*

МОДИФИЦИРОВАННЫЙ МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ КОНЦЕНТРАТА С ВЫСОКИМ СУММАРНЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ФИКОЦИАНИНОВ ИЗ БИОМАССЫ *ARTHROSPIRA PLATENSIS*

Аннотация. Широкий спектр биологической активности, проявляемый экстрактами с высоким содержанием фикоцианинов, определяет перспективы их использования в качестве биологически активных добавок к пище и ингредиентов специализированных пищевых продуктов. Использование мембранных технологий, в частности последовательных стадий микрофильтрации и ультрафильтрации, позволяет избежать трудоемких стадий сульфатно-аммонийного осаждения белка и интенсифицировать процесс получения концентратов фикоцианинов. В данной работе модифицирован и апробирован способ концентрирования и очистки фикоцианинов из биомассы *Arthrospira platensis*. Получен концентрат с высоким содержанием фикоцианинов и степенью чистоты, позволяющей его использование в составе пищевой продукции. Содержание С-фикоцианина и аллофикоцианина в сухом концентрате составило $(63,6 \pm 1,0) \%$ и $(4,3 \pm 0,4) \%$ соответственно, степень чистоты – 2,70.

Ключевые слова: биомасса *Arthrospira platensis*, С-фикоцианин, аллофикоцианин, экстракция, ультрафильтрация, микрофильтрация, концентрат.

N. A. Biryulina;
S. N. Zorin, Candidate of Biological Sciences;
V. K. Mazo, Doctor of Biological Sciences, Professor

*FSBOS "Federal Research Center of Nutrition, Biotechnology and Food Safety",
Moscow, Russian Federation*

MODIFIED METHOD FOR OBTAINING A CONCENTRATE WITH HIGH TOTAL PHYCOCYANIN CONTENT FROM ARTHROSPIRA PLATENSIS BIOMASS

Abstract. A wide range of biological activity exhibited by extracts with a high content of phycocyanins determines the prospects for their use as biologically active food supplements and ingredients of specialized food products. The use of membrane technologies, in particular successive stages of microfiltration and ultrafiltration, allows to avoid labor-intensive stages of sulfate-ammonium precipitation of protein and intensify the process of obtaining phycocyanin concentrates. In this work, a method for concentrating and purifying phycocyanins from *Arthrospira platensis* biomass was modified and tested. A concentrate with a high content of phycocyanins and a degree of purity al-

lowing its use in food products was obtained. The content of C-phycoerythrin and allophycoerythrin in the dry concentrate was $(63,6 \pm 1,0) \%$ and $(4,3 \pm 0,4) \%$, respectively, the degree of purity was – 2,70.

Keywords: biomass of *Arthrospira platensis*, C-phycoerythrin, allophycoerythrin, extraction, ultrafiltration, microfiltration, concentrate.

Введение. Биомасса *Arthrospira platensis* (*A. platensis*) имеет длительную историю потребления в пищу, однако недостаточно удовлетворительные органолептические свойства биомассы *A. platensis* (выраженный горький вкус) лимитируют ее использование как источника фикоцианинов в составе специализированной пищевой продукции. Разрабатываемые методы экстракции и последующих стадий очистки фикоцианинов из биомассы *A. platensis* позволяют получать концентраты этих фикоцианобиллинов для использования в составе пищевых ингредиентов многоцелевого назначения [1–3]. Повышение степени чистоты концентратов фикоцианинов расширяет перспективы их использования в качестве пищевого красителя Е160а, биологически активных добавок к пище и ингредиентов специализированной пищевой продукции, обладающих иммуномодулирующими свойствами и повышающих устойчивость организма человека к вирусным инфекциям. Очевидна значимость обеспечения оптимального пищевого статуса, отвечающего потребностям организма человека не только в макро- и микронутриентах, но и в минорных биологически активных веществах (БАВ) пищи, для поддержания гуморального и клеточного звеньев иммунной системы.

Анализ научных публикаций за два последних десятилетия свидетельствует о перспективности использования для профилактики и диетотерапии вирусных инфекций биллипротеинов, входящих в состав биомассы цианобактерий [4, 5]. В цианобактериях фикобиллипротеины можно разделить на четыре основных класса согласно длинам волн, соответствующих максимумам поглощения этих белков: аллофикоцианин 650–660 нм, фикоцианин 610–625 нм, фикоэритрин 490–570 нм и фикоэритроцианин 560–600 нм [6]. Фикобиллипротеины состоят из ряда субъединиц, каждая из которых имеет белковую основу и связанный с ней ковалентной связью хромофор – фикобилин. Отличительной особенностью пищевой цианобактерии *A. platensis*, определяющей высокую пищевую и биологическую ценность ее состава, является содержание белка, которое в ее высушенной биомассе может достигать 75 %. Около 50 % от общего содержания всех белков биомассы *A. platensis* составляют фикоцианины (С-фикоцианин и аллофикоцианин): содержащие в своем составе фикоцианобилины – тетрапиррольные хромофоры, ковалентно связанные тиоидной связью с белковыми цепями этих фикобиллипротеинов [7].

В экспериментальных тестированиях *in vivo* и клинических испытаниях активно исследуются антиоксидантные, противовоспалительные, иммуномодулирующие и нейропротекторные свойства фикоцианинов [8–10]. Установлены различные благоприятные эффекты потребления пищевой продукции, содержащей фикоцианины [11–13].

В предыдущей работе нами был получен сухой концентрат фикоцианинов *A. platensis*, со степенью чистоты, равной 2, и суммарным содержанием С-фикоцианина (С-ФКЦ) и аллофикоцианина (А-ФКЦ) около 50 % в пересчете на белок [14].

Целью данного исследования стала модификация использованного технологического подхода для получения концентрата с более высоким суммарным содержанием фикоцианинов и степенью их чистоты.

Материалы и методы исследования. Объектом исследования являлся предоставленный научно-производственным объединением «Биосоляр МГУ» образец сухой биомассы *A. platensis*, полученной культивированием в закрытой теплице при искусственном освещении, собранной, сконцентрированной, промытой и лиофильно высушенной.

На первом этапе получения концентрата биомассу *A. platensis* предварительно измельчали в лабораторном блендере («WARING», США) до порошкообразного состояния с размерами частиц менее 0,5 мм. Экстракцию 200 г биомассы *A. platensis* с 2000 см³ 0,1 М калийфосфатного буфера pH 7,0 проводили в течение 3 ч при температуре +40 °С на водяной бане при постоянном перемешивании. Образовавшуюся суспензию центрифугировали (центрифуга Beckman J-6B, США) при 4000 об/мин в течение 30 мин. Супернатант отделяли от осадка методом декантирования, повторно экстрагировали осадок по аналогичной схеме, экстракты объединяли. Полученный раствор последовательно (дважды) микрофильтровали в тангенциальном потоке через мембрану с размерами пор 0,2 мкм на установке для микро- и ультрафильтрации на базе фильтродержателя АСФ-018 с мембранами на основе полиэфирсульфона («Владисарт», РФ) и отбирали после второй микрофильтрации пермеат. Затем пермеат концентрировали обратным осмосом на установке с фильтром рулонным мембранным УРФ-1812, и подвергали ультрафильтрации через мембрану с диаметром пор 50кДа. Отобранный ретентат лиофильно высушивали на установке ЛС-500 («ПРОИНТЕХ», РФ), получая конечный продукт – концентрат фикоцианинов.

В аликвотах высушенных образцов экстракта, пермеата и концентрата фикоцианинов определяли содержание общего белка по ГОСТ 26889-86 «Продукты пищевые и вкусовые. Общие указания по определению содержания азота методом Кьельдаля». Количественно оценивали содержание С-ФКЦ и А-ФКЦ, определяя оптическую плотность (ОП) растворов образцов при длинах волн 620 нм и 655 нм и используя для расчета формулы (1) и (2) [15]:

$$\text{Содержание С-ФКЦ} = \frac{(0,154 \cdot \text{ОП}_{620} - 0,1 \cdot \text{ОП}_{655})}{m \cdot (1 - k) \cdot l} \cdot V \cdot 100 \%, \quad (1)$$

$$\text{Содержание А-ФКЦ} = \frac{(0,194 \cdot \text{ОП}_{655} - 0,034 \cdot \text{ОП}_{620})}{m \cdot (1 - k) \cdot l} \cdot V \cdot 100 \%, \quad (2)$$

где V – объем объединенного экстракта, см³; m – масса навески, мг; k – массовая доля воды в пробе; l – длина оптического пути, см.

Степень чистоты образцов рассчитывали по соотношению удельных оптических плотностей их растворов при длинах волн 620 нм и 280 нм (ОП620/ОП280).

Статистический анализ. Статистическую обработку данных проводили с использованием программного пакета IBM SPSS Statistics 20 (IBM, США). Для оценки различий использовался однофакторный дисперсионный анализ ANOVA. В случае отклонения нулевой гипотезы применялся метод множественного сравнения средних – критерий Тьюки (q-тест). Вычисляли среднее значение (M) и стандартную ошибку среднего (SEM); данные представлены в виде $M \pm SEM$. Критический уровень значимости нулевой статистической гипотезы (p) принимали равным 0,05.

Результаты и их обсуждение. Результаты, представленные в таблице, свидетельствуют о том, что при использовании модифицированного нами метода в пермеате содержание белка повышается в 1,7 раза, а суммарное содержание фикоцианинов – в 4,2 раза. Последующая ультрафильтрация пермеата дополнительно повысила содержание общего белка и суммарное содержание фикоцианинов в конечном продукте соответственно в 1,0 и 1,2 раза. Степень чистоты пермеата в результате двойной микрофильтрации увеличилась в 4,0 раза. Стадия ультрафильтрации пермеата позволила увеличить степень чистоты конечного продукта еще на 10 %.

Таким образом, полученные результаты подтвердили эффективность предложенной схемы модификации процесса. Технической задачей при этом явилось упрощение способа выделения и получение концентрата с высоким содержанием фикоцианинов и степенью чистоты.

Характеристика экстракта, пермеата и концентрата фикоцианинов

Показатель	Образец		
	Экстракт	Пермеат	Концентрат фикоцианинов
Содержание С-фикоцианина (С-ФКЦ), %	10,2 ± 0,1	52,3 ± 0,8 ¹	63,6 ± 1,0 ^{1, 2}
Содержание аллофикоцианина (А-ФКЦ), %	2,7 ± 0,2	2,5 ± 0,3 ¹	4,3 ± 0,4 ^{1, 2}
Суммарное содержание С-ФКЦ и А-ФКЦ, %	12,9 ± 0,3	54,8 ± 1,1 ¹	67,9 ± 1,4 ^{1, 2}
Содержание белка, %	52,5 ± 5,0	90,1 ± 5,0 ¹	93,8 ± 5,0 ¹
Σ(С-ФКЦ + А-ФКЦ) / Белок	0,25 ± 0,06	0,61 ± 0,11 ¹	0,72 ± 0,09 ^{1, 2}
Степень чистоты, D ₆₂₀ /D ₂₈₀	0,61 ± 0,02	2,47 ± 0,03 ¹	2,70 ± 0,04 ^{1, 2}

¹ По сравнению с экстрактом.

² По сравнению с пермеатом.

Примечание. Статистически значимое отличие $p < 0,05$.

Заключение. Данный метод, в частности использование мембранных технологий (микрофильтрации и ультрафильтрации), позволяет избежать применения трудоемких и малоэффективных стадий сульфатно-аммонийного осаждения и получить конечный продукт с высоким содержанием фико-

цианинов и степени чистоты, отвечающей критериям использования концентрата в качестве ингредиента специализированной пищевой продукции. С использованием модифицированной методики экстрагирования и последующей мембранной очистки биомассы пищевой цианобактерии *A. platensis* получен сухой концентрат белков, содержащий $(63,6 \pm 1,0)$ % С-фикоцианина и $(4,3 \pm 0,4)$ % аллофикоцианина (степень чистоты – 2,70).

Финансирование. Работа выполнена в рамках гранта Российского научного фонда № 22-16-00006 «Пищевые ингредиенты, повышающие эффективность вакцинации против коронавирусной инфекции: технология, доклиническая оценка *in vivo*».

Список использованных источников

1. Optimization, Purification and characterization of Phycocyanin from *Spirulina platensis* / S. Saran [et al.] // International Journal of Applied and Agriculture. – 2016. – Vol. 2, № 3. – P. 15–21.
2. Ammonium chloride: a novel effective and inexpensive salt solution for phycocyanin extraction from *Arthrospira Spirulina platensis* / E. Manirafasha [et al.] // Journal of Applied Phycology. – 2017. – Vol. 29, № 3. – P. 15–21.
3. Optimization of phycocyanin extraction from *Spirulina platensis* using different techniques / I. Ilter [et al.] // Journal of Food Composition and Analysis. – 2018. – Vol. 70. – P. 78–88.
4. Giselle, P. R. C-Phycocyanin-derived Phycocyanobilin as a Potential Nutraceutical Approach for Major Neurodegenerative Disorders and COVID-19-induced Damage to the Nervous System / P. R. Giselle, J. M. Prida // Current Neuropharmacology. – 2021. – Vol. 19. – P. 2250–2275.
5. Well-tolerated *Spirulina* extract inhibits influenza virus replication and reduces virus-induced mortality / Y. H. Chen [et al.] // Sci Rep. – 2016. – Vol. 6, № 1. – P. 24253.
6. Phycobiliproteins from cyanobacteria: Chemistry and biotechnological applications / F. Pagels [et al.] // Biotechnology Advances. – 2019. – Vol. 37, № 3. – P. 422–443.
7. Cyanobacteriochromes: a new superfamily of tetrapyrrole-binding photoreceptors in cyanobacteria / M. Ikeuchi [et al.]. – 2008. – Vol. 7, № 10. – P. 1159.
8. Мазо, В. К. *Arthrospira platensis*: антиоксидантные, гипогликемические и гиполипидемические эффекты *in vitro* и *in vivo* (краткий обзор) / В. К. Мазо, Н. А. Бирюлина, Ю. С. Сидорова // Вопросы питания. – 2022. – Т. 91, № 4. – С. 19–25.
9. C-Phycocyanin-a novel protein from *Spirulina platensis*- In vivo toxicity, antioxidant and immunomodulatory studies / P. Grover [et al.] // Journal of Biological Sciences. – 2021. – Vol. 28. – P. 1853–1859.
10. Antioxidant, immunomodulating, and microbial-modulating activities of the sustainable and ecofriendly *Spirulina* / A. Finamore [et al.] // Oxidative Medicine and Cellular Longevity. – 2017. – Vol. 69. – P. 157–171.
11. Бирюлина, Н. А. Фикоцианины *Arthrospira platensis*: перспективы использования в специализированной пищевой продукции (краткий обзор) / Н. А. Бирюлина, В. К. Мазо, О. В. Багрянцева // Вопросы питания. – 2022. – Т. 91, № 6. – С. 30–36.
12. Lafarga, T. *Spirulina* for the food and functional food industries / T. Lafarga, J. Fernández-Sevilla // Food Research International. – 2020. – Vol. 137. – P. 109356.
13. *Spirulina* Miscellany: Medicinal Benefits and Adverse Effects of *Spirulina* / N. Kerna [et al.] // EC Nutrition. – 2022. – Vol. 17. – P. 25–36.
14. Модифицированный метод получения фикоцианинового концентрата биомассы *Arthrospira platensis* / Н. А. Бирюлина [et al.] // Вопросы питания. – 2023. – Т. 92, № 5. – С. 110–116.
15. Геворгиз, Р. Г. Количественное определение массовой доли С фикоцианина и аллофикоцианина в сухой биомассе *Spirulina (Arthrospira) platensis* North. Geitl. / Р. Г. Геворгиз, М. В. Нехорошев // Рос. акад. наук, Ин-т морских биологических исследований им. А. О. Ковалевского. – Севастополь, 2017. – С. 21.

УДК 663.542

**М. В. Туршатов, кандидат технических наук;
Н. А. Вакуловская, А. О. Соловьёв, В. Д. Никитенко;
И. М. Абрамова, доктор технических наук**

*Всероссийский научно-исследовательский институт пищевой биотехнологии –
филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Федерального исследовательского центра питания,
биотехнологии и безопасности пищи,
г. Москва, Российская Федерация*

ПЕРСПЕКТИВЫ РАСШИРЕНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ТОПИНАМБУРА В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Аннотация. Интерес к топинамбуру как сырью для производства пищевых продуктов обусловлен его уникальным химическим составом. Большое количество макро- и микроэлементов, пищевых волокон позволяет применять его в качестве компонента при создании продукции функционального назначения. Действующие технологии преимущественно используют экстрактивную часть топинамбура. Нерастворимая часть, содержащая пищевые волокна, перерабатывается в меньшей степени. Применение вторичных сырьевых ресурсов ферментативного гидролиза может позволить создать новое направление в биотехнологии. Целью исследований была оценка перспектив применения топинамбура в пищевой промышленности.

Ключевые слова: топинамбур, инулин, пищевые волокна, биоконверсия, пищевая промышленность, технология.

**M. V. Turshatov, Candidate of Technical Sciences;
N. A. Vakulovskaya, A. O. Solovyev, V. D. Nikitenko;
I. M. Abramova, Doctor of Technical Sciences**

*All-Russian Research Institute of Food Biotechnology – branch of the Federal State Budgetary
Scientific Institution Federal Research Center of Nutrition, Biotechnology and Food Safety,
Moscow, Russian Federation*

PROSPECTS EXPANDING THE USE OF TOPINAMBUR IN VARIOUS INDUSTRIES

Abstract. Interest in Jerusalem artichoke as a raw material for food production is due to its unique chemical composition. A large number of macro- and microelements, dietary fiber allows it to be used as a component in the creation of functional products. Current technologies mainly use the extractive part of Jerusalem artichoke. The insoluble part containing dietary fiber is processed to a lesser extent. The use of secondary raw materials of enzymatic hydrolysis can create a new direction in biotechnology. The purpose of the research was to assess the prospects for the use of Jerusalem artichoke in the food industry.

Keywords: Jerusalem artichoke, topinambur, inulin, dietary fiber, bioconversion, food industry, technology.

Рынок пищевой промышленности непрерывно находится в активном поиске новых источников сырьевых ресурсов для получения пищевых ингредиентов, которые используются при создании функциональных продуктов. В связи с ростом спроса на здоровое, сбалансированное питание, клубни топинамбура представляют большой интерес, так как они богаты витаминами, минеральными и белковыми веществами, пищевыми волокнами. Благодаря этому возможно их применение в создании диетических и функциональных продуктов. Оптимизация технологических процессов позволит получать пищевые волокна топинамбура (ПВТ) с различным составом, что потенциально расширит рынок его применения. Создание функциональной продукции на основе ПВТ позволит снизить дефицит пищевых волокон, белка, витаминов и микро- и макронутриентов в рационах питания.

При этом зеленая масса топинамбура также обладает богатым химическим составом, хорошо силосуется и удовлетворяет всем требованиям для производства кормопродуктов.

Целью настоящего исследования была оценка перспектив применения клубней топинамбура и получаемых из них продуктов в качестве функциональных ингредиентов.

Для анализа работ отбирали рецензируемые статьи, обзоры и книги на русском и английском языках. Для целенаправленного поиска по базам текстов научных работ и их ранжирования были выбраны следующие ключевые слова: «топинамбур», «пищевые волокна», «биоконверсия топинамбура», «пищевая промышленность». Поиск проводили в следующих базах данных: Scopus, Web of Science, Google scholar, eLibrary.

Топинамбур (*Helianthus tuberosus*) – клубненосное многолетнее растение семейства Астровых (*Asteraceae*). Он обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционными сельскохозяйственными культурами, включая высокую скорость роста, хорошую устойчивость к заморозкам, засухе и бедной почве, высокую устойчивость к вредителям и болезням растений при минимальной потребности в удобрениях [1].

Родиной топинамбура считается Северная Америка, где и в настоящее время его дикие виды занимают большие площади. В Европу, а именно во Францию, растение завезли французские моряки в 1605 г. Благодаря своим вкусовым и лечебным свойствам это растение быстро распространилось по всей Европе [2].

В России топинамбур изначально стали применять как лечебное растение, а позднее он распространился в качестве кормовой культуры в агропроизводстве [3]. Зеленая масса и клубни топинамбура являются биологическим защитным средством, что проявляется в низкой способности аккумуляции нитратов, тяжелых металлов и радионуклидов [4].

Существующие технологии переработки клубней топинамбура включают в себя получение инулина и глюкозо-фруктозных сиропов, которые используют в лечебно-профилактической деятельности в качестве пребиотика.

Кроме того, их применяют в рецептурах при производстве продуктов функционального назначения [5]. Однако при производстве данных продуктов остается нерастворимая часть клубней – жом, который нашел эффективное применение в качестве кормопродукта для сельскохозяйственных животных [6, 7].

В клубнях топинамбура содержится много пищевых волокон, которые представляют собой комплекс полисахаридов (пектин, клетчатка, целлюлозы и гемицеллюлозы (5,7–11,7 % на а. с. в.)) с лигнином и связанными с ними белковыми веществами. Кроме того, содержатся биологически активные вещества: углеводы и полисахариды; каротиноиды; дубильные вещества; азотистые основания и аминокислоты; органические кислоты; кумарины; иридоиды; микро- и макроэлементы [8, 9].

Благодаря содержанию биологически активных веществ, топинамбур является полезным продуктом, как для питания, так для лечебно-профилактических целей.

Клубни топинамбура содержат фруктозаны, которые являются главной составной частью их углеводного комплекса [10, 11]. Низкомолекулярные фруктозаны преобладают в молодых и мелких клубнях. Однако по мере развития клубня происходит полимеризация этих низкомолекулярных фруктозанов в высокомолекулярные формы (инулин). Содержание инулина в клубнях топинамбура колеблется от 6 до 7 % [12, 13].

Инулин способствует усвоению кальция, магния и калия в пищеварительном тракте, оказывает гипогликемическое действие и антидиабетический эффект, кроме того он обладает противовоспалительными, антибактериальными, противораковыми и антиоксидантными свойствами [14, 15].

Клубни топинамбура содержат микро- и макроэлементы: Ca, Mg, Na, Cl, Fe, Cu, Mn, Zn [16]. В золе топинамбура отмечается высокое содержание фосфора – 3,7 %, калия – 42,7 %, железа – 3,7 %, кремния – 10,0 %, натрия – 10,2 %, кальция – 3,3 % и хлора – 3,9 %.

Химический состав клубней топинамбура представлен в таблице [11, 16].

Химический состав клубней топинамбура

Показатель	Количество
Массовая доля сухих веществ, % на а. с. в.	24,2 ± 0,3
Сахара общие, % на а. с. в.	11,82 ± 0,3
Инулин, % на а. с. в.	6,53 ± 0,04
Полифенолы общие, мг/100 г	20,5 ± 0,2
Азот общий, % на а. с. в.	0,665 ± 0,01
Витамин С, мг/100 г	8,8 ± 0,3
Сырой протеин, % на а. с. в.	3,94 ± 0,09
Белок по Барнштейну, % на а. с. в.	3,02 ± 0,08
Сырая клетчатка, % на а. с. в.	18,19 ± 0,21

В настоящее время зеленую массу и клубни топинамбура применяют в следующих отраслях:

- пищевая промышленность и кулинария – в производстве хлебобулочных, кондитерских изделий, первых, вторых блюд и салатов, сухих продуктов диетического питания;
- медицинская промышленность – в производстве иммунопрепаратов, бактериальных и лечебно-профилактических препаратов;
- сельское хозяйство – в производстве кормов, кормовых добавок и ветеринарных препаратов;
- косметическая промышленность – в производстве лечебно-профилактической косметики;
- биоэнергетика – в производстве биоэтанола.

Наиболее перспективными схемами переработки любого вида сырья являются многопродуктовые схемы. При этом большой интерес представляет технология комплексной переработки топинамбура с получением в качестве товарной продукции пектина и инулина [17].

Широко распространены технологии получения из клубней топинамбура высокофруктозных сиропов [7, 8] и гидролизата мезги топинамбура, которые в дальнейшем находят применение в хлебопекарной промышленности или получении кормового углеводно-белкового продукта из жома [11, 12].

Также существует возможность метанового брожения для утилизации побочных продуктов переработки топинамбура как наиболее эффективного способа обезвреживания и использования отходов органической природы.

Имеется технология производства полуфабрикатов высокой степени готовности: полуфабрикат «пюре из топинамбура»; полуфабрикат «топинамбур сырой очищенный»; порошок из топинамбура [16].

Ведутся разработки комплексной переработки топинамбура с получением дистиллятов, спирта и функциональных ингредиентов [5]. Стоит отметить, что дистилляты, полученные из клубней топинамбура, обладают оригинальными органолептическими характеристиками, присущими исходному сырью, что открывает перспективу расширения рынка алкогольной продукции.

В ходе реализации данной технологии предусмотрено использование образующихся пищевых волокон в качестве основы для создания диетической, кондитерской, хлебобулочной, мясной продукции или в качестве кормовой добавки.

В результате проведенного анализа научных работ были раскрыты перспективы использования клубней топинамбура в создании лечебной, диетической и функциональной продукции. Топинамбур обладает важными свойствами для развития пищевых технологий, что позволяет производить полезную продукцию путем применения различных схем переработки. Практический интерес представляет применение комплексной технологии, используемой при биоконверсии топинамбура на спирт. Возможность извлечения пищевых

волокон на различных этапах этой технологии создает перспективу безотходного производства с получением продуктов с заданными свойствами.

Финансирование. Исследования выполнены в рамках государственного задания № FGMF-2022-0006.

Список использованных источников

1. The prospects of Jerusalem artichoke in functional food ingredients and bioenergy production / L. Yang [et al.] // *Biotechnology Reports*. – 2015. – Vol. 5. – P. 77–88.
2. Зеленков, В. Н. Топинамбур: агробиологический портрет и перспективы инновационного применения / В. Н. Зеленков, Н. Г. Романова. – М. : РГАУ-МСХА, 2012. – 161 с
3. Пасько, Н. М. Перспективные кормовые культуры: рекомендации по возделыванию и использованию / Н. М. Пасько. – Майкоп, 1980. – 42 с.
4. Виноградова, А. В. Топинамбур – перспективное сырье биотехнологии / А. В. Виноградов, О. В. Паклина, Е. Н. Анашкина // *Вестн. ПНИПУ. Химическая технология и биотехнология*. – 2010. – № 11. – С. 137–142.
5. Топинамбур (*Helianthus tuberosus* L.) – перспективная культура. Теоретические и прикладные аспекты интродукции растений как перспективного направления развития науки и народного хозяйства : материалы Междунар. науч. конф., посвящ. 75-летию со дня образования Центрального ботанического сада НАН Беларуси / М. И. Ярошевич, Н. Н. Вечер, А. В. Горный. – Минск : ООО «Эдит ВВ». – 2007. – Т. 1. – С. 232–325.
6. Soja, G. Translocation of 14C-assimilates in Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) / G. Soja, E. Haunold, W. Praznik // *Journal of Plant Physiology*. – 1989. – Vol. 134. – Is. 2. – P. 218–223.
7. Ипатова, Л. Применение пищевых волокон в различных группах продуктов / Л. Ипатова, А. Кочеткова // *Журнал «Бизнес пищевых ингредиентов»*. – 2008. – № 6 (9). – С. 19–22.
8. Исмоилова, М. А. Комплексная переработка топинамбура (земляной груши) / М. А. Исмоилова, М. Б. Икрами // *Вестн. технологического ун-та Таджикистана*. – 2013. – № 1 (20). – С. 8–13.
9. Влияние температуры на механохимическую экстракцию инулина в технологии получения глюкозно-фруктозных сиропов из клубней топинамбура : проблемы влияния тепловой обработки на пищевую ценность продуктов питания : тез. докл. Всерос. науч.-техн. конф. / В. Н. Голубев [и др.]. – Харьков, 1990. – С. 244–317.
10. Усанова, З. И. Фотопериодизм топинамбура : тр. Тульской гос. сельскохозяйственной опытной станции / З. И. Усанова. – Т. 1. – Тула : Приокское кн. изд-во, 1967. – С. 161–181.
11. Промышленная переработка топинамбура // Сб. науч.-практ. конф. «Проблемы АПК и пути их решения. Совершенствование ресурсосберегающих технологий и технических средств производства сельскохозяйственной продукции» / С. А. Кисникаткин [и др.]. – Пенза, 2003. – С. 113–116.
12. Комплексная переработка топинамбура на продукты питания функционального назначения / В. В. Кондратенко [и др.] // *Инновационные технологии в области холодильного хранения и переработки пищевых продуктов*. – 2008. – С. 132–133.
13. Эффективность введения экстракта топинамбура в комбикорма для цыплят-бройлеров / О. А. Багно [и др.] // *АПК России*. – 2024. – Т. 31. – № 1. – С. 123–130.
14. Использование продуктов переработки топинамбура в хлебопекарном производстве // «Растительные ресурсы для здоровья человека» : материалы I Междунар. науч.-практ. конф. / Л. П. Пашенко [и др.]. – Сергиев-Посад, 2002. – С. 330–332.
15. Биоконверсия экстрактов из топинамбура в получении высокофруктозных сиропов // Топинамбур – проблемы возделывания и использования : тез. докл. III Всес. науч.-произв. конф. / Л. П. Пашенко [и др.]. – Одесса, 1991. – С. 133–134.
16. Калашнова, Т. В. Безотходная переработка клубней топинамбура. Инновационные технологии в пищевой промышленности / Т. В. Калашнова, М. И. Курлаева // *Пятигорский гос. технологический ун-т*. – Пятигорск, 2008. – С. 171–175.
17. Комплексная переработка топинамбура с получением пищевых функциональных продуктов // *Биотехнология: наука и практика* / М. В. Туршатов [и др.]. – Алушта, 2022. – С. 255.

УДК 664.1

**О. К. Никулина, кандидат технических наук, доцент;
О. В. Колоскова, кандидат технических наук, доцент;
М. Р. Яковлева**

*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по продовольствию»,
г. Минск, Республика Беларусь*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТЕПЕНИ ДЕМИНЕРАЛИЗАЦИИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ САХАРА

Аннотация. В статье представлены данные лабораторных исследований по изучению влияния степени деминерализации свекловичной мелассы на ее технологические качества с целью установления оптимальной и рациональной степени деминерализации.

Ключевые слова: свекловичная меласса, электродиализ, деминерализация.

**O. K. Nikulina, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
O. V. Koloskova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
M. R. Yakovleva**

*RUE “Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food”,
Minsk, Republic of Belarus*

STUDY OF THE INFLUENCE OF THE DEGREE OF DEMINERALIZATION ON THE EFFICIENCY OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS FOR SUGAR PRODUCTION

Abstract. The article presents research data on the influence of the degree of demineralization of beet molasses on its technological qualities in order to establish the optimal and rational degree of demineralization.

Keywords: beet molasses, electrodialysis, demineralization.

Научно-исследовательская лаборатория сахарного производства РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» с 2019 г. занимается изучением применения электродиализа в сахарном производстве в рамках государственных отраслевых научно-технических программ [1–4]. В 2024 г. исследования проводятся также в рамках гранта Президента Республики Беларусь в сфере науки.

Исследования происходят как в лабораторных условиях на базе РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», так и в производственных условиях на базе ОАО «Городейский сахарный комбинат». В последние годы проводятся исследования по электрохимической обработке мелассы.

Предполагается, что предварительная обработка мелассы, включающая ее деминерализацию, позволит разработать научно-технологические аспекты очистки полупродуктов сахарного производства и технологические приемы, позволяющие выкристаллизовывать сахарозу классическими способами.

В данной статье представлены результаты исследований по установлению рациональной степени деминерализации мелассы.

С целью определения оптимальной степени деминерализации проведены физико-химические исследования деминерализованной в лабораторных условиях мелассы. Для этого проведен ряд лабораторных опытов с различной конечной степенью деминерализации, анализ технологического качества полученных после электромембранной обработки полупродуктов с расчетом прогнозных показателей.

На основании полученных данных было установлено (рис. 1), что эффект очистки мелассы имеет тесную зависимость от степени деминерализации. Получено эмпирическое уравнение регрессии, с помощью которого можно быстро и без помощи анализов оценить степень очистки мелассы на основании имеющегося показателя степени деминерализации.

По результатам исследований установлено, что при степени деминерализации выше 60 % происходит незначительное улучшение технологических показателей. На рис. 2 видно, что после степени деминерализации 55 % она замедляется и ведение процесса дальше нецелесообразно, снижение мелассообразующего коэффициента также замедляется, т. е. более экономичным по времени является ведение процесса до степени деминерализации не более 50–60 %.

Оптимальная степень деминерализации мелассы устанавливается также исходя из основных технических требований к мелассе, т. е. ее рН должен быть не ниже 6,5, однако оптимальная степень деминерализации будет зависеть от начального рН необработанной мелассы. При проведении в лабораторных условиях экспериментов с разным начальным показателем рН мелассы при степени деминерализации 51,2–55,9 % дилуаты соответствовали данным требованиям.

Таким образом, результаты лабораторных исследований доказывают, что оптимальная степень деминерализации мелассы лежит в интервале 50–60 %, однако при низком начальном рН обрабатываемой мелассы необходимо заканчивать процесс при рН не ниже 6,5.

Анализ производственных показателей работы цеха деминерализации ОАО «Городейский сахарный комбинат» за сезон переработки сахарной свеклы урожая 2022 г. показал, что в условиях реального производства степень деминерализации, как и длительность обработки, зависит от режима и эффективности работы эксплуатируемой станции деминерализации.

Было определено, что в условиях производства на применяемом оборудовании:

- деминерализация выше 55 % недостижима при обработке концентрированного раствора независимо от длительности обработки;

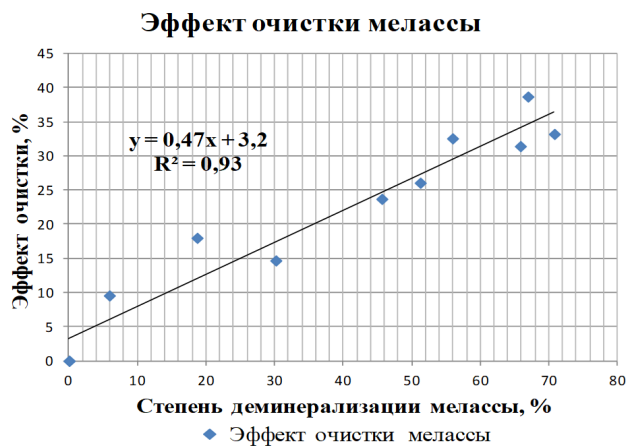


Рис. 1. Зависимость эффекта очистки мелассы от степени ее деминерализации

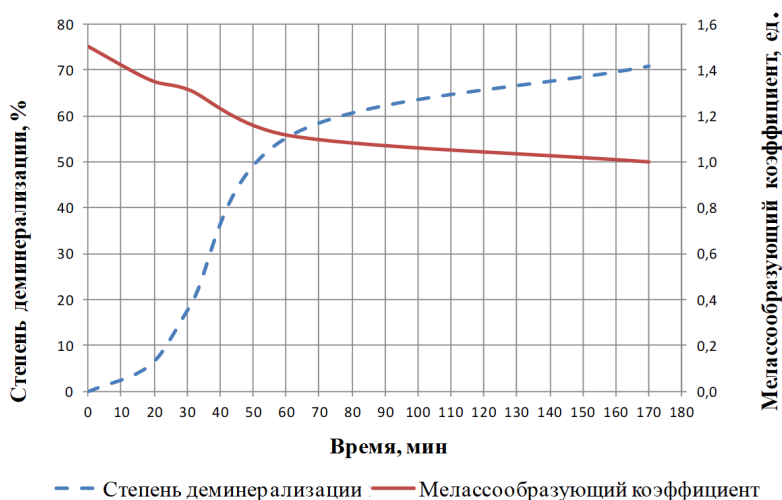


Рис. 2. Изменение степени деминерализации и мелассообразующего коэффициента в процессе электромембранной обработки

– деминерализация 50–55 % достижима при обработке раствора не менее 240 мин, однако временной интервал может превышать 600 мин, в зависимости от настройки режима;

– технически в нормальном режиме работы установки при обработке мелассы в течение 2–3 ч (120–180 мин) достигается степень деминерализации 33–45 %. Однако начиная с ноября, эффективность работы установки снижается, очевидно, из-за ухудшения технологического качества сырья.

Также, на основании анализа производственных показателей работы цеха деминерализации ОАО «Городейский сахарный комбинат» за сезон переработки сахарной свеклы урожая 2022 г., было установлено, что технически при

нормальном режиме работы установки на сырье нормального качества можно дополнительно получать 5,0–6,5 % (среднее 5,75 %) сахара к массе обрабатываемого продукта или 350–455 кг с одной обрабатываемой партии. При этом определено, что достижимым показателем является 7,8 % дополнительного сахара к массе продукта.

Ранее [5], на основании анализа компонентного состава свекловичной и деминерализованной меласс было установлено, что:

- процесс деминерализации позволяет удалить из мелассы 81,8 % золы и 97,2 % нитратов от их начального содержания, повысить чистоту мелассы на 8 ед., снизить мелассообразующий коэффициент на 0,4 (30,8 % к начальному значению), что дает возможность высвободить из раствора мелассы 6,9 % сахарозы;

- деминерализованная меласса (после ее сгущения) по сравнению с заводской мелассой имеет: пониженное содержание золы – 1,6 % вместо 6,6–9,4 %, низкое содержание нитратов – 0,007 % вместо 0,31–0,54 %, что предполагает улучшение ее кормовых свойств; а также более высокую чистоту, за счет более высокого содержания сахара, и более низкий мелассообразующий коэффициент – 0,88 вместо 1,3–1,5, что предполагает возможность выделения из нее сахара технологическими приемами.

Таким образом, результаты лабораторных исследований доказывают, что оптимальная степень деминерализации мелассы лежит в интервале 50–60 %, однако анализ производственных показателей работы цеха деминерализации ОАО «Городейский сахарный комбинат» показал, что в условиях реального производства степень деминерализации, как и длительность обработки, зависит от режима и эффективности работы эксплуатируемой станции деминерализации. При этом деминерализация мелассы позволяет улучшить ее химический состав и технологическое качество.

Благодарности. Исследования проводились в рамках гранта Президента Республики Беларусь в сфере науки на 2024 г.

Список использованных источников

1. Эффективные технологии производства свекловичного сахара / О. К. Никулина [и др.]. – Минск : ИВЦ Минфина, 2023. – 304 с.
2. Применение электродиализа для очистки диффузионного сока в сахарном производстве / О. К. Никулина [и др.] // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2021. – Т. 14. – № 3 (53). – С. 51–61.
3. Применение электромембранных методов обработки для очистки густых полупродуктов сахарного производства / О. К. Никулина [и др.] // Сахар. – 2022. – № 4. – С. 26–31.
4. Никулина, О. К. Использование электродиализа для повышения эффективности работы сахарных предприятий [Электронный ресурс] / О. К. Никулина // Вес. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2024. – Т. 62, № 2. – С. 168–176. – Режим доступа: <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2024-62-2-168-176>. – Дата доступа: 10.07.2024.
5. Деминерализация свекловичной мелассы электромембранными методами в целях ее дальнейшего обессахаривания / О. К. Никулина [и др.] // Сахар. – 2023. – № 2. – С. 28–31. doi:10.24412/2413-5518-2023-2-28-31

УДК 664.12

**Л. И. Беляева, кандидат технических наук, доцент;
А. В. Остапенко**

*ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр»,
г. Курск, Российская Федерация*

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ СРЕДСТВА В ПИЩЕВОЙ СИСТЕМЕ ПРОИЗВОДСТВА СВЕКЛОВИЧНОГО САХАРА: ПРОГНОСТИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

Аннотация. Рассмотрено применение функциональных технологических вспомогательных средств в пищевой системе производства свекловичного сахара как инновационного элемента совершенствования традиционной технологии сахара. Обозначены перспективные направления научных исследований, которые должны быть ориентированы на формирование высокотехнологичных форматов пищевой системы при безопасном и рациональном применении средств с использованием достоверных научных доказательств.

Ключевые слова: технологические вспомогательные средства, свекловичный сахар, пищевая система, безопасность, перспективные направления.

**L. I. Belyaeva, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
A. V. Ostapenko**

*FSBSI "Federal Agricultural Kursk Research Center",
Kursk, Russian Federation*

TECHNOLOGICAL AIDS IN THE FOOD SYSTEM OF BEET SUGAR PRODUCTION: PROGNOSTIC ASPECT

Abstract. The use of functional technological aids in the food system for the production of beet sugar as an innovative element for improving traditional sugar technology is considered. Promising areas of scientific research are identified, which should be focused on the formation of high-tech formats of the food system with the rational and safe use of products using reliable scientific evidence.

Keywords: technological aids, beet sugar, food system, safety, promising directions.

Введение. Проблема обеспечения населения качественными и безопасными продуктами питания продолжает оставаться актуальной во всем мире. Сегодня она принимает принципиально новые формы в связи с демографической тенденцией к увеличению численности населения на планете и, как следствие, прогнозируемому многократному росту потребления продуктов питания. Под влиянием процессов глобализации изменена структура питания, основной фокус внимания направлен на здоровое питание, кардинально трансформированы классические принципы производства и переработки сельскохозяйственного сырья [1–3]. Переход к новым моделям хозяйствования

предполагает отказ от капитальных затрат, экономию средств производства за счет внедрения эффективных ресурсосберегающих инновационных технологий, способов, приемов, обеспечивающих выпуск широкого ассортимента высококачественных традиционных и специализированных продуктов питания. К таким новациям можно отнести пищевые добавки и технологические вспомогательные средства (ТВС), которые позволяют успешно решать многие технологические и продуктовые задачи в пищевых системах [4–6]. Разнообразная их линейка в последние годы продолжает совершенствоваться, поэтому научный и практический интерес представляют вопросы прогнозирования дальнейшего развития их применения в пищевой индустрии.

Сахар – традиционный продукт питания, который по-прежнему остается востребованным, составляя 80 % мирового потребления подсластителей. В глобальном масштабе спрос на сахар медленно увеличивается, при этом в развитых странах он снижается из-за роста осведомленности о здоровье, а в развивающихся странах продолжает плавно расти. В последние годы использование сахара населением в чистом виде имеет тенденцию к снижению, отмечается рост потребления его в виде напитков, кондитерских изделий, десертов и других продуктов со скрытым сахаром, служащим для удовлетворения преимущественно вкусовых пожеланий людей [2]. В производстве свекловичного сахара, основу которого составляют физико-химические и массообменные процессы, функциональные ТВС применяют издавна. Выполняя многие разнообразные функции, они в XXI в. занимают нишу основного эффективного инструментария совершенствования традиционной технологии сахара. Их применение сопровождается сокращением материало-, энергоресурсов, повышением выхода и качества белого сахара [7, 8]. В связи с этим актуальны исследования прогнозистических аспектов развития этого предметного поля.

Цель данной работы состояла в обобщении результатов текущих исследований применения функциональных ТВС в пищевой системе производства свекловичного сахара для выявления перспективных направлений развития.

Материалы и методы исследования. Материалом для исследований послужили собственные результаты исследований и данные научных статей открытого доступа по теме использования функциональных ТВС и пищевых добавок в пищевых системах. Поиск и отбор научных статей осуществляли в библиографических базах E-library, Scopus, ЦНСХБ; в качестве временного принят период с 2014 по 2023 г. Обобщение информации осуществляли методами анализа, сравнения и описания.

Результаты и их обсуждение. Анализ отечественных и зарубежных научных публикаций, посвященных применению ТВС и пищевых добавок в пищевой индустрии с акцентом на производство свекловичного сахара, позволил выявить основное проблемное поле исследований – недостаточная степень изученности совместного их применения в пищевых системах и определения безопасных уровней остаточных их количеств в пищевых продуктах. Отмечено, что дальнейшее развитие применения ТВС и пищевых добавок в пищевых

системах будет расти в том случае, если аргументация их безопасности, пользы и эффективности будет строиться на научно-доказательной основе [9–11].

Для текущих исследований применения ТВС в технологии сахара характерно использование методов сравнительных опытов или простых наблюдений с учетом теоретических знаний о механизме функционального действия средств в пищевой системе. Такой подход в перспективе не позволит выявить объективные изменения состояния пищевой системы под комплексным влиянием ТВС, не будет способствовать получению гарантированно безопасной и качественной продукции.

Пищевая система производства свекловичного сахара, начиная свое образование из растительного сырья сахарной свеклы до получения кристаллического продукта, проходит чрезвычайно сложный путь трансформации в ходе ряда последовательных, взаимосвязанных процессов – измельчения, экстрагирования, преддефекации, дефекации, сатурации, сульфитации, фильтрования, сгущения, кристаллизации, центрифугирования, сушки, оказывающих влияние друг на друга. Если рассматривать пищевую систему технологического потока в целом, то она состоит из ряда локальных систем, формируемых из локальных процессов, и введенных в них функциональных ТВС.

На рис. 1 схематично представлена пищевая система производства свекловичного сахара в виде четырех основных трансформируемых друг за другом локальных систем – диффузионного сока, очищенного сока, сиропа, утфеля первой кристаллизации, обязательными элементами которых являются функциональные ТВС. Эти локальные системы базируются на укрупненных технологических участках, соответственно: экстрагирования сахарозы из свекловичной стружки; известково-углекислотной очистки диффузионного сока; сгущения очищенного сока; кристаллизации сахарозы.

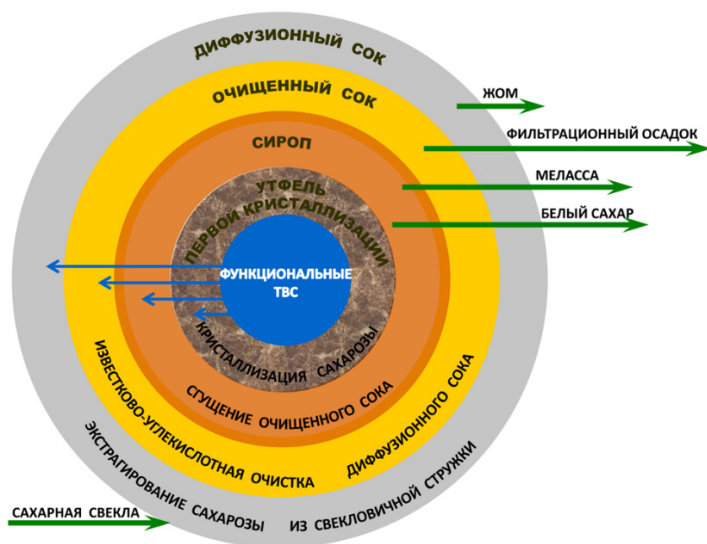


Рис. 1. Функциональные ТВС в пищевой системе производства свекловичного сахара

сгущения очищенного сока; кристаллизации сахарозы. Целью функционирования пищевой системы является максимальная выработка безопасного и качественного белого сахара с образованием безопасной побочной продукции – жома, мелассы и фильтрационного осадка при минимальных ресурсозатратах.

Все локальные системы отнесены к дисперсным с разным содержанием дисперсионной среды и дисперсной фазы с различным диапазоном размера частиц. Любое изменение в каждой локальной системе – качества сырья, технологических параметров и др. – вносит коррективы в ее функционирование, оказывая влияние на организованность, стабильность, безопасность данной системы и последующей локальной системы. В таблице приведены показатели стабильности, факторы неустойчивости выделенных локальных систем и элементы их устойчивости, представленные в виде применяемых ТВС. При этом безопасное и эффективное использование ТВС тесно связано с управлением адресной доставкой средств в локальную систему в зависимости от результативного применения на основе создания условий проявления аддитивного синергизма в совокупном их действии [7, 12].

**Локальные системы производства свекловичного сахара
и применяемые в них функциональные ТВС**

Локальная система	Показатель стабильности системы	Фактор неустойчивости системы	Элементы устойчивости на основе применения ТВС
Диффузионного сока	Содержание мезги менее 1,0 г/дм ³ , молочной кислоты менее 150 мг/кг, pH 6,2–6,5	Пенообразование, развитие микроорганизмов, газообразование, образование полисахаридных и белковых ВМС	Антимикробные средства, пеногасители, ферментные препараты, гипс и др.
Очищенного сока	Чистота более 92,0 %, содержание редуцирующих веществ менее 0,2 %, щелочность 0,015–0,035 % СаО, мутность 70–100 мг/дм ³	Пенообразование, образование трудноудаляемых компонентов	Известковое молоко, сатурационный газ, сернистый газ, сода, тринатрийфосфат, пеногасители, флокулянты, коагулянты и др.
Сиропа	Содержание солей кальция 0,01–0,05 % СаО, pH 7,8–8,2, мутность 25–30 мг/дм ³	Образование красящих веществ, газообразование	Антинакипины, пеногасители, фильтровальные порошки перлит, кизельгур
Утфеля первой кристаллизации	Содержание сухих веществ 92,0–92,5 %, кристаллов 52,0–56,0 %	Пенообразование, газообразование, образование красящих веществ	Поверхностно-активные вещества, пеногасители, деколоранты, затравочная суспензия

На основе анализа и обобщения результатов собственных исследований, данных, приведенных в научно-технической литературе, а также, учитывая современные тенденции развития науки и практики использования пищевых добавок, спрогнозированы перспективные направления дальнейших исследо-



Рис. 2. Перспективные направления исследований в области применения функциональных ТВС в пищевой системе производства свекловичного сахара

ваний в рассматриваемом предметном поле. К основным из них следует отнести (рис. 2): разработку объективных методов оценки качества и безопасности пищевой системы; исследования на основе положений теории планирования эксперимента, получения соответствующих аддитивных зависимостей и поиска оптимальных решений для проявления аддитивной синергии между средствами; токсиколого-гигиеническую оценку функциональных ТВС; подготовку гигиенических нормативов и высокочувствительных методов количественного определения действующих веществ в белом сахаре, жоме, мелассе; создание новых композиций функциональных ТВС; выявление оптимальных и безопасных доз и создание оптимальных условий введения ТВС для обеспечения высокотехнологичных форматов пищевой системы. Результаты этих исследований послужат доказательной базой для разработки ресурсосберегающих приемов обработки пищевой системы производства свекловичного сахара на основе рационального и безопасного применения функциональных ТВС.

Заключение. Рассмотрено применение функциональных технологических вспомогательных средств в пищевой системе производства свекловичного сахара как неотъемлемого ее элемента. На основе анализа и обобщения результатов собственных исследований, данных, приведенных в научно-технической литературе, а также, учитывая современные тенденции развития науки и практики использования пищевых добавок, спрогнозированы направления перспективных научных исследований, ориентированные на формирование высокотехнологичных форматов пищевой системы при безопасном и рациональном использовании средств с применением достоверных научных доказательств.

Список использованных источников

1. Галстян, А. Г. Индустрия Х.0. Пищевая промышленность [Электронный ресурс] / А. Г. Галстян // FOOD METAENGINEERING. – 2023. – № 1 (2). – С. 7–10. – Режим доступа: <https://doi.org/10.37442/fme.2023.2.33>. – Дата доступа: 10.07.2024.
2. Овчинников, О. Г. Государственная политика здорового питания и рынок сахара в США: опыт для России / О. Г. Овчинников // Сахарная свекла. – 2023. – № 10. – С. 30–34.
3. Панфилов, В. А. Синергетический подход к созданию технологий АПК будущего / В. А. Панфилов // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – № 4. – С. 642–649.
4. Кравченко, С. Н. Совершенствование технологических потоков производства быстрорастворимых гранулированных напитков / С. Н. Кравченко // Техника и технология пищевых производств. – 2016. – Т. 43. – № 4. – С. 123–128.
5. Совершенствование технологического потока линии производства инстантированного киселя / К. В. Плотников [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – Т. 50. – № 1. – С. 96–105.
6. Разработка нового поколения макаронных изделий быстрого приготовления на основе применения обобщенной функции желательности Харрингтона / А. П. Нечаев [и др.] // Пищевая промышленность. – 2020. – № 4. – С. 12–16.
7. Состояние и перспективы совершенствования применения технологических вспомогательных средств в производстве свекловичного белого сахара / Л. И. Беляева [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2023. – № 3. – С. 43–58.
8. Влияние технологических вспомогательных средств на удаление биополимерных компонентов сахарной свеклы, обуславливающих мутность сахарных растворов / Л. И. Беляева [и др.] // Пищевая промышленность. – 2023. – № 5. – С. 70–72.
9. Харитонов, Д. В. Разработка концепции создания синбиотиков и синбиотических молочных продуктов / Д. В. Харитонов, И. В. Харитонova, А. Ю. Просеков // Техника и технология пищевых производств. – 2013. – Т. 31. – № 4. – С. 91–94.
10. Методы оценки комбинированного действия веществ / З. И. Жолдакова [и др.] // Гигиена и санитария. – 2012. – № 2. – С. 86–89.
11. Журавлёв, М. В. Энергосберегающая технология извлечения сахарозы из свеклы в сахарном производстве / М. В. Журавлёв // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 11, ч. 8. – С. 1582–1587.
12. Выявление аддитивного влияния технологических вспомогательных средств в производстве свекловичного белого сахара / Л. И. Беляева [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2022. – Т. 36. – № 10. – С. 84–88.

УДК 664.1

**О. В. Колоскова, кандидат технических наук, доцент;
О. К. Никулина, кандидат технических наук, доцент;
М. Р. Яковлева**

*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь*

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМЕМБРАННОЙ ОБРАБОТКИ НА СОДЕРЖАНИЕ БЕТАИНА И АЛЬФА-АМИННОГО АЗОТА В СВЕКЛОВИЧНОМ САХАРНОМ СИРОПЕ

Аннотация. Представлены результаты изучения влияния электромембранной обработки на содержание бетаина и α -аминного азота в свекловичном сахарном сиропе.

Установлено, что при электромембранной обработке сахарного сиропа бетаин практически не переносится в концентрат и его содержание к массе несахаров увеличивается вдвое.

Корректировка pH деминерализованного сахарного сиропа HCl до pH 2 и повторная электромембранная обработка приводят к снижению содержания α -аминного азота в сиропе в 9 раз. Концентрат, полученный при данном способе обработки, в дальнейшем можно использовать для выделения α -аминокислот.

Ключевые слова: свекловичный сахарный сироп, сахарное производство, электродиализ, бетаин, α -аминный азот.

**O. V. Koloskova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
O. K. Nikulina, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
M. R. Yakovleva**

*RUE "Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food",
Minsk, Republic of Belarus*

THE EFFECT OF ELECTROMEMBRANE TREATMENT ON THE BETAINES CONTENT IN BEET SUGAR SYRUP

Abstract. The results of studying the effect of electromembrane treatment on the content of betaine and α -amine nitrogen in beet sugar syrup are presented. It was found that during the electromembrane processing of sugar syrup, betaine is practically not transferred to the concentrate and its mass content to non-sugar components is doubled. Adjusting the pH of demineralized sugar syrup to pH 2 by HCl and retreatment by electro dialysis lead to a 9-fold decrease in the content of α -amine nitrogen in the syrup. The concentrate obtained by this processing method can later be used to isolate α -amino acids.

Keywords: beet sugar syrup, sugar production, electro dialysis, betaine, α -amine nitrogen.

Концентрированные полупродукты свеклосахарного производства и побочный продукт – свекловичная меласса содержат в своем составе ряд ценных органических соединений (аминокислоты и бетаин) и могут служить сырьем для их получения.

Для выделения и концентрирования бетаина и аминокислот из полупродуктов сахарного производства и свекловичной мелассы целесообразно использовать ионообменные и электромембранные методы.

Применение ионообменных методов для концентрирования и выделения бетаина и глутаминовой кислоты из мелассы достаточно широко изучено: освещено в научно-технической литературе, а также реализовано в промышленных условиях [1–7].

Итоги исследований по выделению аминокислот из поликомпонентных растворов, очистки растворов аминокислот от электролитов с применением электромембранных методов описаны в ряде научных работ [8–10]. При этом глубоких исследований по применению электромембранных методов при выделении аминокислот и бетаина из полупродуктов сахарного производства и свекловичной мелассы не проводилось.

Л. Д. Бобровником и П. П. Загородним установлено, что в реальных условиях деминерализации свекловичной мелассы при помощи электродиализа, бетаин переносится в концентрат незначительно и доля его в составе деминерализованного продукта возрастает более чем в 2 раза [9].

В результате исследований, проведенных в научно-исследовательской лаборатории сахарного производства РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» в рамках задания 8 «Усовершенствовать технологию переработки сахарной свеклы с целью увеличения выхода сахара и оценки возможности получения новых пищевых продуктов» (ОНТП «Пищевые технологии» на 2021–2025 годы), было установлено, что содержание бетаина к массе несахаров мелассы увеличивается в процессе электродиализной очистки практически вдвое, но начинает снижаться к концу процесса, т. е. вероятно к концу электромембранной обработки бетаин начинает под действием электрического поля перемещаться из мелассы в концентрат [11].

Такое поведение бетаина может быть связано с тем, что к концу процесса его частицы приобретают заряд. Дело в том, что в процессе электродиализа происходит снижение pH обрабатываемого продукта. Известно, что при значении pH выше 4 бетаин существует в виде цвиттер-иона, т. е. электронейтральной молекулы, несущей одновременно и положительный и отрицательный заряды. При снижении pH ниже 4 карбоксильные группы цвиттер-ионов бетаина протонируются и бетаин приобретает положительный заряд и, соответственно, способность направленно перемещаться в электрическом поле:



При этом: чем ниже pH, тем больше молекул бетаина протонируется.

На основании вышеизложенного нами было сделано предположение, что корректировка активной кислотности обрабатываемых сахаросодержащих полупродуктов путем добавления соляной кислоты до значений pH ниже 4

может привести к изменению хода процесса электродиализа и перемещению бетаина вместе с другими электролитами в концентрат.

Снижение pH также влияет на заряд молекул аминокислот. α -Аминокислоты, которые составляют основную часть α -аминного азота, также являются цвиттер-ионными соединениями, и смещение pH в кислую сторону приводит к их протонированию. Изoeлектрические точки (pI) большинства аминокислот, обнаруженных в составе полупродуктов сахарного производства, лежат в диапазонах: для нейтральных аминокислот pH 5,6–6,1, для кислых аминокислот pH 3,2–3,0, основных – 9,8, при значениях pH ниже pI большая часть цвиттер-ионов аминокислот превращается в катионы, выше pI – в анионы.

С целью проверки вышеизложенной гипотезы, а также изучения влияния электродиализной обработки на содержание бетаина и α -аминного азота в сахарном сиропе нами был проведен лабораторный эксперимент.

Электромембранную обработку сахарного сиропа проводили на лабораторной установке EDR-Z P производства «MEGA a. s.» (Чешская Республика). Рабочим органом аппарата является модуль, в состав которого входят катионо- и анионообменные мембраны.

Работа установки EDR-Z P основана на принципе прямоточной системы с рециркуляцией потоков дилуата и концентрата, что позволяет достичь требуемой степени деминерализации исходного сырья через многократное прохождение дуата в модуле.

В качестве дилуата использовали разбавленный сахарный сироп до содержания сухих веществ $30 \pm 0,5$. В качестве концентрата использовали водопроводную воду, так как она обеспечивает лучшую скорость процесса по сравнению с дистиллированной, а в качестве электродного раствора – 2%-й сульфат натрия. Процесс вели при рабочем напряжении 3В на мембранную пару.

В процессе обработки фиксировали изменение pH и электропроводности дилуата (разбавленного сиропа), показания с приборов снимали каждые 5 мин. Определяли содержание сухих веществ, сахарозы, бетаина и α -аминного азота в дилуате.

Определение содержания сахарозы, сухих веществ, активной кислотности проводили в соответствии с [12]. Выявление содержания α -аминного азота осуществляли согласно «Сборнику методик определения эффективности процессов в сахарном производстве» [13]. Определение содержания бетаина устанавливали фотометрическим методом, разработанным в рамках задания 8 «Усовершенствовать технологию переработки сахарной свеклы с целью увеличения выхода сахара и оценки возможности получения новых пищевых продуктов» (ОНТП «Пищевые технологии» на 2021–2025 годы).

При проведении исследований использовался свекловичный сахарный сироп производства ОАО «Слущкий сахарорафинадный комбинат» (содержание сухих веществ в сахарном сиропе – 67,25 %, pH – 9,19), полученный в сезон переработки свеклы урожая 2023 г.

В первой части эксперимента электродиализную обработку свекловичного сахарного сиропа проводили классическим способом, без корректировки pH. Концентрированный сироп разбавляли дистиллированной водой до содержания сухих веществ (30 ± 5) %. Процесс вели до $\text{pH} \approx 4$, т. е. в той области pH, в которой молекулы бетаина предположительно являются цвиттер-ионами, несут одновременно и положительный и отрицательный заряд и направление их движения не определяется действием электрического поля.

Продолжительность процесса деминерализации до достижения требуемого pH составила 80 мин, степень деминерализации (т. е. снижение проводимости дилуата относительно первоначальной) – 80,4 %.

Характеристика начального и конечного продуктов приведена в табл. 1.

Таблица 1. Результаты физико-химических исследований сахарного сиропа до и после электродиализа

Показатель	Анализируемые продукты	
	Сахарный сироп (дилуат)	Деминерализованный сахарный сироп
Содержание сухих веществ, %	30,34	29,68
pH	9,38	3,94
Проводимость, мкСм/см	3702	725,4
Степень деминерализации, %	0	80,4
Содержание сахарозы, %	28,76	28,48
Чистота, %	94,79	95,96
Содержание α -аминного азота в пересчете на L-глутамин, % (в % к с. в., % к несахарам)	0,030 (0,09/1,9)	0,026 (0,09/2,17)
Содержание бетаина, % (% к с. в. / % к несахарам)	0,210 (0,68/13,3)	0,200 (0,67/16,6)

Анализ данных, представленных в табл. 1, позволяет сделать вывод, что деминерализация сахарного сиропа при значениях pH 9–4 приводит к незначительным изменениям содержания бетаина и α -аминного азота в обрабатываемом продукте. Процентное содержание как бетаина, так и α -аминного азота к массе несахаров продукта незначительно возрастает: в 1,25 раза для бетаина и в 1,14 раза для α -аминного азота, что обусловлено перемещением заряженных частиц из дилуата в концентрат и повышением чистоты сахарного раствора.

На следующем этапе исследований в деминерализованный сахарный сироп добавляли соляную кислоту (2Н) до установления pH 2,0, что должно способствовать протонированию бетаина и аминокислот, преобразованию цвиттер-ионов в катионы. Полученный продукт подвергали электромембранной обработке на электродиализном модуле. Процесс останавливали, когда показания кондуктометра не менялись в течение 5 мин. Характеристика начального и конечного продуктов приведена в табл. 2.

Как видно из табл. 2, при обработке предварительно деминерализованного продукта, подкисленного кислотой, pH дилуата не снижается, а растет,

что связано с удалением ионов добавленной соляной кислоты. При этом содержание бетаина в сиропе остается практически неизменным, а содержание α -аминного азота уменьшается почти в 9 раз (от 0,026 до 0,003 %).

Таблица 2. Результаты физико-химических исследований сахарного сиропа после коррекции pH и повторного электролиза

Показатель	Анализируемые продукты	
	Сахарный сироп (дiluат) после первого этапа деминерализации и корректировки pH	Сахарный сироп после двухэтапной деминерализации с корректировкой pH
Содержание сухих веществ, %	28,77	28,01
pH	2,04	3,35
Проводимость, мкСм/см	2975	148,0
Степень деминерализации, %	0	95,0
Содержание сахарозы, %	27,41	27,23
Чистота, %	95,27	97,22
Содержание α -аминного азота в пересчете на L-глутамин, % (% к с. в.)	0,026 (0,09/6,62)	0,003 (0,01/0,38)
Содержание бетаина, % (% к с. в.)	0,208 (0,72/15,3)	0,210 (0,75/26,92)

Будучи слабыми электролитами, по сравнению со щелочами, сильными кислотами и растворимыми солями, аминокислоты начинают активнее перемещаться через ионообменные мембраны после удаления более сильных электролитов. Поэтому при снижении pH и повторной обработке ранее деминерализованного раствора в силу отсутствия более сильных электролитов (помимо соляной кислоты), начинается перемещение аминокислот, при этом перемещения бетаина не происходит, благодаря этому доля бетаина к массе несахаров сиропа возрастает в 1,76 раза. По сравнению с первоначальным недеминерализованным раствором (табл. 2) доля бетаина к массе несахаров после двухэтапной деминерализации с корректировкой pH увеличивается в 2 раза.

На третьем этапе исследований проводили одностадийную обработку сахарного сиропа на электролизном модуле с корректировкой pH. pH разбавленного сиропа корректировали перед деминерализацией соляной кислотой до ≈ 2 . Процесс останавливали, когда показания кондуктометра не менялись в течение 5 мин.

Продолжительность процесса составила 115 мин. В течение первых 45 мин процесс протекал более интенсивно, что выразилось в повышении pH на единицу, а также снижении проводимости относительно начальной на 91,44 % (степень деминерализации). За последующие 70 мин проводимость снизилась лишь на 6 % относительно начальной, а pH подрос на 0,2 ед.

Характеристика начального и конечного продуктов, а также промежуточного продукта, отобранного при pH 3, приведена в табл. 3.

Таблица 3. Результаты физико-химических исследований сахарного сиропа до и после электродиализа с корректировкой pH

Показатель	Анализируемые продукты		
	Сахарный сироп (дилуат) после корректировки pH	Частично деминерализованный сахарный сироп	Сахарный сироп после деминерализации с корректировкой pH
Содержание сухих веществ, %	30,75	28,94	28,71
pH	1,99	3,00	3,2
Проводимость, мкСм/см	7243	619,7	157,1
Степень деминерализации, %	0	91,44	97,83
Содержание сахарозы, %	27,45	27,23	27,15
Чистота, %	89,27	94,09	94,57
Содержание α-аминного азота в пересчете на L-глутамин, % (% к с. в. / % к несахарам)	0,037 (0,120/1,12)	0,032 (0,111/1,87)	0,028 (0,097/1,79)
Содержание бетаина, % (% к с. в. / % к несахарам)	0,23 (0,76/6,96)	0,24 (0,83/14,04)	0,22 (0,77/14,1)

На основании анализа данных табл. 3 было установлено, что корректировка pH сиропа без предварительной деминерализации и его последующая электромембранная обработка приводят к незначительному снижению содержания α-аминного азота (в 1,32 раза) в обрабатываемом продукте. Массовая доля бетаина по отношению к несахарам возрастает в 2 раза.

Следовательно, было изучено влияние электромембранной обработки на классическом электродиализном модуле с чередующимися катионо- и анионообменными мембранами на содержание α-аминного азота и бетаина в свежловичном сахарном сиропе (слабоокрашенном полупродукте сахарного производства).

Установлено, что при электромембранной обработке свежловичного сахарного сиропа при значениях pH 2–9 бетаин практически не переносится в концентрат и его содержание к массе несахаров сиропа увеличивается вдвое.

Корректировка pH деминерализованного сахарного сиропа соляной кислотой до pH 2 и повторная электромембранная обработка приводят к перемещению аминокислот под действием электрического поля из дилуата в концентрат, вследствие этого содержание α-аминного азота в сиропе снижается в 9 раз. Концентрат, полученный при данном способе обработки, в дальнейшем можно использовать для выделения α-аминокислот.

Список использованных источников

1. Берсенёва, В. С. Сорбционные методы выделения продуктов биосинтеза: учеб. пособие / В. С. Берсенёва, В. А. Бакулев. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2018. – 80 с.
2. Силин, П. М. Технология сахара / П. М. Силин. – М. : Пищевая промышленность, 1967. – 625 с.
3. Способ регенерации бетаина : пат. US 4359430 / Паананен Ханну, Хейккилэ Хейкки, Пууппо Оути, Койвикко Ханну, Монтен Кай-Эрик, Мэнттэри Мика, Нистрем Марианне. – Оpubл. 10.01.2008.

4. Ионнообменный способ комплексной переработки мелассы : RU 2048847 / Т. Е. Митченко, Н. В. Макарова, Т. И. Мыкал, П. В. Стендер, В. Монтевски. – Оpubл. 27.11.1995.
5. Способ получения бетаина и сахарозы из мелассы : пат. RU 2 054 045 / Хейккиля Хейкки, Хюскю Геран, Кюисма Ярмо. – Оpubл. 02.10.1996.
6. Способ фракционирования раствора, содержащего сахарозу : пат. RU 2170261 / Геран Хюскю, Хейкки Хейккиля, Ярмо Куйсма, Кай-Эрик Монтен, Ханну Паананен. – Оpubл. 10.07.2001.
7. Способ выделения бетаина : пат. RU 2445969 / Ханну Паананен, Пиа Саари, Нина Нурми. – Оpubл. 27.03.2012.
8. Лущик, И. Г. Нелинейные явления переноса аминокислот через ионнообменные мембраны при электродиализе : автореф. дис. ... канд. хим. наук : 02.00.05 / И. Г. Лущик ; Воронеж. гос. ун-т. – Воронеж, 2004. – 19 с.
9. Бобровник, Л. Д. Электромембранные процессы в пищевой промышленности / Л. Д. Бобровник, П. П. Загородний. – Киев : Выща школа, 1989. – 271 с.
10. Способ разделения аминокислот и углеводов электродиализом : пат. RU 2426584 / Т. В. Елисеева, Е. В. Крисилова, Г. Ю. Орос, В. А. Шапошник. – Оpubл. 20.08.2011.
11. Исследование электрохимической деминерализации свекловичной мелассы / О. К. Никулина [и др.] // Сахар. – 2024. – № 2. – С. 30–35.
12. Инструкция по химико-техническому контролю и учету сахарного производства. – Киев, 1983. – 476 с.
13. Сборник методик определения эффективности процессов в сахарном производстве. – Минск : РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», 2014. – 128 с.

УДК 664, 664.8.047

¹Е. С. Семиряжко;

¹Т. В. Першакова, доктор технических наук;

²С. М. Горлов, кандидат технических наук, доцент

¹*Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки сельскохозяйственной продукции – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»,
г. Краснодар, Российская Федерация*

²*ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»,
г. Краснодар, Российская Федерация*

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА СВЧ-ОБРАБОТКИ ВИНОГРАДНЫХ ВЫЖИМОК И ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОГО РЕЖИМА

Аннотация. Виноградные выжимки являются ценным источником питательных веществ. В связи с этим они могут быть повторно переработаны с целью получения новых пищевых продуктов. В данной работе было проведено исследование по влиянию СВЧ-обработки на такие свойства виноградных выжимок сорта Каберне, как массовая доля влаги, содержание витамина С и пищевых волокон. Установлено, что применение СВЧ-обработки виноградных выжимок перед сушкой позволяет повысить суммарное содержание пищевых волокон. Установлено, что рациональным режимом СВЧ-обработки для максимального сохранения питательных веществ является мощность 800 Вт, продолжительность 120 с.

Ключевые слова: виноградные выжимки, каберне, СВЧ-обработка, сушка, влага, витамин С, пищевые волокна.

¹E. S. Semiryazhko;

¹T. V. Pershakova, Doctor of Technical Sciences;

²S. M. Gorlov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

¹*Krasnodar Research Institute of Storage and Processing of Agricultural Products – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution “North Caucasus Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Winemaking”,
Krasnodar, Russian Federation*

²*FSBEI HE «Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin»,
Krasnodar, Russian Federation*

STUDYING THE PROCESS OF MICROWAVE PROCESSING OF GRAPE POMACE AND SELECTION OF RATIONAL MODE

Abstract. Grape pomace is a valuable source of nutrients. In this regard, they can be reprocessed to obtain new food products. In this work, a study was conducted on the effect of microwave treatment on such properties of Cabernet grape pomace as the mass fraction of moisture, the content of vitamin C and dietary fiber. It has been established that the use of microwave treatment of grape pomace

before drying can increase the total content of dietary fiber. It has been established that the rational mode of microwave treatment for maximum preservation of nutrients is a power of 800 W, a duration of 120 seconds.

Keywords: grape pomace, cabernet, microwave processing, drying, moisture, vitamin C, food fiber.

Виноград является одной из наиболее распространенных ягодных культур, площадь выращивания которой в 2023 г. составила 105,3 тыс. га хозяйств всех категорий. Согласно отчету Росстата, сбор урожая винограда во всех хозяйствах в 2023 г. насчитывал 882,1 тыс. т.

По данным ООН, доля пищевых отходов в окружающей среде составляет 17 %, большая часть которых идет на вторичную переработку. Выжимки винограда, образующиеся при производстве вина, занимают значительную долю в промышленных пищевых отходах. В среднем 20–30 % веса плода остается в виде кожицы, семян, гребней.

Продовольственная и сельскохозяйственная организация и Всемирная организация здравоохранения призывают проводить мероприятия по сокращению пищевых отходов путем их переработки. Для решения данных вопросов по управлению отходами необходим поиск новых экологических решений.

Известны различные способы вторичной переработки выжимок винограда, к примеру, их сушка и измельчение до порошкообразного состояния. Однако при традиционном получении порошка главным недостатком выделяют продолжительность процесса, что в свою очередь оказывает влияние на себестоимость продукта, а также снижение сенсорных и физико-химических показателей. В связи с этим используют различные виды обработки непосредственно перед процессом сушки (применение ультразвуковых волн, обработка ИК-лучами и др.).

Был проведен анализ научных исследований по применению обработки сырья перед сушкой. Так, актуальным является изучение процесса обработки виноградного сырья сверхвысокими частотами с целью сохранения биоактивных веществ, а также дальнейшего сокращения продолжительности процесса высушивания виноградных выжимок. Далее приведены некоторые результаты исследований.

Y. Kohari et al. исследовали возможность экстракции эфирного масла из листьев мяты при различных параметрах СВЧ-обработки. Установлено, что СВЧ-обработка при 200 Вт в течение 45 мин позволяет извлечь 0,88 % эфирного масла, 0,93 % при 150 Вт в течение 60 мин и 0,95 % при 100 Вт в течение 90 мин. Более того, обработка привела к получению большего количества ароматических компонентов эфирного масла, таких как лимонен и пиперитон [1].

M. Wongkaew et. al. использовали пектин, экстрагированный СВЧ-нагревом из кожуры манго, в качестве заменителя жира в сушеной китайской колбасе. Экстрагируемый выход пектина, полученного из отходов манго, составил 13,85 % (700 Вт). Полученный пектин характеризовался высокой степенью этерификации (77,19%) и содержанием метоксила (19,33 %), а также более по-

ристой структурой по сравнению с экстрагированным традиционным методом [4].

С целью поиска решения актуального вопроса по переработке выжимок винограда было проведено исследование, изучающее влияние СВЧ-обработки на характеристики виноградных выжимок сорта Каберне, такие как содержание влаги, витамина С и пищевых волокон.

На основании ранее проведенных исследований, объектом исследования являлись выжимки винограда (сброженные и сладкие) сорта Каберне.

Выжимки винограда обрабатывали СВЧ-лучами при следующих мощностях: 480, 640 и 800 Вт в течение 60, 120 и 180 с (режимы выбраны на основании опубликованных данных).

Для определения биохимического состава и физико-химических показателей применяли стандартные методы анализа. Полученные результаты представлены в таблице.

Влияние различных параметров СВЧ-обработки на показатели виноградных выжимок

Показатель / объект исследования	Контроль	Параметры СВЧ-обработки (мощность (Вт) / продолжительность (с))								
		480 Вт			640 Вт			800 Вт		
		60	120	180	60	120	180	60	120	180
Массовая доля влаги, %:										
Сладкие выжимки	86,6	86,6	86,6	86,5	86,5	86,4	86,2	86,4	86,3	86,3
Сброженные выжимки	84,3	84,3	84,1	84,1	84,2	84,0	84,0	84,2	84,0	83,8
Содержание витамина С, мг/%:										
Сладкие выжимки	6,8	6,81	6,81	6,80	6,81	6,80	6,79	6,81	6,81	6,78
Сброженные выжимки	5,3	5,28	5,28	5,2	5,3	5,27	5,0	5,2	5,1	5,0
Суммарное содержание пищевых волокон, %:										
Сладкие выжимки	4,3	4,3	4,31	4,31	4,3	4,4	4,6	4,7	5,3	5,3
Сброженные выжимки	4,8	4,8	4,82	4,82	4,8	4,9	5,0	5,2	6,1	6,1

На основании данных, представленных в таблице, установлено, что содержание влаги в виноградных выжимках (сладких и сброженных) практически не изменяется (варьирование в пределах погрешности) и в среднем составляет 86,3–86,3 % в сладких выжимках, и 83,8–84,3 % в сброженных выжимках.

Кроме того, продолжительность и мощность обработки незначительно уменьшает содержание витамина С (варьирование в пределах погрешности, в среднем 0,3 мг/%) по сравнению с контрольным образцом, что связано с его разрушением. Однако за счет СВЧ-обработки повышается суммарное содержание пищевых волокон:

– в сладких выжимках при мощности 800 Вт в течение 120 и 180 с повышается на 23,2 %, чем в контрольном образце, и составляет 5,3 %;

– в сброженных выжимках при мощности 800 Вт в течение 120 и 180 с повышается на 27,0 %, чем в контрольном образце, и составляет 6,1 %.

Так как полученные результаты при продолжительности 120 и 180 с одинаковые, рекомендуемыми параметрами СВЧ-обработки виноградных выжимок установлены: мощность – 800 Вт, продолжительность – 120 с.

Полученный результат согласуется с другими исследованиями R. Saeroj et al. и H. Ouyang et al., в которых также было повышение содержания пищевых волокон с увеличением параметров термообработки, в том числе СВЧ-обработки [2, 3].

Результаты исследования показали, что содержание влаги в сырье неизменно (варьируется в пределах погрешности), содержание витамина С незначительно уменьшается в обоих образцах (в среднем 0,3 мг/%), а суммарное содержание пищевых волокон увеличивается при увеличении мощности и продолжительности СВЧ-обработки. Установлен рациональный режим СВЧ-обработки при следующих параметрах: мощность – 800 Вт, время обработки – 120 с для сладких и сброженных виноградных выжимок. Полученные данные в дальнейшем будут использованы при разработке пищевой добавки из виноградных выжимок.

Список использованных источников

1. Hydrodistillation by Solvent-Free Microwave Extraction of Fresh Japanese 897 Peppermint (*Mentha arvensis* L.) [Electronic resource] / Y. Kohari [et al.] // Journal of Essential Oil-Bearing Plants. – 2020. – № 23 (1). – P. 77–84. – Mode of access: <https://doi.org/10.1080/0972060X.2020.1726825>. – Date of access: 10.07.2024.
2. Effect of ultra-high pressure treatment on structural and functional properties of dietary fiber from pomelo fruitlets [Electronic resource] / H. Ouyang [et al.] // Food Bioscience. – 2023. – № 52. – P. 102436. – Mode of access: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.102436>. – Date of access: 10.07.2024.
3. Thermal processing of wheat bran: Effect on the bioactive compounds and dietary fiber [Electronic resource] / R. Saroj [et al.] // Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre. – 2024. – № 32. – P. 100433. – Mode of access: <https://doi.org/10.1016/j.bcdf.2024.100433>. – Date of access: 10.07.2024.
4. Mango Peel Pectin by Microwave-Assisted Extraction and Its Use as Fat Replacement in Dried Chinese Sausage [Electronic resource] / M. Wongkaew [et al.] // Foods. – 2020. – № 9 (4). – P. 450. – Mode of access: <https://doi.org/10.3390/foods9040450>. – Date of access: 10.07.2024.

УДК 613.2

К. В. Кудрявцева;
Е. А. Смирнова, кандидат технических наук;
А. К. Батурин, доктор медицинских наук, профессор

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный
исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи»,
г. Москва, Российская Федерация*

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ РАЗНООБРАЗИЯ РАЦИОНА ПИТАНИЯ ВЗРОСЛОГО НАСЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ¹

Аннотация. Одним из основных принципов здорового питания является разнообразие рациона [1]. Для достижения оптимальной сбалансированности рациона, в него необходимо включать все группы продуктов с различным содержанием пищевых веществ: рыбу, яйца, различные жиры, овощи и фрукты, молочные продукты, крупяные изделия, мясо. Недостаточное содержание в рационе белка, макро- и микронутриентов, витаминов формирует факторы риска развития алиментарно-зависимых заболеваний. В данной работе разработан метод оценки разнообразия рациона питания, на основе данных о частоте потребления пищевых продуктов.

Ключевые слова: фактическое питание; частота потребления продуктов; потребление пищевых веществ; индекс здорового питания; индекс качества питания; разнообразие рациона

K. V. Kudryavtseva;
E. A. Smirnova, Candidate of Technical Sciences;
A. K. Baturin, Doctor of Medical Sciences, Professor

*Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Research Center of Nutrition,
Biotechnology and Food Safety",
Moscow, Russian Federation*

DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY FOR ASSESSING THE DIETARY DIVERSITY OF THE ADULT POPULATION OF THE RUSSIAN FEDERATION

Abstract. One of the basic principles of a healthy diet is a variety of diets [1]. To achieve an optimal balance of the diet, it is necessary to include in the diet all food groups with different amounts of nutrients in them: fish, eggs, various fats, vegetables and fruits, dairy products, cereals, meat. Insufficient content of protein, macro- and micronutrients, vitamins in the diet forms risk factors for the development of alimentary-dependent diseases. In this paper, a method has been developed to assess the diversity of the diet, based on data on the frequency of food consumption.

Keywords: actual nutrition; frequency of food consumption; intake of nutrients; index of healthy nutrition; index of food quality; variety of diet.

Введение. Согласно Федеральному закону «О качестве и безопасности пищевых продуктов» от 2 января 2000 г. № 29-ФЗ, обеспечение максимально разнообразного здорового питания и оптимального его режима является од-

¹ Материал подготовлен в рамках государственного задания № FGMF-2022-0001.

ним из основных принципов здорового питания [1]. Для анализа разнообразия рациона питания ФАО в 2010 г. был предложен индивидуальный показатель разнообразия рациона питания (IDDS), который в настоящее время является базовым показателем для оценки качества рациона. Данный показатель складывается из количества потребляемых групп пищевых продуктов. Более высокие баллы указывают на более разнообразное питание. Для разработки IDDS учитывали 8 групп пищевых продуктов: крахмалистые продукты (злаки, корнеплоды, клубнеплоды); фрукты и овощи, богатые витамином А; остальные овощи и фрукты; бобовые и орехи; жиры и масла; мясо, птица и рыба; молоко и молочные продукты; яйца. Классификация пищевых продуктов по различным группам основана на различиях в содержании в них пищевых веществ. Некоторые пищевые продукты обладают высокой энергетической ценностью, другие – богаты белками, минералами или витаминами [2–4], но все пищевые вещества – крайне важные для построения здорового рациона.

Для комплексной оценки рациона питания в Российской Федерации в ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» были разработаны индекс здорового питания (ИЗП) и индекс качества питания (ИКП) [5, 6]. При расчете этих индексов учитывали потребление как необходимых для здорового рациона пищевых веществ или пищевых продуктов, так и потребление критически значимых нутриентов (пищевая соль, добавленные сахара, жиры, включая жиры, содержащие насыщенные жирные и (или) трансизомерные жирные кислоты). ИЗП был разработан на основе данных, полученных 24-часовым (суточным) методом воспроизведения питания, и основан на балльной (0–10 баллов) оценке потребления населением групп пищевых продуктов (зерновые, молочные, мясопродукты, овощи, фрукты) в г/1000 ккал, а также критически значимых нутриентов (общий жир, насыщенные жиры, добавленный сахар, добавленная соль) в процентах от общей калорийности рациона. ИКП был сконструирован на основе данных о частоте потребления пищевых продуктов. Сведения о фактическом питании, полученные частотным методом, также отражают характер питания населения [7], а их получение и обработка занимают меньше времени.

Индекс разнообразия рациона (ИРР), представленный в данной работе, также разработан на основе данных о частоте потребления пищевых продуктов, ввиду большей доступности и простоты данного метода. Для расчета ИРР учитывают только группы пищевых продуктов, необходимые для построения здорового рациона, и не учитывают потребление продуктов, содержащих критически значимые нутриенты, что является основным отличием ИРР от ИКП и ИЗП.

Целью данного исследования является разработка метода оценки разнообразия рациона питания на основе данных о частоте потребления пищевых продуктов.

Материалы и методы исследования. В работе использованы микроданные выборочного обследования рациона питания, проведенного Росстатом на выборке 45 тыс. домохозяйств во всех субъектах РФ в 2018 г. [8]. Частоту по-

требления групп и подгрупп пищевых продуктов оценивали по фиксированным категориям частоты «ежедневно или несколько раз в неделю», «несколько раз в месяц», «один раз в месяц или реже», «практически не употребляет». Обработку первичного материала и статистический анализ данных проводили с помощью программы IBM SPSS Statistics 20.0, США. Ввиду нормальности распределения данных, в качестве меры центральной тенденции использовано среднее арифметическое значение. Статистическую значимость различий оценивали с применением параметрического статистического *t*-критерия Стьюдента. Вероятность ошибки (*p*) считали статистической значимой при $p < 0,001$.

Результаты и их обсуждение. Одним из принципов здорового питания является разнообразие рациона, т. е. для построения здорового рациона очень важно потребление всех групп пищевых продуктов [1]. Классификация пищевых продуктов по группам принята на основании исследований диетологов в зависимости от содержания различных пищевых веществ. Продукты, включенные в одну группу, содержат приблизительно одинаковый набор пищевых веществ. Потребление каждой из групп продуктов обеспечивает потребности организма необходимыми пищевыми веществами. Для сбалансированного рациона необходимо потреблять 5 групп пищевых продуктов: хлеб, зерновые и картофель; овощи; фрукты; молочные продукты (молоко, йогурт, сыр); мясо, птица, рыба, бобовые и яйца (белковые продукты); масла и жиры [9]. При разработке ИРР из опросника были отобраны 14 групп пищевых продуктов, которые входят в рекомендованные диетологами группы: крупы, рис, макаронные изделия, каши; овощи; фрукты; группа продуктов – источников белка (мясо (отварное, жареное, тушеное; птица отварная, жареная; рыба отварная, жареная; морепродукты; молоко и кисломолочные продукты; сыр; творог; яйца); масла и жиры (сливочное масло, растительное масло); а также сухофрукты и орехи. Ежедневное потребление данных групп продуктов оценивали в 1 балл, другие категории частоты были оценены в 0 баллов. ИРР рассчитывается суммированием баллов, полученных за потребление вышеуказанных групп продуктов. Максимальная величина индекса – 14 баллов, по числу групп продуктов, использованных для его расчета. Было рассчитано среднее значение ИРР – 8,26 балла, т. е. в среднем респонденты потребляют 8 групп пищевых продуктов, необходимых для здорового рациона (см. таблицу). При этом ИРР у женщин достоверно выше, чем у мужчин – 8,41 балла и 8,06 балла соответственно ($p < 0,001$). Аналогичный результат был отмечен при исследовании зависимости ИКП от пола [6].

Средние значения индекса разнообразия рациона

ИРР	Количество (<i>n</i>)	Средний балл	СО
Общий	96 392	8,26	2,84
Мужчины	41 677	8,06	2,86
Женщины	54 715	8,41	2,81

Пр и м е ч а н и е. СО – среднеквадратичное отклонение.

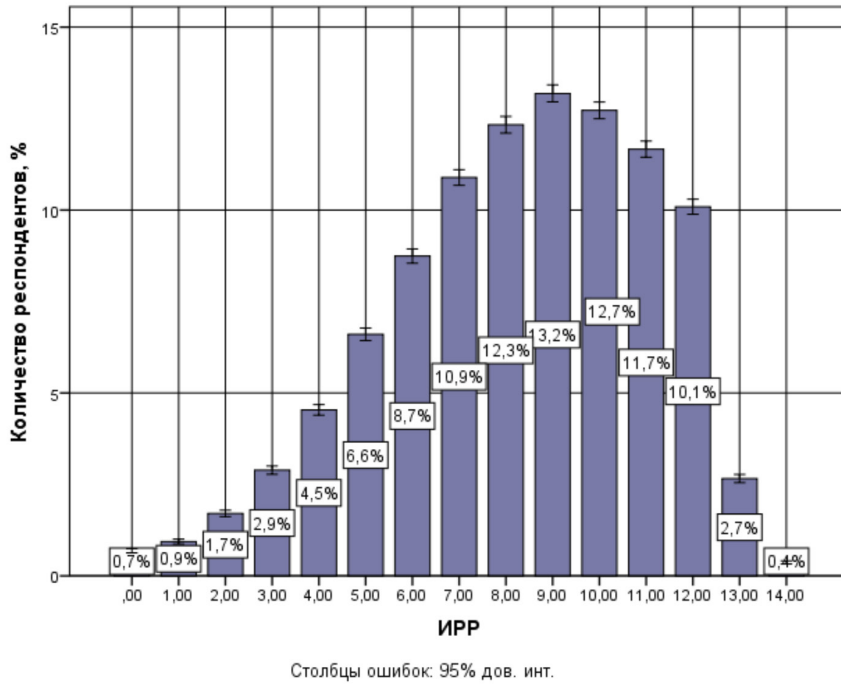


Рис. 1. Распределение ИРР по количеству респондентов, %

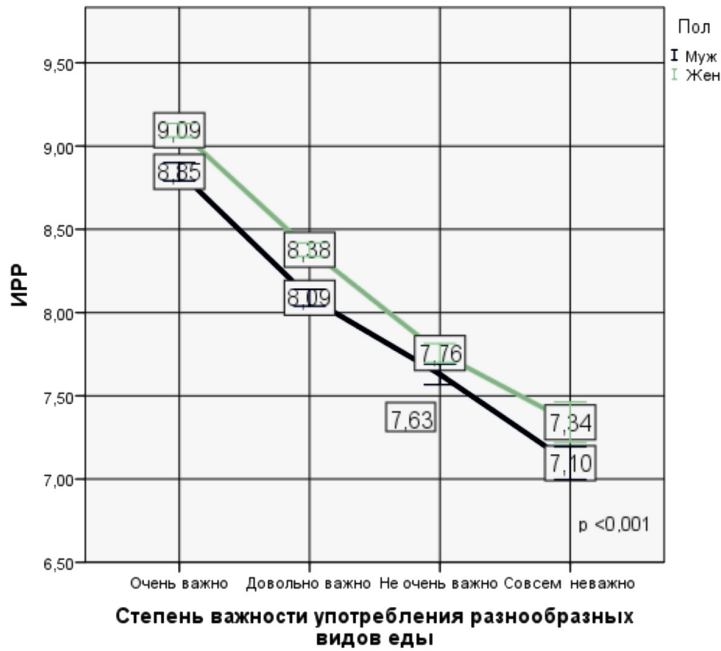


Рис. 2. ИРР в зависимости от оценки респондентом степени важности употребления разнообразных видов еды

Потребление всех 14 групп продуктов выявлено лишь у 0,4 % респондентов (рис. 1). 13,2 % респондентов потребляют 9 групп пищевых продуктов, 12,7 % – 10 групп, 12,3 % – 8 групп.

Отмечена положительная корреляция ИРР с ранее разработанным ИКП – коэффициент корреляции Пирсона равен 0,342. Значение p , связанное с коэффициентом корреляции Пирсона, – менее 0,05. ИКП и ИРР имеют статистически значимую связь.

На рис. 2 представлен график зависимости разработанного ИРР и оценкой респондентами степени важности употребления разнообразных видов пищи. У лиц, считающих данный принцип совсем не важным и не очень важным, ИРР ниже, чем у лиц, считающих этот принцип важным. Так и у мужчин, и у женщин. При этом ИРР у женщин выше, чем у мужчин в каждой категории ($p < 0,001$).

Заключение. В данной работе была проведена оценка разнообразия рациона питания респондентов с помощью показателя, разработанного на основе данных о частоте потребления пищевых продуктов. Было выявлено недостаточное потребление групп продуктов у большинства респондентов – только 0,4 % опрошенных потребляли все группы продуктов. ИРР может быть использован в качестве простого инструмента для экспресс-оценки разнообразия рациона питания у населения. Учитывая важность разнообразия рациона питания для здоровья, эти результаты свидетельствуют о том, что необходимо просвещение населения о принципах здорового питания и важности сбалансированного рациона.

Список использованных источников

1. О качестве и безопасности пищевых продуктов [Электронный ресурс] : Федер. закон, 2 янв. 2000 г., № 29-ФЗ : в ред. Федер. закона от 13 июля 2020 г// КонсультантПлюс. Россия / ЗАО «Консультант Плюс» – М., 2000.
2. Deshmukh, Akshada T. PS-P09-7: assessment of dietary diversity among adult hypertensives / Akshada T. Deshmukh, Vishal M. Patil, Mansi Patil // Journal of Hypertension. – 2023. – Vol. 41, suppl 1. – P. e432-e432.
3. Cortes, Jessica Zaragoza. Dietary Diversity Score (DDS) as a tool for diet management in patients with type 2 diabetes / Jessica Zaragoza Cortes, Luis Eduardo Trejo Osti // Mexican journal of medical research ICSA. – 2023. – Vol. 11, iss. 22. – P. 1–9.
4. Habte, T. Y. Dietary Diversity Score: A Measure of Nutritional Adequacy or an Indicator of Healthy Diet? / T. Y. Habte, M. Krawinkel // J. Nutr. Health Sci. – 2016. – Vol. 3, iss. 3. – P. 303. doi:10.15744/2393-9060.3.303
5. Разработка и оценка достоверности базового индекса здорового питания населения России / А. Н. Мартинчик [и др.] // Вопр. питания. – 2019. – Т. 88, № 6. – С. 34–44. doi:10.24411/0042-8833-2019-10062
6. Кудрявцева, К. В. Комплексная оценка рациона питания населения с использованием данных о частоте потребления пищевых продуктов / К. В. Кудрявцева // Вопросы питания. – 2023. – Т. 92, № 5 (Приложение. Материалы XVIII Всерос. конгресса с междунар. участием «Нутрициология и диетология для здоровьесбережения населения России», посвящ. 300-летию Рос. акад. наук, Москва, 13–14 ноября 2023 г.).

7. Кудрявцева, К. В. Обоснование разработки индекса здорового питания по анализу данных о частоте потребления пищевых продуктов / К. В. Кудрявцева, А. Н. Мартинчик, А. К. Батурин // Наука, питание и здоровье : сб. науч. тр. / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по продовольствию ; под общ. ред. З. В. Ловкиса. – Минск : Белорусская наука, 2023. – С. 54–59.

8. Выборочное наблюдение рациона питания населения в 2018 г. / Федеральная служба гос. статистики. – Режим доступа: https://gks.ru/free_doc/new_site/food18/index.html. – Дата доступа: 01.08.2024.

9. Погожева, А. В. Стратегия здорового питания от юности к зрелости / А. В. Погожева. – М. : СвР-АРГУС, 2010. – 336 с.

УДК 613.221

**Е. А. Пырьева, кандидат медицинских наук, доцент;
О. В. Георгиева, кандидат технических наук**

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный
исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи»,
г. Москва, Российская Федерация*

«МОЛОЧНЫЕ АЛЬТЕРНАТИВЫ» НА ОВСЯНОЙ ОСНОВЕ ДЛЯ ЛЕЧЕБНОГО ПИТАНИЯ ДЕТЕЙ РАННЕГО ВОЗРАСТА

Аннотация. Разработан состав и обоснована технология производства овсяного ферментированного продукта оптимизированной пищевой ценности за счет дополнительного включения протеинового и жирового компонентов, витаминно-минерального премикса, а также пробиотических культур. Отсутствие компонентов молока позволяет использовать его в качестве лечебного продукта питания у детей старше одного года при непереносимости белка коровьего молока, лактазной недостаточности.

Ключевые слова: специализированное детское питание, растительная основа, непереносимость белков коровьего молока, лактазная недостаточность.

**E. A. Pyryeva, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor;
O. V. Georgieva, Candidate of Technical Sciences**

*Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Research Center of Nutrition,
Biotechnology and Food Safety”, Moscow, Russian Federation*

OAT-BASED “DAIRY ALTERNATIVES” FOR THERAPEUTIC NUTRITION FOR CHILDREN OF EARLY AGE

Abstract. The composition for oatmeal fermented product was developed and the production technology was validated. The product has an optimized nutritional value due to the additional inclusion of protein and fat components, vitamin-mineral premixes, as well as probiotic cultures. The absence of milk components makes it possible to use it as a therapeutic food product for children over 1 year of age with intolerance to cow’s milk protein, lactase deficiency.

Keywords: specialized baby food, plant base food, cow’s milk protein intolerance, lactase deficiency.

Введение. Вопросы организации питания детей с особыми пищевыми потребностями широко обсуждаются в клинической практике, поскольку затрагивают аспекты сохранения здоровья и качества жизни ребенка и его семьи. К числу наиболее распространенных состояний в детском возрасте, требующих ограничений в питании, относится непереносимость молочных продуктов как вследствие лактазной недостаточности, так и из-за аллергии на белки коровьего молока [1].

Одним из путей решения проблемы служит включение в рационы специализированной пищевой продукции, разработанной с учетом специфики заболевания и возрастных потребностей ребенка. Расширению ассортимента такой продукции способствует развитие технологий современного производства.

Основная часть. Молочные продукты относятся к группе продуктов, обязательных для включения в рационы детского питания, что обусловлено их высокой пищевой ценностью. Молоко и молочные продукты являются важными пищевыми источниками кальция и витамина B₂, а также белка с высокой биологической ценностью и легко усвояемого жира.

Ограничение использования молочных продуктов в рационе детского питания служит фактором нутритивного риска, снижающим показатели здоровья детей.

Для детей первого года жизни с непереносимостью компонентов молока разработаны специальные линейки продуктов, позволяющие организовать питание ребенка. Диетотерапия пищевой аллергией предусматривает использование смесей на основе глубоко гидролизованного белка коровьего молока, смесей на основе сои (у детей старше 6 месяцев), а в тяжелых случаях аминокислотных смесей. Дети с первичной и вторичной лактазной недостаточностью получают смеси для искусственного вскармливания с пониженным содержанием лактозы или безлактозные [2, 3].

Для питания детей старше года, нуждающихся в исключении/ограничении молочных продуктов, ассортимент специализированной продукции питания резко ограничен, и интерес к разработке такой продукции на растительной основе вполне закономерен.

Для решения проблемы специалисты обращаются к использованию пищевых продуктов на растительной основе, которые могут скорректировать рацион питания, частично компенсируя редукцию молочной продукции, и внести разнообразие в элиминационные рационы питания.

При этом отмечают как положительные (расширение ассортимента продуктового набора; возможность увеличить поступление пищевых волокон, а, следовательно, благоприятное влияние на функции желудочно-кишечного тракта), так и отрицательные аспекты включения «альтернатив» на растительной основе в детское питание (дефицит кальция, витаминов группы B, витамина D, вопросы безопасности).

В качестве основы для производства растительных напитков массового потребления используются различные виды сырья: злаки (овес, рис и др.), бобовые (соя, горох и др.); орехи (миндаль, кокос, макадамия, грецкий орех и др.), псевдозерновые (гречиха, киноа, амарант) и др. Закономерно, что все виды данной продукции отличаются высоким содержанием углеводов при относительно невысоком количестве растительных белков.

В связи с этим для реализации потенциала растительных «альтернатив» в детском питании актуальна разработка особой категории специализирован-

ных продуктов на растительной основе, которые отвечали бы потребностям детского организма, минимизировали риски пищевых дефицитов и соответствовали бы требованиям безопасности к продукции детского питания.

Для детей раннего возраста в качестве оптимальной базы для производства таких продуктов рассматривается овес, учитывая показатели его пищевой ценности и опыт использования в детском диетическом питании. По сравнению с другими зерновыми овес характеризуется более высоким качеством белкового компонента, значительным уровнем содержания витаминов группы В, органических соединений железа, кальция, фосфора, марганца, меди, молибдена и др. В зерне овса больше всего среди зерновых присутствует тиамин (до 0,77 мг/100 г), пантотеновая кислота (до 1,36 мг/100 г), фолиевая кислота (до 0,06 мг/100 г), токоферол (около 1,47 мг/100г) и биотин (около 20,8 мкг/100г). Овсяная мука содержит около 60 % крахмала, 11–15 % общего белка, 5–9 % жира, 2,3–8,5 % пищевых волокон и 0,54 % кальция [4].

Одной из основных углеводных фракций овса, обладающих функциональными свойствами, являются бета-глюканы, содержание которых варьирует от 1,8 до 8,1 %. Доказано физиологическое воздействие β -глюканов на снижение уровня холестерина и постпрандиальный уровень глюкозы в крови. Следует отметить, что β -глюканы относятся к одним из немногих соединений, снижающих уровень холестерина, одобренных EFSA и FDA [5–7].

Полезные для здоровья компоненты овса включают не только бета-глюканы (β -глюканы), но также и ряд фитохимических веществ: авенантрамидов С-типа (C-type AVAs), авенантрамидов А-типа (A-type AVAs), тритерпеноидных сапонинов, стероидных сапонинов [8]. В зерне овса имеются разнообразные фенольные соединения в виде фенолкарбоновых кислот, аминокислот и их эфирных или других конъюгированных форм, обладающие антиоксидантными свойствами [9].

При разработке специализированной пищевой продукции на овсяной основе для питания детей раннего возраста следует учитывать их физиологические особенности.

Ранний возраст отличают быстрые темпы роста и развития, определяющие высокий уровень потребности в пищевых веществах и энергии, необходимый для здоровья, нормального физического и нервно-психического развития, а также устойчивости к воздействию внешних неблагоприятных факторов. При этом сохраняется недостаточная зрелость организма, в том числе процессов пищеварения, определяющая требования к технологии приготовления и показателям безопасности пищевой продукции.

Для использования в детском питании «растительные альтернативы» требуют оптимизации, прежде всего, по белковому и микронутриентному компонентам. Кроме того, с целью оптимизации пищевой ценности целесообразно их обогащение полиненасыщенными жирными кислотами, пробиотиками и др.

Для повышения биодоступности макро- и микронутриентов пищевых продуктов в процессе их производства применяют технологию ферментации. Во

время ферментации углеводы (сахара и крахмал) расщепляются дрожжами, грибами или бактериями на простые метаболиты, что повышает усвояемость нутриентов, в том числе витаминов, минералов и других пищевых веществ. Выбор штаммов для производства ферментированной пищевой продукции основан на их безопасности в соответствии с требованиями Европейского управления по безопасности пищевых продуктов (EFSA). Наиболее распространенными ферментирующими бактериями являются виды *Lactobacillus*, *Bacillus*, *Pediococcus*, *Micrococcus* и *Streptococcus* [10]. При выборе бактерий для ферментации злаков приоритет должен быть отдан тем видам, которые гидролизуют сложные полифенолы до более простых и повышают уровень биологически активных соединений [11]. В частности, при ферментировании овса бифидобактериями штамма *Bifidobacterium animalis* в злаковом продукте снижается количество аминного азота [12], при участии лактобактерий *Lactobacillus acidophilus* (LA-5), *Lactobacillus johnsonii* (LA1), *Lactobacillus reuteri* (SD2112) образуются свободные фенольные кислоты [13].

Одним из технологических приемов производства продуктов на растительной основе является процесс ферментативного гидролиза рецептурной смеси компонентов ферментным препаратом микробного происхождения – альфа-амилазой. Фермент произвольно гидролизует α -1,4-гликозидные связи внутри крахмала, высвобождая декстрины и олигосахариды с более низкой молекулярной массой с образованием простых сахаров. Положительное влияние ферментированного овса на здоровье обусловлено широким спектром биологического воздействия его компонентов. Результатом является улучшение регуляции гликемии и уровня холестерина в крови, а также контроля веса [14].

Преимуществом процесса ферментирования зерновых в пищевой промышленности служит повышение безопасности пищевых продуктов, увеличение разнообразия рациона, изменение вкуса традиционных продуктов на зерновой основе и показателей их пищевой ценности, в том числе за счет уменьшения в составе количества антипитательных соединений [15].

С целью оптимизации белкового компонента, в продукт вводятся концентрированные протеины (овсяный, соевый, гороховый). Гороховый протеин является одним из перспективных ингредиентов для индустрии детского питания, учитывая его низкую аллергенность и сбалансированный аминокислотный скор. В гороховом протеине высоко содержание аргинина (около 7 % на 100 г продукта), лизина и карнитина, активно участвующих в процессах метаболизма. При сочетании в продуктах различных видов протеинов (овсяного и горохового) прогнозируем их взаимообогащающий эффект [16].

С целью коррекции жирового компонента рационально использование низкоэрукового рапсового масла, являющегося источником полиненасыщенных жирных кислот, как омега-3 семейства, так и омега-6 семейства.

Также в состав продуктов целесообразно включать витаминно-минеральные премиксы, содержащие витамины группы B, витамин D, кальций.

Использование при производстве специализированных ферментированных продуктов на растительной основе молочнокислых микроорганизмов способствует не только повышению их пищевой ценности, но и улучшению сенсорных свойств (текстуры, вкуса, аромата) за счет обогащения среды метаболитами [17–19]. Дополнительное включение фруктовых экстрактов или натуральных фруктовых/ягодных концентратов обеспечивает органолептическую привлекательность и расширяет вкусовую гамму линейки данных продуктов [17, 20].

Таким образом, специализированные ферментированные продукты для детского питания старше года на растительной основе целесообразно изготавливать из овсяной муки с внесением горохового белка, растительных масел, с использованием молочнокислых микроорганизмов и бифидобактерий, с добавлением натуральных фруктово-ягодных наполнителей, обогащенных полиненасыщенными жирными кислотами, минеральными веществами и витаминами.

Полностью готовые к употреблению специализированные ферментированные продукты на овсяной основе могут служить источником растительного белка (2,5–3,0 г/100 г) и растительного жира (2,0–2,5 г/100 г), углеводов (13,5–14,0 г/100 г), с возможным использованием сахарозы в строго регламентируемом количестве (не более 5 г/100 г). Энергетическая ценность продуктов составляет до 90 ккал/100 г. В продукты внесен комплекс молочнокислых микроорганизмов (*Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*) и бифидобактерий (*Bifidobacterium animalis subsp. lactis* BB12), с их содержанием в готовом продукте не менее 10⁷ КОЕ/г и не менее 10⁷ КОЕ/г, соответственно.

Употребление 100 г данного продукта может обеспечить удовлетворение суточной физиологической потребности детей старше 12 месяцев в витаминах: D₂, B₂ – на 6–8 %, витамине B₁₂ – на 40–45 %, минеральных веществах (кальции) – на 8–12 % [21].

Ингредиентный состав специализированных ферментированных продуктов на растительной основе и технология их производства свидетельствуют об отсутствии лактозы в их составе (<0,1 г/кг), что соответствует современным гигиеническим требованиям, применительно к безлактозной продукции, предназначенной для питания детей с лактазной недостаточностью [22].

Заключение. Расширение ассортимента продукции лечебного питания для детей, нуждающихся в пищевых ограничениях, имеет важное практическое значение. Использование инновационных технологических возможностей позволяет производить новые группы продуктов на основе растительного сырья для детей, страдающих непереносимостью компонентов молока [23].

Продукты на овсяной основе ферментированные, скорректированные по белковому и жировому составу, обогащенные витаминами, минеральными веществами, с молочнокислыми микроорганизмами и бифидобактериями, произведенные с соблюдением современных санитарно-гигиенических требо-

ваний, могут быть использованы у детей, начиная с 12 месяцев жизни, в качестве специализированных продуктов диетического (лечебного) питания при непереносимости белков коровьего молока и лактазной недостаточности.

Список использованных источников

1. Flom, J. D. Epidemiology of cow's milk allergy / J. D. Flom, S. H. Sicherer // *Nutrients*. – 2019. Vol. 11 (5). – P. 1051. doi:10.3390/nu11051051
2. The Effect of an Elimination Diet on Early Childhood Growth in Children with Egg and/or Cow's Milk Allergies [Electronic resource] / S. B. Yaytokgil [et al.] // *Asthma Allergy Immunology*. – 2022. – Vol. 20. – P. 016–024. – Mode of access: <http://doi.org/10.21911/aai.629>. – Date of access: 10.07.2024.
3. Impact of Elimination diets on growth and nutritional status in children with multiple food allergies / M. J. Berry [et al.] // *Pediatr Allergy Immunol.* – 2015. – Vol. 26 (2). – 133 p.
4. Angelov, A. Oats as a matrix of choice for developing fermented functional beverages / A. Angelov, T. Yaneva-Marinova, V. Gotcheva // *J. Food Sci. Technol.* – 2018. – Vol. 55 (7). – P. 2351–2360. doi:10.1007/s13197-018-3186-y
5. Antioxidant activity, b-glucan and lipid contents of oat varieties / L. Brindzova [et al.] // *Czech. J. Food Sci.* – 2015. – Vol. 26. – P. 163–173.
6. Van Hung, P. Phenolic compounds of cereals and their antioxidant capacity / P. Van Hung // *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* – 2016. – Vol. 56. – P. 25–35.
7. Impact of oat-based products on human gastrointestinal tract / A. Staka [et al.] // *Proc. Latv. Acad. Sci.* – 2015. – Vol. 69. – P. 145–151.
8. Nutritional and Phytochemical Composition and Associated Health Benefits of Oat (*Avena sativa*) Grains and Oat-Based Fermented Food Products / G. F. Alemayehu [et al.] // *Scientific World-Journal*. – 2023. – Vol. 1. – P. 2730175. doi:10.1155/2023/2730175
9. Fermented Oats as a Novel Functional Food [Electronic resource] / R. Djorgbenoo [et al.] // *Nutrients*. – 2023. – Vol. 15. – P. 3521. – Mode of access: <https://doi.org/10.3390/nu15163521>. – Date of access: 10.07.2024.
10. Mensah P. Fermentation – the key to food safety assurance in Africa? / P. Mensah // *Food Control*. – 1997. – Vol. 8. – P. 271–278.
11. Food phenolics and lactic acid bacteria / H. Rodríguez [et al.] // *Food Microbiol.* – 2009. – Vol. 132. – P. 79–90.
12. Solid-state fermentation of whole oats to yield a synbiotic food rich in lactic acid bacteria and prebiotics / N. Zhang [et al.] // *Food Funct.* – 2015. – Vol. 6. – P. 2620–2625.
13. Improved bioavailability of dietary phenolic acids in whole grain barley and oat groat following fermentation with probiotic *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus johnsonii*, and *Lactobacillus reuteri*. J. Agric / A. S. Hole [et al.] // *Food Chem.* – 2012. – Vol. 60. – P. 6369–6375.
14. Truswell, A. S. Cereal grains and coronary heart disease / A. S. Truswell // *Eur. J. Clin. Nutr.* – 2002. – Vol. 56 (1). – P. 1–14.
15. Poutanen, K. Sourdough and cereal fermentation in a nutritional perspective / K. Poutanen, L. Flander, K. Katina // *Food Microbiology*. – 2009. – Vol. 26. – P. 693–699. doi:10.1016/j.fm.2009.07.011
16. Cereal-based fermented foods and beverages / A. Blandino [et al.] // *Food Res. Int.* – 2003. – Vol. 36. – P. 527–543.
17. Isolation and characterization of new amylolytic strains of *Lactobacillus fermentum* from fermented maize doughs (mawa and ogi) from Benin [Electronic resource] / V. Agati [et al.] // *J. Appl. Microbiol.* – 1998. – Vol. 85. – P. 512–520. – Mode of access: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.1998.853527.x>. – Date of access: 10.07.2024.
18. Foods for special dietary needs: non-dairy plant based milk substitutes and fermented dairy type products [Electronic resource] / O. E. Makinen [et al.] // *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* – 2015. – Mode of access: <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.761950>. – Date of access: 10.07.2024.

19. *Lactobacillus plantarum* strains for multifunctional oat-based foods [Electronic resource] / P. Russo [et al.] // *LWT-Food Sci Technol.* – 2016. – Vol. 68. – P. 288–294. – Mode of access: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.12.040>. – Date of access: 10.07.2024.

20. Leroy, F. Fermented food in the context of a healthy diet: how to produce novel functional foods? / F. Leroy, L. De Vuyst // *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* – 2014. – Vol. 17. – P. 574–581.

21. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации : метод. рекомендации : МР 2.3.1.0253-21 : утв. Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека 22.07.21. – М., 2021. – 74 с.

22. О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического лечебного и диетического профилактического питания : ТР ТС 027/2012 : принят 15.06.2012 : вступ. в силу 01.07.2013 / Евраз. экон. комис. – М., 2012. – 21 с.

23. Фёдорова, М. А. Состояние рынка альтернативных молочных продуктов в России / М. А. Фёдорова // *Социально-экон. и гуманитарный журнал.* – № 3. – Красноярск : ФГБОУ ВО Красноярский гос. аграрный ун-т, 2022. – С. 42–55. doi:10.36718/2500-1825-2022-3-42-55

УДК 663.86.054.1

**А. В. Бегунова, кандидат технических наук;
С. В. Симоненко, доктор технических наук;
Е. С. Симоненко, кандидат технических наук;
Е. С. Семенова; Б. М. Мануйлов, доктор биологических наук**

*Научно-исследовательский институт детского питания – филиал Федерального
исследовательского центра питания, биотехнологии и безопасности пищи,
Москва, Российская Федерация*

РАЗРАБОТКА ПРОДУКТА ВЫСОКОЙ СТЕПЕНИ ГОТОВНОСТИ ДЛЯ ГЕРОДИЕТИЧЕСКОГО ПИТАНИЯ

Аннотация. Разработаны рецептуры продукта для геродиетического питания с учетом современных тенденций к созданию такого рода продукции. Проведены исследования по определению аминокислотного сора, органолептических показателей качества и пищевой ценности разработанных образцов продукта. Изучено влияние температурно-временных параметров на особенности набухания растительных ингредиентов, входящих в состав рецептур. Проведенные исследования позволяют получить продукт с высокими органолептическими показателями, полноценным белковым составом и пищевой ценностью.

Ключевые слова: продукт высокой степени готовности, каша, крупа, геродиетическое питание, ингредиент, пищевая ценность, рецептура.

**A. V. Begunova, Candidate of Technical Sciences;
S. V. Simonenko, Doctor of Technical Sciences;
E. S. Simonenko, Candidate of Technical Sciences;
E. S. Semenova, B. M. Manuilov, Doctor of Biological Sciences**

*Research Institute of Baby Nutrition – branch of the Federal Research Center
of Nutrition, Biotechnology and Food Safety,
Moscow, Russian Federation*

DEVELOPMENT OF A HIGH DEGREE OF READINESS PRODUCT FOR HERODIETITIC FOOD

Abstract. Product formulations for gerodietetic nutrition have been developed taking into account current trends in the creation of this type of product. Research was carried out to determine the amino acid score, organoleptic quality indicators and nutritional value of the developed product samples. The influence of temperature and time parameters on the swelling characteristics of plant ingredients included in the formulations was studied. The research carried out allows us to obtain a product with high organoleptic characteristics, complete protein composition and nutritional value.

Keywords: highly prepared product, porridge, cereal, gerodietetic nutrition, ingredient, nutritional value, recipe.

Введение. Текущее увеличение продолжительности жизни подтверждается данными из разных источников, которые прогнозируют, что в ближайшем будущем люди старше 65 и старше 80 лет будут составлять самую быстро-

растущую часть населения. Известно, что одним из факторов, влияющих на здоровье и работоспособность человека, служит питание. Питание и здоровье считаются основными проблемами для пожилых людей. Со старением растет бремя хронических заболеваний и использование ресурсов здравоохранения. Кроме того, питание влияет на многие процессы хронических заболеваний, которые поражают пожилых людей. Это связано с изменениями в физиологии, метаболизме и функциях, которые сопровождают старение [1], и, соответственно, приводят к изменению потребностей в питании. Для людей старшего поколения принцип приоритетности защиты их жизни и здоровья по отношению к другим интересам приобретает особую актуальность.

Рациональные нормы потребностей в энергии и пищевых веществах установлены с учетом среднестатистических антропометрических параметров взрослого человека и возрастной группы. Одним из ключевых требований геродиетического питания является постепенное снижение калорийности рациона с возрастом. Это связано с тем, что процессы старения сопровождаются постепенным снижением активности обменных процессов, которые обеспечивают жизнедеятельность организма [2]. Питание пожилых людей должно быть разнообразным, поэтому в рацион необходимо включать различные продукты, в том числе цельнозерновые каши.

Необходимо учитывать, что важную роль в питании людей старшего возраста играют растительные белки, а их сочетание с животными белками позволяет оптимизировать аминокислотный состав в сторону сбалансированности по отдельным аминокислотам. Общие рекомендации геродиетической направленности сводятся к ограничению белков и жиров животного происхождения, легкоусвояемых углеводов, поваренной соли, обогащению рациона витаминами, минеральными веществами, употреблению продуктов, которые содержат растворимые пищевые волокна [3]. Следует отдавать предпочтение продуктам, которые легко усваиваются. Для приготовления различных блюд рекомендовано использовать такие методы, как варка, тушение и запекание.

Продукт геродиетического питания высокой степени готовности – продукт, произведенный согласно нормативно-техническим документам и предназначенный для употребления в пищу после применения дополнительной температурной обработки в режиме разогрева или добавления горячей жидкости. Технология производства продукта геродиетического питания высокой степени готовности должна обеспечивать максимальное сохранение его пищевой ценности, что достигается тщательным подбором технологических режимов.

Анализ рынка продуктов высокой степени готовности показал, что большинство из них не соответствует современным требованиям, предъявляемым к геродиетическому питанию. Поэтому *целью* работы было создание продукта высокой степени готовности для геродиетического питания.

Материалы и методы исследования. В качестве рецептурных компонентов при разработке продукта в рамках работы были выбраны коровье молоко,

крупы пшеничная, крупы кукурузная, крупы рисовая, мука кедровая, мука соевая, яблоки сушеные, сироп кленовый, соль пищевая. Анализ общего аминокислотного состава для расчета аминокислотного сгора проводили с помощью системы капиллярного электрофореза «Капель-105М» (ООО «Люмэкс», Санкт-Петербург, Россия), оснащенной спектрофотометрическим детектором и кварцевым капилляром. Степень набухания растительных ингредиентов определяли следующим образом: ингредиент взвешивали на весах в количестве 0,1 г каждого, помещали в пробирку типа эппендорф, добавляли 1,0 г молока, перемешивали. Далее пробирки с пробами выдерживали в термошейкере эппендорф TS-100, при температуре 95 °С и 100 °С, в течение 2, 3, 4 ч. Затем пробы центрифугировали, удаляли надосадочную жидкость, взвешивали. Далее вычисляли степень набухания (α), используя формулу

$$\alpha = \frac{m - m_0}{m_0},$$

где m – масса набухшего образца; m_0 – масса исходного образца.

Органолептическую оценку образцов проводили в соответствии с ГОСТ ИСО 22935-3 путем подсчета баллов.

Результаты и их обсуждение. При разработке рецептуры продукта для геродиетического питания были учтены все современные тенденции к созданию такого рода продукции. Сочетание животных и растительных белков позволяет повысить биологическую и пищевую ценность молочных продуктов для геродиетического питания. Поэтому в ходе подбора сырья и компонентов для каш были разработаны рецептуры, содержащие в качестве основного компонента коровье молоко, в качестве злаковых компонентов – различные сочетания пшеничной, кукурузной, рисовой круп. Дополнительно растительные белковые компоненты представлены мукой кедровой, мукой соевой. Сушеные яблоки, сироп кленовый дополняют углеводную составляющую рецептур и способствуют улучшению органолептических характеристик. Соль пищевая также внесена в рецептуры для корректировки вкусового профиля и может быть исключена. Использование вышеуказанных ингредиентов оправдано при создании продуктов геродиетического питания.

Ингредиентный состав образцов имеет различия по внесенному дополнительному растительному белковому компоненту – муки соевой в образце № 1 и концентрата кедрового белка в образце № 2.

Необходимо учитывать, что важную роль в питании людей старшего возраста играют растительные белки, а их сочетание с животными белками позволяет оптимизировать аминокислотный состав в сторону сбалансированности по отдельным аминокислотам. Данные по аминокислотному составу и пищевой ценности образцов представлены в табл. 1 и 2.

Приемлемый аминокислотный сгор образцов достигнут благодаря внесению специально подобранных количеств дополнительных белковых ком-

понентов растительного происхождения к белкам коровьего молока. Анализ полученных данных показал отсутствие лимитирующих аминокислот в продукте, что указывает на полноценность белковой составляющей продукта.

Таблица 1. Аминокислотный скор образцов

Аминокислота	Образец 1	Образец 2
Изолейцин	124	119
Лейцин	134	124
Лизин	119	100
Метионин + цистеин	111	101
Фенилаланин + тирозин	162	150
Треонин	106	103
Триптофан	135	114
Валин	116	101

Таблица 2. Пищевая ценность образцов

Показатель	Образец 1	Образец 2
Массовая доля белка, %	4,52	4,10
Массовая доля жира, %	1,50	1,44
Массовая доля углеводов, %	9,50	9,10
Калорийность, ккал/кДж	69/289	66/276

Согласно показателям норм физиологических потребностей [4], в среднем содержание растительного белка для возрастных категорий 65–74 и старше 75 лет составляет 36,5 г от общего содержания белка в суточном рационе, примерно на одном уровне с животным белком. Научные исследования [5–7] подтверждают эффективность применения в питании продуктов, содержащих в составе как животные, так и растительные белки.

Технология производства продукта геродиетического питания высокой степени готовности должна обеспечивать максимальное сохранение его пищевой ценности. Это достигается тщательным подбором технологических режимов, поэтому в рамках работы определяли степень набухания рецептурных ингредиентов. Данные представлены в табл. 3.

Таблица 3. Степень набухания рецептурных ингредиентов при различных температурно-временных параметрах

Ингредиент	Степень набухания					
	95 °С			100 °С		
	2 ч	3 ч	4 ч	2 ч	3 ч	4 ч
Соевая мука	4,5	4,1	3,9	4,0	3,8	3,8
Концентрат кедрового белка	4,4	3,7	3,5	4,5	3,8	3,6
Крупа пшеничная	4,8	5,0	5,6	4,8	5,2	5,8
Крупа рисовая	4,4	4,6	4,9	4,4	5,1	5,6
Крупа кукурузная	5,3	5,7	6,1	5,9	5,9	6,5
Яблоко сушеное	2,4	2,4	2,5	2,4	2,4	2,5

Из табл. 4 видно, что степень набухания соевой муки и растительных концентратов белков несколько ниже, чем круп. Снижение показателя степени набухания муки соевой и концентрата кедрового белка с увеличением времени и температуры может говорить о том, что часть растворимых веществ переходит в жидкость, чего не происходит с крупами, которые по большей части состоят из крахмала. Визуальная оценка консистенции каждого ингредиента также не показала существенных различий. Консистенция была однородной, мягкой. Степень набухания круп при 100 °С выше, однако при визуальной оценке – зерно разваренное и клейкое, тогда как при обработке 95 °С зерно сохранило форму, было проваренным, не образовалось сильной клейкости. Поэтому выбран температурный режим 95 °С с выдержкой 3 ч. При этом режиме все рецептурные ингредиенты имели приемлемую консистенцию.

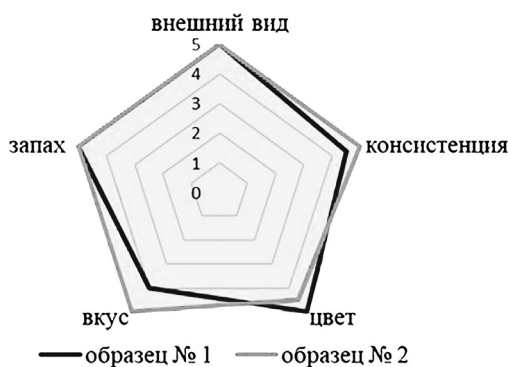
Рецептуры разработанных образцов представлены в табл. 4.

Таблица 4. Разработанные рецептуры образцов продукта для геродиетического питания

Ингредиент	Количество, г	
	Рецептура 1	Рецептура 2
Молоко коровье (м. д. ж. 1,5 %, м. д. б. 3,0 %, м. д. у. 4,7 %)	86,8	86,8
Крупа пшено	2,0	2,0
Крупа кукурузная	3,0	2,0
Крупа рисовая	2,0	3,0
Мука соевая	3,0	–
Кедровый концентрат белка	–	3,0
Яблоки сушеные, кусочки	2,0	2,0
Кленовый сироп	1,0	1,0
Соль	0,2	0,2

Разработанные рецептуры позволили получить продукт с полноценным белковым составом, соотношение животного белка к растительному составило в образце № 1 – 60:40, а в образце № 2 – 50:50, что является оптимальным.

Органолептическая оценка образцов продукта приведена на рисунке.



Органолептическая оценка разработанных продуктов

Анализ полученных данных показал, что разработанные рецептуры продуктов обладают хорошими органолептическими показателями.

Закключение. Изученные и установленные в результате работы оптимальные параметры процесса набухания, а также разработанные рецептуры позволяют получить продукт высокой степени готовности для геродиетического питания с высокими органолептическими показателями, полноценным белковым составом и пищевой ценностью. С учетом полученных результатов дальнейшие исследования будут направлены на уточнение технологических этапов и параметров производственного процесса с целью разработки нормативно-технической документации на производство продукта для геродиетического питания высокой степени готовности.

Финансирование. Работа по подготовке рукописи проведена за счет средств субсидии на выполнение государственного задания № FGMF-2022-0007 по направлению «Оценка пищевого статуса детей и подростков и разработка состава, рецептур и технологий специализированных продуктов детского и геродиетического питания с использованием региональной сырьевой базы».

Список использованных источников

1. Jensen, G. L. Nutrition in the elderly / G. L. Jensen, M. McGee, J. Binkley // *Gastroenterology Clinics of North America*. – 2001. – Т. 30. – № 2. – С. 313–334.
2. Кенийз, Н. В. Расширение ассортимента специализированных продуктов питания геродиетического назначения / Н. В. Кенийз, А. А. Варивода // *Ползуновский вестник*. – 2024. – № 1. – С. 30–36.
3. Дзахмишева, З. А. Функциональные пищевые продукты геродиетического назначения / З. А. Дзахмишева, И. Ш. Дзахмишева // *Фундаментальные исследования*. – 2014. – № 9-9. – С. 2048–2051.
4. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации : метод. рекомендации. – М. : Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2021. – 72 с.
5. Молочно-зерновая основа для продуктов детского питания / Н. Л. Андросова [и др.] // *Молочная промышленность*. – 2022. – № 7. – С. 45–47.
6. Нижельская, К. В. Пищевая ценность и использование пророщенного зерна полбы / К. В. Нижельская, О. Г. Чижикова, Л. О. Коршенко // *Вестн. Рязанского гос. агротехнологического ун-та им. П. А. Костычева*. – 2018. – № 3 (39). – С. 151–156.
7. Барановский, А. Ю. Рациональное питание пожилого человека / А. Ю. Барановский // *Практическая диетология*. – 2014. – № 3. – С. 11.

УДК 664.149

**А. В. Рыжакова, доктор технических наук, профессор;
И. В. Головизнин**

*Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова,
г. Москва, Российская Федерация*

ПОСТТЕМПЕРИРОВАНИЕ КАК ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ЖИРОВОГО ПОСЕЖДЕНИЯ ПЛИТОЧНОГО ШОКОЛАДА

Аннотация. Применение нового ГОСТа по шоколаду катализиовало повышенное внимание как потребителей, так и профессионального и научного сообщества к проблеме посеждения. До сих пор потребители склонны воспринимать внешние поверхностные дефекты плиточного шоколада как брак, поскольку визуальная составляющая готового продукта ухудшается вследствие производственно-логистических процессов как на стороне производителя, так и при дальнейших этапах товародвижения до ритейлера и потребителя. В этой связи необходимо предусмотреть минимизацию факторов, влияющих на возникновение жирового посеждения плиточного шоколада.

Ключевые слова: плиточный шоколад, посеждения, посттемперирование, какао-масло, миграция жиров.

**A. V. Ryzhakova, Doctor of Technical Sciences, Professor;
I. V. Goloviznin**

*Plekhanov Russian University of Economics,
Moscow, Russian Federation*

POSTTEMPERING AS A TECHNOLOGICAL MECHANISM FOR PREVENTING FATTY GRAYING OF CHOCOLATE BARS

Abstract. The application of the new GOST for chocolate has catalyzed increased attention of both consumers and professional and scientific community to the problem of graying. Until now, consumers tend to perceive external surface defects of bar chocolate as a defect, as the visual component of the finished product is deteriorated both due to production and logistics processes both on the manufacturer's side and further stages of goods movement to the retailer and consumer. In this regard, it is necessary to provide for the minimization of factors affecting the occurrence of fatty graying of bar chocolate.

Keywords: bar chocolate, seeding, posttempering, cocoa-butter, fat migration.

Посеждение шоколада – мутно-белое пятно на плиточном шоколаде, в большинстве случаев происходящее в конце срока годности готового продукта или в связи с хранением в несоответствующих температурных условиях. Жировое посеждение представляет собой самопроизвольный переход нестабильных твердых форм масла какао в стабильную кристаллическую форму на поверхности изделия. Жир перекристаллизовывается на поверхности шоколада

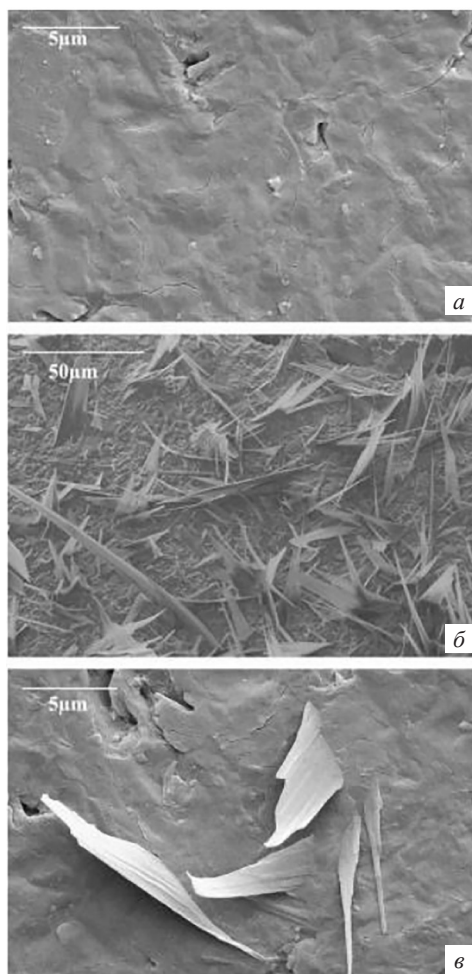


Рис. 1. Слева направо: *а* – свежий шоколад, легкая степень поседения; *б* – темперированный шоколад при T хранения = 30 °С в течение 30 дней; *в* – поверхностная детализация кристаллов жира (поверхностные бороздки на жире указывают на механизм выдавливания с поверхности шоколада)

в виде зазубренных кристаллов, которые отражают свет, придавая шоколаду матовый вид [1].

На рис. 1 продемонстрированы поверхности свежего и посевшего плиточного шоколада.

К основным причинам жирового поседения относятся [2]:

1. Состав плиточного шоколада (несовместимые жиры, начинка).
2. Несоввершенный производственный процесс (темперирование, посттемперирование).
3. Условия хранения (температура хранения, температурные колебания, время хранения).

Ключевыми факторами, влияющими на катализацию процесса жирового поседения, являются [3–5]:

1. Полиморфные переходы ($bV \rightarrow bVI$).
2. Эвтектический эффект (эффект разделения фаз).
3. Миграция масла.
4. Рекристаллизация.
 1. Причины, зависящие от состава продукции:
 - 1.1. В шоколаде плиточном возникает полиморфизм кристаллов какао-масла ($b_V \rightarrow b_{Vi}$);
 - 1.2. В связи с миграцией: чужеродный жир индуцирует переход $b_V \rightarrow b_{Vi}$.
 2. Причины, зависящие от процесса производства:
 - 2.1. Недостаточность темпериования, что ведет к:
 - недостаточности центров кристаллизации для обеспечения хорошей кристаллизации при охлаждении;
 - образованию нестабильных полиморфов (b');
 - перекристаллизации ($b' \rightarrow bV$ или bVI) во время раннего хранения;
 - 2.2. Излишнее темпирование, что ведет к:
 - концентрации центров кристаллизации (слишком высокая);
 - недостаточной кристаллизации в пресс-форме.
 - тусклой серой и неяркой поверхности.
 - 2.3. Высокая скорость охлаждения, ведущая к образованию нестабильных полиморфов (b') и перекристаллизации ($b' \rightarrow bV$ или bVI) во время раннего хранения.

3. Причины, связанные с длительным хранением плиточного шоколада, следствием которых является неизбежный полиморфный переход ($bV \rightarrow bVI$).

Эвтектический эффект также относится к одной из ключевых причин образования жирового поседения на плиточном шоколаде. *Эвтектика* – это микрогетерогенная смесь кристаллических твердых фаз, которые одновременно выделяются из жидкой фазы того же состава при температуре ниже температуры плавления отдельных компонентов или любых других их смесей. Эвтектический эффект в виде жирового поседения проявляется за счет следующих факторов:

1. Фазовое разделение между двумя физически несовместимыми жирами.
2. Эвтектическая смесь: температура плавления ниже, чем температура плавления любого из двух чистых жиров.
3. Фазовое разделение двух несовместимых жиров.
4. Перекристаллизация отдельных жиров.

На рис. 2 представлена структура состава обыкновенного темного шоколада при увеличении 50 мкм.

Механизм жирового поседения для шоколада с начинками на основе растительных жиров представлен на рис. 3. Наполнитель катализирует миграцию жира, следствием чего и является жировое поседение, протекающее от наполнителя до поверхности плитки (стрелкой указано направление миграции).

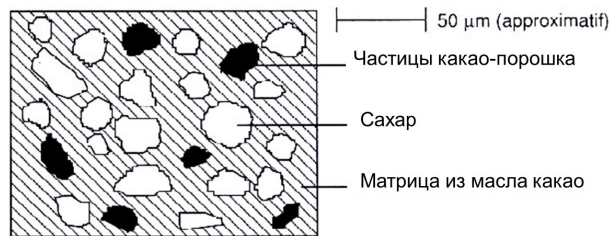


Рис. 2. Структура состава обыкновенного темного шоколада

Шоколад с начинкой

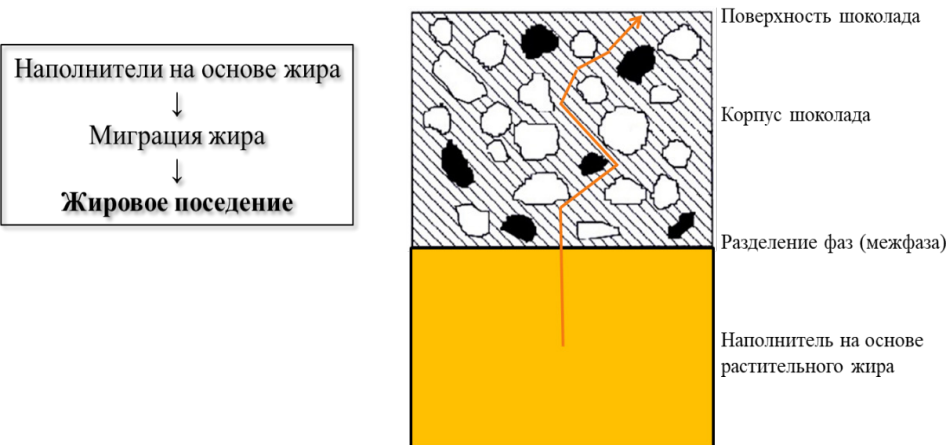


Рис. 3. Визуализация процесса жирового поседения в шоколаде с начинками

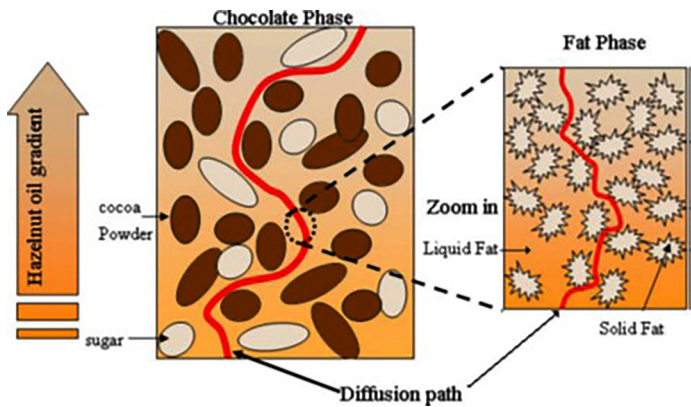


Рис. 4. Детализация процесса миграции жирового поседения

Жидкое какао-масло проникает в оболочку и растворяет TAG какао-масла, которые затем выносятся на поверхность шоколада. Детализация процесса представлена на рис. 4, где видно, что в зоне диффузии (взаимное проникно-

вание одного вещества между молекулами другого) идет проникновение ореховой начинки в корпус шоколада. На рис. 4 показана схема процесса в увеличенном масштабе, которая демонстрирует концентрацию твердых жиров в жидком масле какао жировой фазы.

Миграция жирового поседения в шоколаде с начинками/включениями протекает из-за того, что жидкий жир из начинки смешивается с маслом какао, содержащимся в шоколаде. На основании ранее проведенных исследований нами была выдвинута гипотеза, что низкие температуры позволяют сформировать стабильную полиморфную структуру шоколада и обеспечить минимизацию возникновения жирового поседения. В рамках исследования экспериментальным путем были подобраны режимы замораживания и дефрострации. При этом параллельно рассматривались 3 вариации температурных режимов с целью математического моделирования оптимального срока хранения шоколада при низких температурах в процессе подтверждения гипотезы.

Объект исследования: плиточный темный (1 разновидность), горький (3 разновидности) шоколад. Производитель – ООО «Победа». Объекты исследования представлены следующими разновидностями шоколада:

1. Темный шоколад Кот-д'Ивуар. Состав (темный, 60 % какао): тертое какао, сахар, масло какао, натуральная ваниль. Срок годности: 18 месяцев.
2. Горький шоколад «Гана», 67 % какао. Состав: тертое какао, сахар, масло какао, натуральная ваниль. Срок годности: 18 месяцев.
3. Горький шоколад «Доминикана», 77 % какао. Состав: тертое какао, сахар, масло какао, натуральная ваниль. Срок годности: 18 месяцев.
4. Горький шоколад «Колумбия», 80 % какао. Состав: тертое какао, сахар, масло какао, натуральная ваниль. Срок годности: 18 месяцев.

Период исследования образцов в процессе посттемперирования: IV квартал 2022 г. – I квартал 2024 г. Место проведения опытов: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова. Условия: ОВВ – $(75 \pm 3) \%$, температура в лаборатории: $(21 \pm 3) ^\circ\text{C}$. Температура морозильной камеры $-18 ^\circ\text{C}$, температура холодильной камеры $+5 ^\circ\text{C}$. Условия посттемперирования и дефрострации представлены в табл. 1.

Таблица 1. Условия опыта посттемперирования и дефрострации

Номер опыта	Посттемперирование $-18 ^\circ\text{C}$, ч	Дефрострация $+5 ^\circ\text{C}$, ч	Комнатная температура $+22 ^\circ\text{C}$, ч
1	24	4	2
2	168	4	2
3	720	4	2
4	1440	4	2
5	2160	4	2

К проводимому опыту по предотвращению жирового поседения была разработана актуализированная и современная шкала поседения плиточного шоколада совместно с крупнейшими кондитерскими фабриками России. Шкала

апробирована и используется в профессиональной деятельности сотрудниками службы качества трех федеральных розничных сетей, двумя компаниями-производителями. Прикладное использование шкалы поседения осуществляется сотрудниками служб качества компаний, отделами сервиса и претензионными службами по вопросам, связанным с запросами потребителей о качестве шоколада. Шкала содержит 10 вариантов оценки в соответствии с внешним видом шоколадной плитки. Каждая из оценок имеет конкретное и полное описание внешнего вида шоколада, включая идентификацию и оценку жирового поседения. Разработанная шкала поседения представлена в табл. 2.

Таблица 2. Шкала поседения плиточного шоколада

Номер шкалы	Стадия поседения плиточного шоколада
10	Прекрасный блеск, блестит как шоколад на CBS (Cocoa Butter Substitute)
9	Блестящий продукт, но менее блестящий, чем шоколад на CBS, блестит как прекрасно отtemперированный горький шоколад
8	Хороший блеск, блестит как нормально отtemперированный горький шоколад
7	Приемлемый блеск, но менее блестящий, чем прекрасно отtemперированный горький шоколад, приемлем для продаж
6	Неблестящая, «затертая» и матовая поверхность, все еще пригоден для продаж
5	Вообще нет блеска, но все еще нет видимого поседения, все еще пригодно для продаж
4	Очень слабое поседение, в том числе присутствуют точки. Будет обнаружено потребителями, особенно внимательно изучающими поверхность шоколада на предмет поседения
3	Заметное поседение всей поверхности
2	Очень сильное поседение
1	Полностью посевший образец

Разработанная шкала поседения использовалась при оценке образцов плиточного шоколада в ходе проведения опыта по посттемперированию. Совместно с оценкой влияния посттемперирования на возникновение жирового поседения в плиточном шоколаде, был изучен вопрос влияния посттемперирования на вкусоароматические характеристики шоколада. В результате опыта посттемперирования и по итогам сравнительной оценки дегустационной комиссией контрольного образца (без этапа посттемперирования) с образцом шоколада после посттемперирования и дефростации были получены следующие результаты:

1. Образец *Кот-д'Ивуар*, 60 % какао. Шоколад, прошедший этап посттемперирования в течение 720 ч (месяц), соответствует контрольному образцу по шкале поседения плиточного шоколада. При этом вкус шоколада улучшился согласно результатам дегустационной комиссии. Оценка образцов в соответствии со шкалой поседения плиточного шоколада по результатам опыта № 1 (посттемперирование в течение 24 ч) и № 2 (посттемперирование в течение 168 ч) показала, что такая длительность посттемперирования отрицательно влияет на внешний вид шоколада относительно контрольного образца.

2. *Образец Гана, 67 % какао.* Шоколад, прошедший этап посттемперирования в течение 720 ч (месяц), соответствует контрольному образцу по шкале поседения плиточного шоколада. При этом вкус шоколада улучшился согласно результатам дегустационной комиссии. Оценка образцов в соответствии со шкалой поседения плиточного шоколада по результатам опыта № 1 (посттемперирование в течение 24 ч) и № 2 (посттемперирование в течение 168 ч) показала, что такая длительность посттемперирования отрицательно влияет на внешний вид шоколада относительно контрольного образца.

3. *Образец Доминикана, 77 % какао.* Шоколад, прошедший этап посттемперирования в течение 168 ч (неделя) соответствует контрольному образцу по шкале поседения плиточного шоколада. При этом вкус и внешний вид шоколада улучшились согласно результатам дегустационной комиссии. Оценка образцов в соответствии со шкалой поседения плиточного шоколада по результатам опыта № 1 (посттемперирование в течение 24 ч) показала, что такая длительность посттемперирования отрицательно влияет на внешний вид шоколада относительно контрольного образца.

4. *Образец Колумбия, 80 % какао.* Шоколад, прошедший этап посттемперирования в течение 720 ч (месяц), соответствует контрольному образцу по шкале поседения плиточного шоколада. При этом вкус шоколада улучшился согласно результатам дегустационной комиссии. Оценка образцов в соответствии со шкалой поседения плиточного шоколада по результатам опыта № 1 (посттемперирование в течение 24 ч) и № 2 (посттемперирование в течение 168 ч) показала, что такая длительность посттемперирования отрицательно влияет на внешний вид шоколада относительно контрольного образца.

На основании проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Посттемперирование при хранении в условиях $t = -18^\circ\text{C}$ от 30 дней и более приводит к стабильной полиморфной форме (V), что в конечном итоге оказывает положительное влияние на органолептические показатели качества.

2. Процесс посттемперирования ($t = -18^\circ\text{C}$) оказывает непосредственное влияние на значительное замедление миграции жидкой триацилглицериновой фазы (TAG) при последующем хранении в условиях комнатной температуры и замедляет образование кристаллов жирового поседения на поверхности плиточного шоколада.

3. Органолептические характеристики плиточного шоколада по результатам посттемперирования не меняются и соответствуют требованиям технической документации. В отдельных случаях в процессе проведения опыта улучшались показатели вкуса и внешнего вида.

Список использованных источников

1. Рыжакова, А. В. Паттерны поведения потребителя при выборе плиточного шоколада / А. В. Рыжакова, И. В. Головизнин // Пищевая промышленность. – 2023. – № 7. – С. 75–80. doi:10.52653/PPI.2023.7.7.015
2. Аксёнова, Л. М. Научное обоснование повышения сохранности кондитерских изделий / Л. М. Аксёнова, Н. Б. Кондратьев // Вестн. Росс. акад. с.-х. наук. – 2014. – № 2. – С. 66–67.

3. Контурная модель экологически прослеживаемого питания : свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023664068, Российская Федерация : № 2023663057 : заявл. 22.06.2023 / А. В. Рыжакова, Н. В. Седова, Т. А. Сантурян, И. В. Головизнин ; заявитель – Рос. экон. ун-т им. Г. В. Плеханова». – Оpubл. 29.06.2023.

4. Ryzhakova, A. V. Modern approaches to traceability during the shelf life of confectionery products / A. V. Ryzhakova, M. S. Goloviznina, I. V. Goloviznin // Commodity science – traditions and perspectives : Celebrating 75th Years Specialty and Department of «Commodity Science», Varna, 20 октября 2023 г. – Varna : Science and economics, 2023. – P. 25–29.

5. Кондратьев, Н. Б. Основные направления изменения качества кондитерских изделий при хранении / Н. Б. Кондратьев // Инновационные технологии в пищевой промышленности : материалы XV Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 5–6 октября 2016 г. – Минск : УП «ИВЦ Минфина», 2016. – С. 362–364.

УДК 664:004.925.84

¹Г. В. Гусаков, кандидат экономических наук, доцент;

²А. А. Семенова, доктор технических наук, профессор;

¹И. В. Калтович, кандидат технических наук, доцент

¹РУП «Институт мясо-молочной промышленности», г. Минск, Республика Беларусь;

²ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем имени В. М. Горбатова»
Российской академии наук, г. Москва, Российская Федерация

ИННОВАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Аннотация. В статье представлены результаты исследований по изучению инновационных аспектов использования аддитивных технологий при производстве пищевых продуктов. Определены основные преимущества и возможности использования аддитивных технологий в сегменте HoReCa, а также проведен сравнительный анализ конкурентоспособности пищевых продуктов, произведенных с помощью 3D-технологий и традиционным способом. Разработаны технологии производства сухих мясных смесей и эмульсий для 3D-пищевого принтинга, отличающихся высоким содержанием белка (до 86,1–88,1 % и 26,5–32,7 %) и низким содержанием жира (до 6,5–6,9 % и 0,9–2,3 % соответственно), что обосновывает перспективы их использования для изготовления 3D-мясных продуктов (кулинарных изделий и полуфабрикатов). Определены основные конкурентные преимущества разработанных смесей и эмульсий, а также обоснованы перспективы их использования для сегмента HoReCa и пищевой промышленности Республики Беларусь и государств – участников Содружества Независимых Государств.

Ключевые слова: сухие мясные смеси, эмульсии, 3D-мясные продукты, свинина, говядина, мясо цыплят-бройлеров, белок, жир, конкурентные преимущества, перспективы использования.

¹G. V. Gusakov, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor;

²A. A. Semenova, Doctor of Technical Sciences, Professor;

¹I. V. Kaltovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

¹RUE “Institute of Meat and Dairy Industry”, Minsk, Republic of Belarus;

²FSBSI “V. M. Gorbatov Federal Scientific Center
for Food Systems” of the Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russian Federation

INNOVATIVE ASPECTS OF ADDITIVE TECHNOLOGIES IN FOOD PRODUCTION

Abstract. The article presents the results of research on the innovative aspects of the use of additive technologies in food production. The main advantages and possibilities of using additive technologies in the HoReCa segment were identified, as well as a comparative analysis of the competitiveness of food products produced using 3D-technologies and in the traditional way was carried out. Technologies for the production of dry meat mixtures and emulsions for 3D food printing have been

developed, which are characterized by a high protein content (up to 86,1–88,1 % and 26,5–32,7 %) and a low fat content (up to 6,5–6,9 % and 0,9–2,3 %, respectively), which justifies the prospects for their use for the manufacture of 3D meat products (culinary products and semi-finished products). The main competitive advantages of the developed mixtures and emulsions were determined, as well as the prospects for their use for the HoReCa segment and the food industry of the Republic of Belarus and the member states of the Commonwealth of Independent States were substantiated.

Keywords: dry meat blends, emulsions, 3D meat products, pork, beef, broiler chicken meat, protein, fat, competitive advantages, use prospects.

В настоящее время в эпоху индустриализации и высокого динамизма в обществе возрастает спрос на новые нишевые продукты с уникальными свойствами – индивидуализированной пищевой и биологической ценностью, консистенцией, дизайном, формой, вкусом и др. [1, 3, 5]. Одним из инновационных направлений в данной области является моделирование продуктов питания с использованием 3D-принтинга. Рынок 3D-печати пищевых продуктов является динамичным и активно развивается. Среднегодовой темп роста данного рынка составляет около 16 % [2, 4, 5]. Объем рынка 3D-печати пищевых продуктов к 2023 г. достиг 525,6 млн долл. США, к 2025 г. составит до 1 млрд долл. США (по прогнозам Research and Markets) [1, 7, 8].

В результате анализа использования 3D-технологий в сегменте HoReCa было установлено, что внедрение данной инновационной технологии позволит предприятиям освоить новую рыночную нишу, привлекать новых клиентов, повысить средний чек, снизить трудоемкость изготовления продукта и увеличить производительность труда, а также предоставит ряд других возможностей [1–4, 6, 8].

При использовании аддитивных технологий в сегменте HoReCa отмечены следующие преимущества и возможности.

Преимущества:

- возможность создания продуктов нестандартной и сложной формы, а также изделий с уникальной структурой и консистенцией (текстурой);
- перспектива создания персонализированных продуктов с заданной питательной ценностью;
- значительное сокращение цепочки поставок (максимальная близость к конечному потребителю);
- отсутствие складских помещений, так как производство осуществляется на основе спроса;
- длительный срок хранения ингредиентов;
- быстрый процесс изготовления продуктов;
- высокий коэффициент использования сырья и сокращение объема пищевых отходов;
- принципиальное отличие продуктов от товаров-конкурентов;
- мобильность производства;
- ориентированное на потребителя производство.

Возможности:

- создание индивидуализированных продуктов под заказ;
- более высокая добавленная стоимость продуктов;
- снижение трудоемкости изготовления продукта и повышение производительности труда;
- возможность получения уникального преимущества в деятельности хозяйствующего субъекта;
- новая неосвоенная рыночная ниша;
- удовлетворение потребностей особых секторов экономики.

Определено, что при изготовлении 3D-продуктов повышается конкурентоспособность предприятий сегмента HoReCa. Кроме того, организации получают дополнительную прибыль за счет использования инновационной технологии. Сравнительный анализ конкурентоспособности пищевых продуктов, произведенных с помощью 3D-технологий и традиционным способом, представлен в табл. 1.

Таблица 1. Сравнительный анализ конкурентоспособности пищевых продуктов, произведенных с помощью 3D-технологий и традиционным способом

Критерии оценки конкурентоспособности	Традиционное производство	3D-технологии
Уникальность произведенной продукции	Стандартизированная, однородная продукция	Товар обладает уникальными свойствами. Использование инновационных методов и технологий. Удовлетворение более широкого спектра потребностей
Доступность товара на рынке	Высокий уровень распространения товара на рынке. Существует множество известных конкурентов и товаров-заменителей. Сложная система сбыта продукции	Низкий уровень распространения на рынке. Отсутствие прямых конкурентов. Сокращение цепочки поставки продукции
Участие потребителей в процессе производства	Потребитель приобретает конечный продукт	Непосредственное участие потребителей как в производстве, так и в выборе компонентов для изготавливаемой продукции
Внешний вид продукции	Простой дизайн продукции	Печать продукта с дизайном любой сложности для каждого потребителя
Цена товара	Относительно низкая стоимость конечного продукта за счет массового производства	Более высокая стоимость конечного продукта из-за использования инновационной технологии

РУП «Институт мясо-молочной промышленности» создано новое направление в пищевой промышленности Республики Беларусь и разработаны технологии производства сухих мясных смесей и эмульсий из высококачественного сырья (свинина, говядина, мясо цыплят-бройлеров и др.) для 3D-принтинга, а также 3D-мясных продуктов (кулинарных изделий и полуфабрикатов) с их использованием (рис. 1).



Рис. 1. Сухие мясные смеси для пищевого принтинга и 3D-мясные продукты с их использованием

Установлено, что сухие смеси и эмульсии на основе мяса цыплят-бройлеров, а также свинины и мяса цыплят-бройлеров, говядины и свинины (в соотношениях 1:1) отличаются высоким содержанием белка (до 86,1–88,1 % и 26,5–32,7 %) и низким содержанием жира (до 6,5–6,9 % и 0,9–2,3 % соответственно), что обосновывает перспективы их использования для изготовления высококачественных 3D-мясных продуктов (кулинарных изделий и полуфабрикатов) (табл. 1 и 2). Вместе с тем соотношение белок:жир в сухих смесях для изготовления кулинарных изделий и полуфабрикатов варьирует в диапазоне 4,1:1 – 13,6:1, в то время как в эмульсиях – 4,7:1 – 31,1:1, что свидетельствует об их высокобелковой направленности (табл. 2 и 3).

Таблица 2. Содержание белка, жира и влаги в сухих смесях и эмульсиях для изготовления кулинарных изделий

Показатель	Сухие смеси для изготовления кулинарных изделий			Эмульсии для изготовления кулинарных изделий		
	из мяса цыплят-бройлеров	из мяса цыплят-бройлеров и свинины (соотношение 1:1)	из свинины и говядины (соотношение 1:1)	из мяса цыплят-бройлеров	из мяса цыплят-бройлеров и свинины (соотношение 1:1)	из свинины и говядины (соотношение 1:1)
Содержание белка, %	86,1	81,4	82,6	28,0	29,5	32,7
Содержание жира, %	6,9	13,1	12,1	0,9	4,7	5,1
Содержание влаги, %	6,9	5,5	5,2	69,4	65,2	62,0
Соотношение белок:жир	12,5:1	6,2:1	6,8:1	31,1:1	6,3:1	6,4:1

Таблица 3. Содержание белка, жира и влаги в сухих смесях и эмульсиях для изготовления полуфабрикатов

Показатель	Сухие смеси для изготовления полуфабрикатов			Эмульсии для изготовления полуфабрикатов		
	из мяса цыплят-бройлеров	из мяса цыплят-бройлеров и свинины (соотношение 1:1)	из свинины и говядины (соотношение 1:1)	из мяса цыплят-бройлеров	из мяса цыплят-бройлеров и свинины (соотношение 1:1)	из свинины и говядины (соотношение 1:1)
Содержание белка, %	88,1	75,1	81,4	20,8	26,5	19,8
Содержание жира, %	6,5	18,3	9,2	2,3	5,6	3,7
Содержание влаги, %	5,3	7,4	9,2	78,1	64,5	74,9
Соотношение белок:жир	13,6:1	4,1:1	8,9:1	9,0:1	4,7:1	5,4:1

Установлено, что основными конкурентными преимуществами сухих мясных смесей, эмульсий и 3D-мясных продуктов с их использованием являются следующие:

- возможность моделирования нутриентного состава с учетом индивидуальных физиологических потребностей организма конкретного человека;
- индивидуализированная пищевая и биологическая ценность, сбалансированные соотношения аминокислот, жирных кислот, минеральных веществ, витаминов;
- натуральный состав, отсутствие пищевых добавок (консервантов, красителей, стабилизаторов, усилителей вкуса и аромата и др.);
- возможность придания оригинальных технологических параметров (дизайн, форма, вкус и др.) изготавливаемым 3D-мясным изделиям;
- легкая транспортабельность и длительные сроки хранения (6 месяцев при $t = (18 \pm 2) ^\circ\text{C}$), удобство в применении на турслетах, спортивных сборах, в экспедициях, походах, космических полетах и др. (для сухих смесей).

На основании проведенных исследований определено, что разработанные сухие мясные смеси и эмульсии на основе различных видов сырья (говядина, мясо цыплят-бройлеров, свинина и др.) для 3D-пищевого прайтинга являются перспективными для использования в сегменте HoReCa и пищевой промышленности не только Республики Беларусь, но и государств – участников Содружества Независимых Государств, что позволит:

- обеспечить развитие инновационного направления пищевой промышленности стран СНГ – изготовление высококачественных 3D-пищевых продуктов;
- интенсифицировать развитие персонифицированного, спортивного, геродиетического, гипоаллергенного и др. питания в данных государствах;
- освоить новую рыночную нишу и изготавливать уникальные изделия нестандартной сложной формы, дизайна и других параметров по специализированным заказам потребителей;
- обеспечить предприятиям сегмента HoReCa государств – участников СНГ дополнительную прибыль за счет использования инновационной техно-

логии 3D-принтинга благодаря привлечению новых клиентов, увеличению товарного чека, а также значительно повысить рентабельность их производства;

– снизить трудоемкость изготовления уникальных оригинальных продуктов, значительно ускорить данный процесс, а также увеличить производительность труда;

– удовлетворить потребности особых секторов экономики государств – участников СНГ в пищевых продуктах повышенной пищевой и биологической ценности (туристической отрасли, медицины и др.).

Список использованных источников

1. Новые технологии в индустрии питания – 3D-печать / А. С. Гришин [и др.] // Вестн. ЮУрГУ. Сер. «Пищевые биотехнологии». – 2016. – Т. 4. – № 2. – С. 36–44.

2. Применение 3D-принтера для формования изделий из шоколада / А. И. Ермаков [и др.] // Мировая экономика и бизнес-администрирование малых и средних предприятий : материалы 13-го междунар. науч. семинара, проводимого в рамках 15-й междунар. науч.-техн. конф. «Наука, образование – производству, экономике, Минск, 26–28 января 2016 г. / БНТУ ; редкол.: Б. М. Хрусталёв [и др.]. – Минск, 2016. – С. 42–43.

3. Ермаков, А. И. Разработка конструкции 3D-принтера, печатающего пищевыми материалами / А. И. Ермаков, С. В. Чайко // Мировая экономика и бизнес-администрирование малых и средних предприятий: материалы 13-го междунар. науч. семинара, проводимого в рамках 15-й междунар. науч.-техн. конф. «Наука, образование производству, экономике, Минск, 26–28 января 2017 г. / БНТУ ; редкол.: Б. М. Хрусталёв [и др.]. – Минск, 2017. – С. 255–256.

4. Колмыкова, О. Н. Научно-технический прогресс как фактор повышения уровня жизни населения / О. Н. Колмыкова, Т. В. Кудрявцева // Социально-экономические явления и процессы. – 2011. – № 5–6. – С. 127–129.

5. К использованию трехмерной печати пищевых продуктов, одежды / В. З. Крученецкий [и др.] // Вестн. Алматинского технологического ун-та. – 2016. – № 3 (112). – С. 18–25.

6. Морозов, А. В. Перспективы развития инновационного технологического уклада / А. В. Морозов, Р. Р. Низамов // Вестн. Казанского технологического ун-та. – 2013. – № 20. – С. 331–334.

7. Потеха, В. Л. Аддитивные технологии в пищевой отрасли / В. Л. Потеха, А. В. Потеха // Инновационные технологии в пищевой промышленности : материалы XV Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 5–6 окт. 2016 г. : в 2 ч. / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по продовольствию ; ред.: В. Г. Гусаков [и др.]. – Минск, 2016. – Ч. 1. – С. 9–10.

8. Шварцев, С. Л. Есть ли будущее у аддитивных технологий? / С. Л. Шварцев // Вестн. Рос. акад. наук. Сер. «Дискуссионная трибуна». – 2017. – Т. 87, № 6. – С. 538–547.

УДК 664.68+661.717.53

**К. Н. Гершончик, кандидат технических наук;
С. Е. Томашевич, кандидат технических наук, доцент;
М. И. Гарлинская**

*РУП «Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»,
г. Минск, Республика Беларусь*

АНАЛИЗ МИРОВЫХ ПОДХОДОВ ПО УСТАНОВЛЕНИЮ УРОВНЯ СОДЕРЖАНИЯ АКРИЛАМИДА В КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЯХ

Аннотация. На всех этапах производства пищевых продуктов проводится мониторинг современных методов и методик оценки качества и безопасности продуктов питания, а также образующихся в них контаминантов и обоснование их допустимого уровня содержания. В связи с этим совершенствуются технологии производства и кондитерских изделий. В Республике Беларусь отсутствуют контролируемые нормы содержания акриламида, в связи с чем возникает необходимость в разработке методик определения его количественного содержания, а также технологических приемов по его снижению. В данной статье рассмотрены и проанализированы основные существующие проблемы и возможные способы снижения содержания акриламида в кондитерской продукции.

Ключевые слова: кондитерские изделия, контаминант, акриламид, аспарагин.

**K. N. Gershonchik, Candidate of Technical Sciences;
S. E. Tamashevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
M. I. Harlinskaya**

*RUE “Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food”,
Minsk, Republic of Belarus*

ANALYSIS OF WORLDWIDE APPROACHES TO ESTABLISHING THE LEVEL OF ACRYLAMIDE CONTENT IN CONFECTIONERY PRODUCTS

Abstract. At all stages of food production, modern methods and techniques for assessing the quality and safety of food products, as well as the contaminants formed in them, are monitored and their acceptable levels of content are justified. In this regard, production technologies and confectionery products are being improved. In the Republic of Belarus there are no controlled standards for acrylamide content, and therefore there is a need to develop methods for determining its quantitative content, as well as technological methods for reducing it. This article discusses and analyzes the main existing problems and possible ways to reduce the acrylamide content in confectionery products.

Keywords: confectionery, contaminant, acrylamide, asparagine.

Кондитерские изделия, которые производятся на территории Евразийского экономического союза (далее – ЕАЭС), должны соответствовать всем требованиям по показателям качества и безопасности, регламентируемым техни-

ческими регламентами ЕАЭС, а также национальными санитарно-гигиеническими нормативами.

Учеными обнаружено, что в процессе тепловой обработки продуктов с высоким содержанием углеводов и (или) белков (картофель, злаки) при их варке, обжаривании, запекании, выпечке образуется акриламид. Акриламид образуется в результате реакции меланоидинообразования при взаимодействии аминокислоты аспарагина и редуцирующих сахаров (преимущественно, глюкозы и фруктозы) при воздействии температуры выше 120–125 °С. В результате происходит образование акролеина, который при дальнейших химических реакциях приводит к возникновению акриламида. Кроме аминокислот с редуцирующими сахарами могут реагировать белки, пептиды, амины, аммоний и другие азотсодержащие вещества, образуя темноокрашенные продукты. Это приводит к уменьшению групп в белке и снижению его пищевых качеств [1, 4]. Также акриламид может образовываться в результате деструкции липидов, путем дегидратации/декарбоксилирования некоторых органических кислот (яблочной, молочной, лимонной) [1–7].

На основании проведенных доклинических исследований европейскими, американскими и российскими учеными было установлено канцерогенное воздействие акриламида на грызунов. В настоящее время, согласно классификации Европейского агентства по безопасности продуктов питания (EFSA), акриламид является канцерогенным и генотоксичным веществом II класса опасности, которое способно всасываться через кожные покровы, дыхательную и пищеварительную системы, оказывающие негативное влияние на эндокринную и репродуктивную системы [2–7]. По данным FAO/ВОЗ среднее употребление акриламида с пищевыми продуктами составляет 1 мкг на 1 кг массы тела в сутки, но при более высоких уровнях потребления (более 4 мкг на 1 кг массы тела в сутки) наступает риск для здоровья человека [5].

В апреле 2002 г. Национальным управлением продовольствия Швеции, а в 2003 г. Управлением по контролю и лекарствами США впервые опубликованы данные об обнаружении акриламида в термически обработанных продуктах богатых белком в концентрациях от 5 до 50 мкг/кг, более высокое его содержание наблюдается в продуктах на основе крахмала – от 150 до 4000 мкг/кг [3]. В Канаде акриламид официально внесли в список токсичных веществ, который является неотъемлемой частью закона о защите окружающей среды.

Ученые стран Европейского союза усиленно начали проводить исследования по определению содержания акриламида в продуктах питания [5]. В результате проведенных научных работ в Европейском союзе (с 2002 по 2017 г.) вступил в силу Регламент Комиссии (ЕС) 2017/2158 от 20 ноября 2017 г., в котором упорядочены меры по снижению уровня загрязнения и уровня контроля с целью сокращения присутствия акриламида в пищевых продуктах. Следует отметить, что в данном документе ужесточены требования по содержанию акриламида для ряда продукции по сравнению с ориентировочными значениями и контрольными уровнями содержания акриламида в пищевых продуктах, установленные Европейской комиссией в 2011 и 2013 гг. (см. таблицу) [7–9].

**Контрольные уровни содержания акриламида в пищевых продуктах,
установленные Европейской комиссией**

Продукт	Индикативное значение 2011, мкг/кг	Индикативное значение 2013, мкг/кг	Индикативное значение 2017, мкг/кг
Картофель фри	600	600	500
Картофельные чипсы	1000	1000	750
Мягкий хлеб (пшеничный)	150	80	50
Мягкий хлеб (другой)	—	150	100
Сухие завтраки: продукты с отрубями, цельнозерновые каши, воздушная крупа	400	400	300
Сухие завтраки: на основе пшеницы и ржи	—	300	300
Сухие завтраки: на основе кукурузы, овса, полбы, ячменя и риса	—	200	150
Печенье	500	500	350
Крекеры	500	500	400
Хрустящие хлебцы	500	450	350
Имбирные пряники	—	1000	800
Детское питание на основе круп	100	50	40
Детское питание (не на основе злаков) без чернослива	80	50	—
Детское питание (незерновое) с черносливом	—	80	—
Печенье и сухарики для младенцев и детей раннего возраста	250	200	150
Обжаренный кофе	450	450	400
Быстрорастворимый кофе	900	900	850
Заменитель кофе (на основе злаков)	—	2000	500
Заменитель кофе (цикорий)	—	4000	4000

В нормативной базе ЕАЭС отсутствуют верхнедопустимые уровни содержания акриламида в пищевых продуктах, однако уже на данном этапе следует активно проводить исследования в направлении минимизации его накопления в пищевых продуктах, в том числе кондитерских изделиях, в технологиях которых имеются предпосылки для образования акриламида – сырьевые источники реагентов, повышенные температуры в производственном цикле. Так, температура выпечки печенья, пряников, кексов, бисквитов составляет 160–300 °С, температура обжаривания какао-бобов – 145–170 °С, температура уваривания ирисных масс – 122–124 °С, температура приготовления расплава для грильяжа – 195–205 °С [1].

Рецептуры кондитерских изделий содержат компоненты, которые являются источниками реагентов для образования акриламида. На накопление акриламида могут влиять вид используемого сырья, его географическое происхождение, сорт. Согласно нормам и правилам по снижению содержания акриламида в пищевых продуктах, установленных в стандарте Кодекс Алиментариус CAC/RCP 67-2009 [9], высшие сорта муки содержат значительно меньше аспарагина, чем мука грубого помола: содержание аспарагина в пше-

нице составляет от 75 до 2200 мг/кг, в рисе – от 15 до 25 мг/кг, в овсе – от 50 до 1400 мг/кг, в кукурузе – от 70 до 3000 мг/кг, во ржи – от 319 до 880 мг/кг. Также отмечено, что недостаток серы в почве может вызвать увеличение уровня аспарагина в пшенице и ячмене, в то время как высокое содержание азота в почве увеличивает содержание аспарагина в хлебных злаках [9].

Учеными установлено, что бикарбонат аммония потенциально увеличивает количество акриламида в выпечке. В связи с этим при производстве кондитерских изделий рекомендуется заменять азотсодержащие разрыхлители. Например, сочетание бикарбоната натрия с органическими кислотами (винной или лимонной кислотой) может привести к образованию менее рыхлого продукта. Количество добавляемых органических кислот следует ограничивать, поскольку это может привести к образованию кислого привкуса и слишком быстрому выделению газа из теста [7–9].

Также отмечено, что при использовании фруктозы по сравнению с глюкозой образуется большее количество акриламида. Промышленные исследования показали, что исключение источников фруктозы или ее замена на глюкозу в ингредиентах (сахарный сироп, фруктовое пюре, мед) успешно сокращает образование акриламида. При необходимости использования крахмальной патоки уровень содержания фруктозы в такой патоке должен быть как можно ниже. Замена редуцирующих сахаров на сахарозу является еще одним эффективным способом значительного снижения содержания акриламида при производстве кондитерских изделий [9].

В настоящее время в странах Европейского союза для снижения содержания акриламида в кондитерских изделиях применяют следующие мероприятия [2, 7, 8]:

1. Изменение температуры и времени процесса выпечки продуктов с высоким содержанием углеводов, в частности, уменьшая температуру конечных стадий.

2. Частичная замена пшеничной муки на другие виды муки. Например, бельгийскими учеными были проведены исследования группы кондитерских изделий по содержанию в них акриламида. При исследовании 21 образца вафель на основе злаков (кукурузные и рисовые) акриламид обнаружен в 90 % образцов в пределах от 105 мкг/кг до 259 мкг/кг.

3. Замена азотсодержащих разрыхлителей (на основе аммония) на бикарбонат натрия с подкислителями.

4. Применение специальных ферментов во время выпечки, которые вступают в связь с аминокислотой и не дают вступать в реакцию с сахарами. Например, применение L-аспарагиназы позволило уменьшить количество акриламида в корке и мякише хлебобулочных изделий на 97 и 73 % соответственно.

5. Применение нетрадиционного сырья растительного происхождения (в том числе пряноароматического). Например, добавление в имбирные пряники 2 % гвоздики позволило снизить содержание акриламида на 17,3 %.

Проведенный анализ международных исследований показал, что ключевыми факторами, оказывающими влияние на образование акриламида, являются:

- тепловая обработка при температуре выше 120–125 °С;
- вид используемого сырья и содержание в нем аспарагина;
- вид сахара в рецептуре: наиболее активно реагируют ксилоза, арабиноза, глюкоза, галактоза, фруктоза;
- pH среды: наиболее интенсивно реакция протекает в слабощелочной среде, однако отдельные аминокислоты способны вступать в реакцию в кислой или щелочной среде;
- использование азотсодержащих разрыхлителей.

В кондитерских изделиях, выпускаемых на территории ЕАЭС, уровень акриламида не контролируется и не регламентируется. Анализ исследований ученых показал, что потенциальными источниками акриламида могут быть кондитерские изделия следующих групп: пряники, печенье, шоколадные изделия, конфеты из молокосодержащих и грильяжных масс. В настоящее время содержание акриламида в кондитерских изделиях ввиду технологических процессов полностью исключить не представляется возможным, однако можно отрегулировать его концентрацию и свести к минимуму его воздействие на организм человека при изменении рецептурного состава и параметров температурной обработки.

Список использованных источников

1. Зубченко, А. В. Физико-химические основы технологии кондитерских изделий : учеб. / А. В. Зубченко. – 2-е изд., перераб. и доп. – Воронеж. гос. технол. акад., 2001. – С. 70–77.
2. Sztternfeld, P. Acrylamide in other foods. Determination of acrylamide levels in some food categories and estimation of the exposure for the Belgian population / P. Sztternfeld, V. Van Leeuw, M. Andjelkovic // Final Scientific Report. Direction Générale Animaux, Végétaux et Alimentation (DG4) Eurostation II – Bruxelles. – 2020. – 76 с.
3. Исследование содержания акриламида в чипсах / А. Н. Никитенко [и др.] // Труды БГТУ. – 2018. – № 1. – С. 26–30.
4. Чернова, А. В. Регламентирование содержания контаминанта акриламида в пищевой продукции / А. В. Чернова, А. В. Петроченкова // Научные труды Дальрыбвтуза. – 2023. – Т. 63, № 1. – С. 20–27.
5. Нилова, Л. Л. Проблемы безопасности хлебобулочных изделий: акриламид / Л. Л. Нилова, С. М. Малютенкова, А. А. Вытовтов // Вестн. ЮУрГУ. Сер. «Пищевые и биотехнологии». – 2017. – Т. 5, № 1. – С. 74–81.
6. Особенность экспрессии генов при токсическом повреждении печени акриламидом / Т. Г. Якупова [и др.] // Медицина в Кузбассе. – 2023. – Т. 22, № 2. – С. 81–85.
7. A Review on the New Trends of Acrylamide Toxicity / Ghamdi I. A. [et al.] // Biomedical Journal of Scientific & Technical Research. – April, 2020. – Vol. 27, № 2. – P. 20638-20644.
8. Commission regulation (EU) 2017/2158 [Electronic resource]. – Mode of access: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32017R2158>. – Date of access: 12.03.2024.
9. SAC/RCP 67-2009. Нормы и правила по снижению содержания акриламида в пищевых продуктах. Кодекс Алиментариус. Международные стандарты пищевых продуктов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/codes-of-practice/ru>. – Дата доступа: 12.03.2024.

УДК 663.913.14

**А. В. Мелешеня, кандидат экономических наук, доцент;
Д. А. Зайченко, кандидат технических наук, доцент;
С. И. Корзан, кандидат технических наук;
А. А. Садовский, кандидат технических наук**

*РУП «Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»,
г. Минск, Республика Беларусь*

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАКАОВЕЛЛЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ

Аннотация. Одним из основных путей рационального использования импортного дорогостоящего сырья – какао-бобов является их комплексная переработка, включая оболочки – какао-веллы, которая представляет собой ценный по химическому составу продукт пониженной энергетической ценности с ярко выраженным цветом и ароматом. В результате анализа литературных данных установлено, что по пищевой ценности какаовелла характеризуется пониженным содержанием жира (какао-масла) и повышенным содержанием витаминов, минеральных веществ и пищевых волокон, на долю которых приходится более 60 %, в том числе клетчатка (25 %), пектиновые вещества (15 %), пентозаны (13 %); аромат порошка из какаовеллы выражен более интенсивно (на 25 %), чем порошка из ядра какао-бобов; себестоимость порошка из какаовеллы в 4,5 раза ниже себестоимости порошка из ядра какао-бобов. В качестве натуральной добавки порошок какаовеллы можно использовать для повышения биологической ценности пищевых продуктов со вкусом и ароматом какао, в частности отделочных полуфабрикатов (сироп, помада, желе, крем, посыпки, глазурь, мастика, марципан, карамель и др.), выпечных полуфабрикатов (бисквитные, песочные, слоеные, заварные, воздушные, воздушно-ореховые, миндальные, крошковые и вафельные), кондитерских изделий и молочной продукции. В статье представлены основные технологические приемы обработки какаовеллы, в частности механические способы измельчения, предполагающие использование различных мельниц: шаровых, вихревых, вибрационных, струйных, планетарных и дезинтеграторов; замораживание; комбинированные способы.

Ключевые слова: какао-бобы, какаовелла, технология, обработка, измельчение.

**A. V. Meleschenya, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor;
D. A. Zaichenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
S. I. Korzan, Candidate of Technical Sciences;
A. A. Sadovsky, Candidate of Technical Sciences**

*RUE “Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food”,
Minsk, Republic of Belarus*

TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR USING COCOA BELLS IN FOOD PRODUCTION

Abstract. One of the main ways of rational use of imported expensive raw materials – cocoa beans is their complex processing, including – cocoa shells, which are a valuable product in terms of chemical composition, low energy value, with a pronounced color and aroma. As a result of the analy-

sis of literary data, it was established that in terms of nutritional value, cocoa shells are characterized by a reduced fat content (cocoa butter) and an increased content of vitamins, minerals and dietary fiber, which account for more than 60 %, including cellulose (25 %), pectin substances (15 %), pentosans (13 %); the aroma of cocoa shell powder is expressed more intensely (by 25 %) than that of cocoa bean kernel powder; the cost of cocoa shell powder is 4,5 times lower than the cost of cocoa bean kernel powder. As a natural additive, cocoa shell powder can be used to increase the biological value of food products with cocoa flavor and aroma, in particular, finishing semi-finished products (syrup, pomade, jelly, cream, sprinkles, glaze, mastic, marzipan, caramel, etc.), baked semi-finished products (biscuit, shortbread, puff, custard, airy, air-nut, almond, crumb and wafer), confectionery and dairy products. The article presents the main technological methods of processing cocoa shells, in particular mechanical methods of grinding, involving the use of various mills: ball, vortex, vibration, jet, planetary and disintegrators; freezing; combined methods.

Keywords: cocoa beans, cocoa shells, technology, processing, grinding.

Какаовелла – внешняя оболочка какао-бобов, миндалевидных семян, содержащихся в плоде (стручке) шоколадного дерева (*Theobroma cacao*). Плод дерева (см. рисунок) крупный, формой похож на лимон, состоит из плотной морщинистой оболочки, в которой заключены в беловатой мякоти семена какао-бобов. Бобы какао состоят из какаовеллы и ядра, в процессе переработки которого получают масло какао и какао-порошок.

Извлеченные из мякоти свежесобранные плоды бобов какао имеют горький вяжущий вкус, серо-фиолетовый цвет и практически не имеют аромата. Для того чтобы улучшить вкус, цвет, аромат и облегчить отделение бобов от мякоти, их после извлечения из плодов подвергают ферментации с последующей сушкой [1, 2].



Строение плода дерева какао-бобов рода *Theobroma*

Ферментация является первоначальной стадией обработки какао-бобов и осуществляется непосредственно на плантациях. Процесс ферментации состоит в том, что масса сырых какао-бобов вместе с мякотью плотно укладывается в кучи, на лотки, ящики или корзины, укрывается сверху брезентом или банановыми листьями, чтобы сохранить тепло, выделяемое в процессе ферментации. При ферментации происходят изменения в бобах и мякоти, которые связаны с действием ферментов.

Различают ферментацию внешнюю, обусловленную биохимическими процессами в пульпе, и внутреннюю – связанную с физико-химическими и биохимическими процессами в семядолях какао-бобов.

Внешняя ферментация в основном определяется действием микроорганизмов, для которых пульпа является питательной средой. Начальная стадия ферментации протекает в анаэробных условиях, при низких значениях pH и высокой концентрации сахара в пульпе, что благоприятно для роста и размножения дрожжей. В результате спиртового брожения, вызываемого дрожжами, сахара сбраживаются до этилового спирта и углекислого газа. При этом выделяется теплота, которая повышает температуру массы до 32–33 °C к концу первых суток. К концу ферментации температура достигает 45–50 °C, брожение переходит в уксуснокислое, в результате чего в пульпе накапливается уксусная кислота.

При внутренней ферментации в результате биохимических процессов в какао-бобах накапливаются редуцирующие сахара и свободные кислоты, происходит окисление полифенолов и гидролиз антоцианов, что смягчает горький вяжущий вкус и изменяют окраску до коричнево-красной. Когда температура ферментации достигает 45–50 °C, происходит частичный гидролиз белков, что вызывает структурные изменения семядолей и увеличение водорастворимого азота. Наряду с биохимическими протекают и физико-химические процессы, связанные с воздействием тепла и влаги на семядоли какао-бобов, в результате чего нарушается структурная целостность семядолей. Продолжительность ферментации зависит от сортовых особенностей какао-бобов и составляет 2–7 суток.

После ферментации какао-бобы подвергают сушке. Сушка производится естественным путем (солнечная сушка) или нагретым воздухом при температуре 40 °C. В процессе сушки влажность бобов изменяется от 30–35 % до 6–8 %. Во время сушки происходит не только удаление излишней влаги, но и завершение биохимических и физико-химических процессов. В процессе ферментации и сушки формируется характерный для какао-бобов цвет, аромат, улучшается вкус, какао-бобы очищаются от мякоти, теряют всхожесть, семядоли растрескиваются в результате влаготермического воздействия, ослабляется связь ядра с оболочкой (какаовеллой), что облегчает дальнейшую переработку какао-бобов.

Высушенные бобы обычно упаковывают в мешки по 63,5 кг. Какао-бобы некоторых сортов после ферментации (до сушки) моют. При этом уменьша-

ются остатки мякоти и улучшается товарный вид бобов, они становятся более светлыми и однородными по цвету [3].

Высушенные ферментированные какао-бобы с влажностью 6–8 % реализуются крупным специализированным кондитерским фабрикам на переработку.

Основными странами – поставщиками какао-бобов на мировой рынок являются: Кот-д’Ивуар (около 40 % от общего объема), Гана и Индонезия. Стоимость какао-бобов на протяжении 10 лет была стабильной, в пределах 1700–1900 долл. США за тонну, однако с 2022 г. начала увеличиваться. Согласно данным лондонской биржи ICE Futures, стоимость какао-бобов впервые в истории в апреле 2024 г. превысила 10 тыс. долл. США за тонну. На август 2024 г. биржевая стоимость какао-бобов остановилась в районе 6500 долл. США. Согласно данным ТАСС, мировое производство какао-бобов в 2024 г. снизилось на 11 % по сравнению с предыдущим годом и составляет 4,45 млн т. Годовой импорт какао-бобов в Республику Беларусь составляет около 7500 т. Кондитерская отрасль Республики Беларусь включает 200 предприятий, 6 концернов. Ежегодно производится 160 тыс. т кондитерских изделий.

Ключевыми производителями, перерабатывающими какао-бобы, являются СОАО «Коммунарка» и СП ОАО «Спартак». Какао-бобы, поступающие на переработку, вследствие неоднородности по размерам, форме, качеству и содержанию различных примесей подвергаются сортированию и очистке от посторонних примесей на очистительно-сортировочных машинах различной конструкции. После очистки и сортировки какао-бобы поступают на термическую обработку с целью удаления влаги, улучшения вкусовых свойств и уничтожения микрофлоры. При термической обработке происходят физико-химические изменения: повышается содержание сухих веществ с 92 % до 98 %; какаовелла приобретает хрупкость, легко отделяется от ядра, которое также становится более хрупким и легче дробится, происходит стерилизация какао-бобов; значительно улучшаются вкусовые и ароматические свойства за счет уменьшения содержания растворимых дубильных веществ, удаления части летучих кислот, образования веществ со специфическим ароматом. Термическую обработку производят на обжарочных аппаратах при температуре не более 120 °С. Затем осуществляется дробление обжаренных какао-бобов на дробильно-сортировочных машинах, в результате которого ядро какао-бобов превращается в какао-крупку различной фракции 0,75–8 мм, выделяется отвеиванием какаовелла, удаляются ростки. Из какао-крупки получают какао тертое, при прессовании которого образуется какао-масло и какао-жмых.

Вес какаовеллы составляет 10–15 % от веса какао-бобов, следовательно, в год в стране образуется 750–1125 т какаовеллы. В результате значительного роста цен на какао-бобы, какаовеллу неприемлемо считать простым отходом производства.

На текущий момент отечественными предприятиями какаовелла не перерабатывается, а утилизируется как твердые бытовые отходы, или малое количе-

ство по низкой цене реализуется заинтересованными организациями в качестве добавки в животные и рыбные корма, для мульчирования почвы, в виде источника тепла при сжигании. Ограничения использования какао-овеллы связаны с микробиологическими показателями и трудностью получения из нее тонкодисперсного порошка.

В настоящее время действует ГОСТ 34073-2017 «Какао-овелла молотая. Технические условия», разработанный на основе требований, предъявляемых к какао-порошку (СТБ 1205-2012 «Какао-жмых и какао-порошок. Общие технические условия» и ГОСТ 108-76 «Какао-порошок. Технические условия»). Ввиду различия структуры какао-овеллы и ядра какао-бобов, некорректно использовать предлагаемую степень измельчения порошка какао-овеллы при производстве пищевой продукции. Степень измельчения какао-овеллы, согласно ГОСТ 34073-2017 составляет не более 280–315 мкм, а у какао-порошка, согласно СТБ 1205-2012 для промышленной переработки, – 280–315 мкм, для реализации – 150–160 мкм. Степень измельчения какао-овеллы напрямую влияет на вкусовые качества конечного продукта, обусловлено это ее высокой твердостью и абразивностью и при недостаточном измельчении в употребляемом изделии ощущается специфическая зернистость, напоминающая частички песка. Высокая твердость и абразивность какао-овеллы способствует быстрому износу рабочих поверхностей дорогостоящего оборудования, используемого в настоящее время для измельчения какао-бобов. Современные инновационные технологии и техника позволяют осуществлять тонкое измельчение какао-овеллы до высокодисперсного порошка, доля частиц с размером до 20 мкм может составлять 66 % от измельченной фракции [4, 5].

Какао-овеллу можно использовать в пищевой промышленности при производстве карамели, в медицине из-за высокого содержания теобромина (возбудителя мышцы сердца и центральной нервной системы, применяемого при производстве многих лекарственных препаратов). Благодаря высокому содержанию фибры и пентозанов рекомендовано использовать какао-овеллу для получения из нее спирта, фурфурола. По пищевой ценности какао-овелла характеризуется пониженным содержанием жира (какао-масла) и повышенным содержанием витаминов, минеральных веществ и пищевых волокон, на долю которых приходится более 60 %, в том числе клетчатка (25 %), пектиновые вещества (15 %), пентозаны (13 %). Органолептические свойства порошка какао-овеллы схожи с какао-порошком. Установлено, что аромат порошка из какао-овеллы выражен более интенсивно (на 25 %), чем порошка из ядра какао-бобов [6]. Себестоимость порошка из какао-овеллы в 4,5 раза ниже себестоимости порошка из ядра какао-бобов.

В связи с нехваткой в организме человека клетчатки, можно использовать порошок из какао-овеллы в качестве натуральной добавки для повышения биологической ценности пищевых продуктов со вкусом и ароматом какао, в частности отделочных полуфабрикатов (сироп, помада, желе, крем, посыпки, глазурь, мастика, марципан, карамель и др.), выпечных полуфабрикатов

(бисквитные, песочные, слоеные, заварные, воздушные, воздушно-ореховые, миндальные, крошковые и вафельные), кондитерских изделий и молочной продукции.

Разработка способов переработки какао-бобов ведется в основном в трех направлениях: экстракция красящих, ароматических веществ и антиоксидантов; ферментативный гидролиз клетчатки; измельчение какао-бобов до высокой степени дисперсности [3].

Механический способ измельчения предполагает использование различных мельниц: шаровых, вихревых, вибрационных, струйных, планетарных и дезинтеграторов.

При измельчении твердых материалов используют в основном удар, сжатие и сдвиг.

На качество и энергоемкость измельчения пищевых продуктов влияет их структура и физико-механические свойства, конструктивные и геометрические параметры рабочих органов измельчителя, режимы работы оборудования.

Выбор способа измельчения зависит от физико-химических свойств материала и требований, предъявляемых к готовому продукту. Реологические свойства (упругость, пластичность, вязкость, прочность) продукта, учитывающиеся при измельчении, зависят в основном от скорости деформации, температуры, влажности.

Перед измельчением какао-бобов ударом, ей предварительно придают хрупкость – замораживанием в жидком азоте или подсушиванием потоком горячего воздуха (при измельчении на ударно-центробежной мельнице). Таким образом, повышается размолоспособность какао-бобов [3].

Размолоспособность можно повысить за счет использования гидрообработки, применяемой при измельчении продуктов пищевого концентратного производства. Мойка и последующая сушка повышают размолоспособность и снижают энергозатраты на измельчение, например, крупы на 20–25 %, что обусловлено разрыхлением эндосперма влагой, структура которого после высушивания не возвращается в исходное состояние. Имеются данные о возможности повышения размолоспособности какао-бобов путем ее предварительной гидрообработки. Какао-бобы после дробильно-сортировочной машины без последующего измельчения на дезинтеграторе подвергались гидрообработке в ванне с водой. После чего подвергались истиранию на валковой мельнице. Полученную после истирания массу гранулировали на шнековом грануляторе в гранулы различного диаметра и производили их сушку. Высушенные гранулы измельчались в дезинтеграторе и установке по получению какао-порошка. При производстве порошка из гидрообработанной какао-бобов достигается степень измельчения, не уступающая степени измельчения какао-порошка производственного. Это дает возможность значительно расширить ассортимент изделий с какао-бобовой [7].

Авторским коллективом факультета пищевых производств Уральского государственного экономического университета, Уральской государственной горно-геологической академии, ООО «Энерго-Телеком», ОАО «Завод Старт» разработана и внедрена новая технология измельчения целлюлозосодержащих продуктов с помощью ротационно-каскадной технологии с планетарным движением мелющих тел [8]. В данной технологии, измельчаемый продукт в процессе помола подвергается многократным сжимающим нагрузкам в результате прокатывания по нему множества мелющих тел. Такое многократное воздействие на измельчаемый продукт при наличии фактора селективности разрушения его составляющих позволяет существенно повысить выход какао-порошка из какао-бобов за счет более полного отделения эндосперма от оболочки. Существенному повышению селективности разрушения продукта в предложенной технологии способствует также последовательное уменьшение контактной нагрузки мелющих тел на продукт по мере перемещения продукта в зоне измельчения от входа к выходу.

Предложенная технология измельчения продукции является принципиально новым технико-технологическим направлением высокоскоростного (окружная скорость мелющих тел по данной технологии более 10 м/с, в то время как окружная скорость валцов в лучших скоростных зарубежных (американских) валцевых мельницах составляет не более 6 м/с) энергонапряженного селективного помола зерна, открывает новые перспективы в развитии отрасли. Основными преимуществами разработанной и внедренной новой технологии измельчения продукта перед отечественными и зарубежными аналогами является: высокая производительность и качество получаемых продуктов за счет увеличенной в 20–30 раз зоны измельчения и отсутствие сдвиговой нагрузки на продукт; экономичность в работе – удельный расход энергии при помоле примерно в 2 раза ниже; компактность оборудования – габариты мельничной установки в 3 раза меньше мировых аналогов. При необходимости данная технология может обеспечивать высокую дисперсность получения продукта.

М. М. Беззубцевой разработан энергоэффективный способ электромагнитной активации, представляющий новый тип технологического оборудования – электромагнитные механоактиваторы (ЭММА), принцип действия которых основан на нетрадиционном способе передачи механической энергии слою размольных элементов с использованием стационарного магнитного поля постоянного тока. Диспергирующее усилие формируется в процессе образования силового взаимодействия между рабочими органами аппарата под действием электромагнитных и механических сил. При прохождении через элементы ЭММА магнитного потока размольные тела организуются в различные структурные построения и создают слой, сцепляющий поверхности, ограничивающие объем обработки продукта. При относительном смещении этих поверхностей структурные построения разрушаются и мелющим телам сообщается кинетическая энергия движения в рабочем объеме аппарата. Си-

ловое воздействие проявляется как в виде усилий сжатия, так и с помощью ударно-истирающих нагрузок. Способ, положенный в основу построения ЭММА, обеспечивает энергонапряженный характер диспергирующих сил, легко подлежит автоматизации, требует малых затрат мощности, что соответствует современным требованиям организации процесса тонкого и сверхтонкого диспергирования [9, 10].

В Белорусском государственном университете пищевых и химических технологий в 2005 г. разработаны технология и оборудование для производства порошка какао-веллы с высокой степенью измельчения, полностью соответствующие техническим условиям Республики Беларусь [11, 12]. Для изучения процесса измельчения какао-веллы была спроектирована и изготовлена установка для ее тонкого измельчения и классификации. Установка включает в себя измельчитель ударно-истирающего действия и центробежный классификатор, объединенные в одном рабочем объеме, шнековый питатель и циклон. На разработанной установке можно получать порошки из какао-веллы высокого качества со средним размером частиц на уровне 25–30 мкм, которые отвечают требованиям технологического процесса производства кондитерских изделий. Опытный образец установки для тонкого измельчения УТИ-100 внедрен на СОАО «Коммунарка» в апреле 2006 г. Заводские испытания показали, что полученный продукт полностью соответствует СТБ 1206-2000 «Полуфабрикаты шоколадного производства. Какао-велла молотая. Технические условия».

Известны способ получения порошка какао-веллы и шлифовальное оборудование для ее обработки [13]. Технический результат достигается тем, что в способе получения порошка какао-веллы, включающем ее увлажнение путем замачивания в воде, измельчение на пятивалковой мельнице до обеспечения разрыва клеточной ткани, гранулирование полученной массы, сушку гранул и их измельчение, перед увлажнением какао-веллу дополнительно обрабатывают на шлифовальной машине в течение 9–11 мин со скоростью вращения ситового барабана $20\text{--}25\text{ мин}^{-1}$ и скоростью вращения шлифовального устройства $200\text{--}300\text{ мин}^{-1}$. Обработанную какао-веллу выводят из машины и замачивают в воде при соотношении 1 : (1,1–1,25) соответственно в течение 20–30 мин, затем набухшую какао-веллу измельчают на пятивалковой мельнице и гранулируют. Полученные гранулы высушивают до влажности не более 7,5 мас.% и измельчают до получения частиц размером менее 30 мкм в количестве не менее 97 мас.%.

Существуют и другие способы обработки, в частности экстракцией [3]. Известна экстракция кипячением молотой какао-веллы со смесью 85–90 % этанола и 10–15 % кислоты (соляной, фосфорной, лимонной, винной). В США краситель из какао-веллы получают экстракцией обезжиренной какао-веллы при нагревании со щелочью водным спиртом.

В Германии известен способ экстракции пигмента из какао-веллы водными растворами кислот с последующим упариванием и сушкой экстракта. При

этом отмечено отсутствие пестицидов в готовом продукте. Известен способ экстрагирования из какао-веллы антиоксидантов 0,02 н раствором гидроксида натрия.

В США предложен способ получения какао-порошка из какао-веллы, включающий экстракцию вяжущих веществ спиртом, замораживание какао-веллы погружением в жидкий азот при температуре не выше 30 °С. Полученный порошок используется в качестве заменителя какао-порошка.

Известен способ получения пасты из какао-веллы и кондитерского жира в соотношении 45:55 путем гомогенизации массы. Какао-паста используется в качестве заменителя какао-порошка, и какао тертое – при производстве начинок для конфет и вафель.

Л. С. Кузнецовой предложены водные суспензии из какао-веллы для использования их в различных видах начинок, конфетных масс, паст, глазури [14]. Для подавления жизнедеятельности микроорганизмов предлагается добавление в суспензии в количестве 1,0 % пропионата глицерина.

Учитывая вышеизложенное, возникает необходимость в исследовании эффективных технологических приемов обработки какао-веллы с целью получения тонкодисперсного порошка, используемого при производстве пищевой продукции. Разработка способов измельчения и фракционирования какао-веллы, позволяющего эффективно перерабатывать какао-веллу с сокращением износа оборудования, а также разработка рекомендаций по применению выделенных фракций порошка какао-веллы при производстве различных пищевых продуктов на текущий момент является актуальной задачей.

Список использованных источников

1. Кудинова, В. М. Технология кондитерских изделий: учеб. пособие / В. М. Кудинова, Г. И. Назимова, Т. В. Рензеева. – Кемерово : Кемеровский технол. ин-т пищ. пром., 2006. – 140 с.
2. Технологии и техническое обеспечение производства и переработки сельскохозяйственной продукции : учеб.-метод. пособие : в 2 ч. – Ч. 1 : Технологии и техническое обеспечение переработки продукции растительного происхождения / сост. М. А. Челомбитко. – Минск : БГАТУ, 2010. – 144 с.
3. Кокорева, Л. А. Разработка рецептур и товароведная оценка полуфабриката из какао-веллы и его практическое применение : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.15 / Л. А. Кокорева ; Уральский гос. экон. ун-т. – Екатеринбург, 2016. – 168 л.
4. Скоклеенко, М. В. Применение вторичных продуктов переработки какао бобов для повышения конкурентоспособности кондитерских изделий / М. В. Скоклеенко, А. И. Куличенко, Т. В. Мамченко // Молодой ученый. – 2014. – № 6 (65). – С. 366–368.
5. Какао-порошок из какао-веллы – описание, получение, применение [Электронный ресурс] // Завод специального машиностроения «Техно-Центр». – Режим доступа: <https://techno-centr.ru/about/news/kakaoporoshok-iz-kakaovelly--opisanie-poluchenie-primenenie>. – Дата доступа: 20.08.2024.
6. Микробиологическая безопасность порошка из какао-веллы для использования в кондитерских изделиях повышенной пищевой ценности / Г. О. Магомедов [и др.] // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК-продукты здорового питания. – 2016. – № 3. – С. 100–107.

7. Магомедов, Г. О. Методика повышения качества порошка из какао-вещи / Г. О. Магомедов, И. В. Черемушкина, И. В. Плотникова // Гигиена и санитария. – 2015. – № 9. – С. 90–92.
8. Способ измельчения твердых материалов и измельчающее устройство для его осуществления : пат. РФ 2164815 / В. Н. Калашников, Г. А. Усов. – Оpubл. 10.04.2001.
9. Беззубцева, М. М. Энергоэффективный способ электромагнитной активации / М. М. Беззубцева // Международный журнал экспериментального образования. – 2012. – № 5. – С. 92–93.
10. Беззубцева, М. М. Исследование процесса измельчения какао-бобов в электромагнитных механоактиваторах / М. М. Беззубцева // Успехи современного естествознания. – 2014. – № 3. – С. 171.
11. Исследование процессов измельчения и классификации какао-вещи / М. А. Киркор [и др.] // Вестн. Могилёвского гос. ун-та продовольствия. – 2006. – № 1. – С. 110–115.
12. Новое оборудование для получения порошка из какао-вещи / М. А. Киркор [и др.] // Вестн. Нац. акад. наук Беларусі. Серія аграрных наук. – 2007. – № 1. – С. 114–116.
13. Способ получения порошка какао-вещи и шлифовальная машина для обработки какао-вещи : пат. РБ 8100 / П. А. Ромашихин, М. В. Скоклеенко, В. Д. Тимонин. – Оpubл. 30.06.2006.
14. Кузнецова, Л. С. Физико-химические основы переработки какао-бобов / Л. С. Кузнецова. – М. : Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 158 с.

УДК 637.03:[675.81+665.221]

**И. В. Калтович, кандидат технических наук, доцент;
В. С. Шакалинская**

*РУП «Институт мясо-молочной промышленности»,
г. Минск, Республика Беларусь*

ИЗУЧЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ ШКВАРЫ

Аннотация. В статье представлены результаты исследований по изучению показателей качества и безопасности шквары. Установлено, что шква́ра, отобранная на ООО «Минское производственное кожевенное объединение» и полученная по действующей технологии переработки кожевенного сырья, отличается высоким содержанием белка (42,4 %), что превышает количество данного эссенциального нутриента в 5,3 раза по сравнению с мездрой (8,0 %), мононенасыщенных жирных кислот (46,65 %), минеральных веществ – кальция (12 400,0 мг/100 г), магния (392,1 мг/100 г), калия (32,1 мг/100 г), натрия (489,1 мг/100 г), железа (38,9 мг/100 г), меди (0,5 мг/100 г), фосфора (247,0 мг/100 г), а также характеризуется низким содержанием жира (1,0 %), что обосновывает перспективы использования данного побочного сырья кожевенной отрасли для изготовления высокопитательной кормовой продукции

Ключевые слова: шква́ра, белок, жир, жирнокислотный и минеральный состав, показатели безопасности, функционально-технологические и структурно-механические показатели.

**I. V. Kaltovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
V. S. Shakalinskaya**

RUE “Institute of Meat and Dairy Industry”, Minsk, Republic of Belarus

STUDY OF QUALITY AND SAFETY PARAMETERS OF SHKVARA

Abstract. The article presents the results of studies on the quality and safety indicators of shkvara. It was established that the shkvara selected at Minsk Production Leather Association LLC and obtained using the current technology for processing leather raw materials has a high protein content (42,4 %), which exceeds the amount of this essential nutrient by 5,3 times compared to mezdra (8,0 %), monounsaturated fatty acids (46,65 %), minerals – calcium (12 400,0 mg/100 g), magnesium (392,1 mg/100 g), potassium (32,1 mg/100 g), sodium (489,1 mg/100 g), iron (38,9 mg/100 g), copper (0,5 mg/100 g), phosphorus (247,0 mg/100 g), and is characterized by a low fat content (1,0 %), which justifies the prospects for the use of this by-product of the leather industry for the manufacture of highly nutritious feed products.

Keywords: shkvara, protein, fat, fatty acid and mineral composition, safety indicators, functional-technological and structural-mechanical indicators.

Кожевенная промышленность относится к материалоемким отраслям, в которых стоимость сырья составляет свыше 70 % себестоимости готовой продукции, поэтому рациональное использование сырьевых ресурсов имеет особое значение. Кроме того, при переработке кожевенного сырья образуется

значительное количество техногенных отходов, одними из которых являются шквара и мездра. Такие отходы представляют угрозу для экологической обстановки, что требует разработки методов их рациональной переработки и использования [1, 3, 4, 7, 9].

Комплексная переработка побочного сырья кожевенного производства позволит повысить объемы использования вторичного сырья, значительно снизить отходы предприятий, улучшить экологическое состояние территорий (почв и вод) и расширить ассортимент кормовой продукции, так как наиболее приемлемым способом переработки шквары и мездры является получение из них кормовых добавок и кормов для животных [2, 5, 6, 8, 10].

Целью работы является исследование и анализ пищевой и биологической ценности, технологических показателей, показателей безопасности шквары.

Объект исследований – шквара, отобранная на ООО «Минское производственное кожевенное объединение» и полученная по действующей технологии переработки кожевенного сырья.

Методы исследований – стандартные методы исследований показателей качества и безопасности сырья.

В результате выполнения НИР установлено, что шквара отличается высокой пищевой ценностью. Так, содержание белка в данном сырье составляет 42,4 %, что превышает количество данного эссенциального нутриента в 5,3 раза по сравнению с мездрой (8,0 %). В то же время шквара отличается низким содержанием жира – 1,0 %. Определено, что содержание мононенасыщенных жирных кислот в шкваре составляет 46,65 %, полиненасыщенных жирных кислот – 1,67 %, насыщенных жирных кислот – 51,67 % от суммы жирных кислот, в то время как соотношения ПНЖК : МНЖК : НЖК и (ПНЖК + МНЖК) : НЖК находятся на уровне 1:27,9:30,9 и 1:0,9 соответственно, что свидетельствует об удовлетворении потребности животных в данных эссенциальных микронутриентах при включении в их рационы кормов и кормовых добавок, изготовленных на основе шквары (см. таблицу).

Выявлено, что содержание кальция в шкваре составляет 12 400,0 мг/100 г, магния – 392,1 мг/100 г, калия – 32,1 мг/100 г, натрия – 489,1 мг/100 г, железа – 38,9 мг/100 г, меди – 0,5 мг/100 г, фосфора – 247,0 мг/100 г, что позволяет рассматривать данное побочное сырье кожевенной отрасли в качестве перспективного сырья для изготовления высокопитательной кормовой продукции, в частности кормовых добавок, отличающихся высоким содержанием минеральных веществ (кальция, железа, магния и др.).

Определено, что влагосвязывающая способность шквары находится на уровне 71,0 % к массе образца и 100 % – к общей влаге, а значение влагоудерживающей способности данного сырья составляет 31,0 %, влаговыделяющей способности – 40,0 %, жиросвязывающей способности – 37,4 %, эмульгирующей способности – 42,5 %. В то же время шквара отличается высокой стабильностью эмульсии (92,5 %), что обосновывает целесообразность проведения дальнейших исследований, направленных на изучение перспектив использования побочного сырья кожевенной отрасли для изготовления кормовой продукции.

Жирнокислотный состав шквары

Показатель	Содержание, % от суммы жирных кислот
Полиненасыщенные жирные кислоты, в том числе:	1,67
– линолевая	1,26
– гамма-линоленовая	0,01
– альфа-линоленовая	0,21
– цис-8,11,14-эйкозатриеновая	0,04
– линолеландовая	0,10
– C20 : 4 + C20 : 3	0,05
Мононенасыщенные жирные кислоты, в том числе:	46,65
– миристолеиновая	1,65
– элаидиновая	0,63
– олеиновая	44,10
– эруковая	0,02
– гондоиновая	0,25
Насыщенные жирные кислоты, в том числе:	51,67
– масляная	0,01
– каприловая	0,01
– декановая	0,06
– лауриновая	0,07
– тридекановая	0,01
– миристиновая	2,88
– пентадекановая	0,40
– пальмитиновая	28,07
– пальмитолеиновая	8,60
– маргариновая	0,77
– стеариновая	10,58
– арахидиновая	0,11
– гонэкозановая	0,04
– бегеновая	0,02
– лигноцериновая	0,04
Соотношение ПНЖК : МНЖК : НЖК	1:27,9:30,9
Соотношение (ПНЖК + МНЖК) : НЖК	1:0,9

Установлено, что значение pH шквары (12,4) свидетельствует о необходимости подбора параметров технологических операций, используемых для изготовления кормов и кормовых добавок из данного вида побочного сырья кожевенной отрасли.

Анализ структурно-механических показателей шквары позволил установить, что предельное напряжение сдвига данного сырья составляет 1005,7 Па, что подтверждает возможность рациональной переработки данного сырья для изготовления кормовой продукции.

Установлено, что шквара, отобранная на ООО «Минское производственное кожевенное объединение» и полученная по действующей технологии переработки кожевенного сырья, по показателям безопасности соответствует требованиям Ветеринарно-санитарных правил обеспечения безопасности в ветеринарно-санитарном отношении кормов и кормовых добавок, утвержденных постановлением Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь от 10 февраля 2011 г. № 10.

Таким образом, на основании проведенных исследований определено, что шкура, производимая по действующей технологии переработки кожевенного сырья на ООО «Минское производственное кожевенное объединение», является значимым источником эссенциальных нутриентов, необходимых для поддержания жизненных функций животных, а по показателям безопасности соответствуют требованиям нормативных правовых актов, что свидетельствует о возможности использования данного побочного сырья кожевенной отрасли для изготовления кормовой продукции.

Список использованных источников

1. Артемов, А. В. Производство изделий из кожи – проблемы экологии / А. В. Артемов // Экология и промышленность России. – 2004. – № 2. – С. 32–35.
2. Богданова, И. Е. Современные направления переработки коллагенсодержащих отходов кожевенного производства / И. Е. Богданова // Кожевенно-обувная промышленность. – 2007. – № 2. – С. 30–31.
3. Ветеринарно-санитарные правила обеспечения безопасности в ветеринарно-санитарном отношении кормов и кормовых добавок [Электронный ресурс] : постановление Министерства сельского хозяйства и продовольствия Респ. Беларусь, 10 фев. 2011 г., № 10 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W21429113p>. – Дата доступа: 01.08.2024.
4. Ветеринарно-санитарные правила по производству, заготовке и хранению кормов, кормовых добавок [Электронный ресурс] : постановление Министерства сельского хозяйства и продовольствия Респ. Беларусь, 29 янв. 2018 г., № 5 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W21832983p>. – Дата доступа: 01.08.2024.
5. Технологии первичной переработки продуктов животноводства / Г. М. Долженкова [и др.] // Лабораторный практикум. – Алматы : МАП, 2015. – 120 с.
6. Исследование технологических параметров и способов предварительной подготовки коллагенсодержащего сырья для использования в составе мясных изделий с улучшенными показателями качества : отчет о НИР (заключ.) / Институт мясо-молочной промышленности ; рук. А. В. Мелешеня. – Минск, 2020. – 655 с. – № ГР 20180352.
7. Корма и кормовые добавки. Безопасность : ТР 2010/025/БҮ : принят 14.07.2010 : вступ. в силу 26.07.2011 [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь 14 июля 2010 г., № 1055 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3961&p0=C21001055>. – Дата доступа: 01.08.2024.
8. Кравченя, Г. Н. Направления и возможности переработки отходов кожевенного производства / Г. Н. Кравченя, Е. И. Кордикова, А. В. Спиглазов // Труды БГТУ. – 2017. – Серия 2. – № 2. – С. 220–226.
9. Лашкова, Т. Б. Белковый гидролизат в кормлении коров / Т. Б. Лашкова, Г. В. Петрова // Аграрная наука. – 2014. № 9. – С. 23–24.
10. Левин, А. И. Определение безвредности отходов кожевенного производства для кормления животных / А. И. Левин, В. С. Касаткин // Известия Оренбургского гос. аграрного ун-та. – 2006. – № 12-1. – Т. 4. – С. 29–31.

УДК 535.333

**Д. А. Зайченко, кандидат технических наук, доцент;
А. А. Садовский, кандидат технических наук;
А. С. Данилюк, научный сотрудник**

*РУП «Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»,
г. Минск, Республика Беларусь*

ОБЗОР ВТОРИЧНЫХ МЕТАБОЛИТОВ ЗЕРНА ЛЮПИНА КАК ОСНОВА ДЛЯ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В НАРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Аннотация. В представленной статье выполнен обзор вторичных метаболитов зерна люпина. Описаны основные алкалоиды люпина, дана их структура и характеристики. Представлен материал по изучению алкалоидов люпина различными учеными и исследователями, а также практического использования алкалоидных сортов люпина в пищевой отрасли и ветеринарии.

Ключевые слова: вторичные метаболиты, люпин, зерно, алкалоиды, продукт.

**D. A. Zaychenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
A. A. Sadovsky, Candidate of Technical Sciences;
A. S. Danilyuk, Researcher**

*RUE "Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food",
Minsk, Republic of Belarus*

REVIEW OF SECONDARY METABOLITES OF LUPINE GRAIN AS A BASIS FOR COMPLEX USE IN THE NATIONAL ECONOMY

Abstract. The article presents a review of secondary metabolites of lupine grain. The main lupine alkaloids are described, their structure and characteristics are given. The material on the study of lupine alkaloids by various scientists and researchers, as well as the practical use of alkaloid varieties of lupine in the food industry and veterinary science is presented.

Keywords: secondary metabolites, lupine, grain, alkaloids, product.

Вторичные растительные вещества (вторичные метаболиты) до недавних пор называли антипитательными и старались снизить их содержание в продуктах. Только в 80–90-х гг. прошлого столетия произошла переоценка значения вторичных растительных веществ для здоровья человека. К настоящему времени идентифицировано около 100 тыс. индивидуальных соединений вторичного метаболизма, к которым относятся: алкалоиды, гликозиды, пигменты, эфирные масла, гормоноподобные вещества, фенольные соединения, органические кислоты, биофлавоноиды и др. [1].

В модифицированном классификаторе основных веществ пищи А. А. Покровского эти вещества называют «парафармацевтиками», которые оказывают выраженное фармакологическое действие и являются биологически активными компонентами.

На протяжении долгого времени широкому применению люпина в качестве продукта питания препятствовало высокое содержание одного из так называемых «вторичных метаболитов» – алкалоидов. Термин «алкалоид» происходит от арабского слова *alqali* – щелочь и греческого *eidos* – подобный, т. е. означает щелочеподобные вещества. Алкалоиды являются особой группой природных азотистых органических веществ, главным образом растительного происхождения, обладающих щелочными свойствами, способными соединяться с кислотами с образованием солей. В основе строения их молекулы лежит гетероцикл ядра пирролидина, пиридина, имидазола, пурина и др.

Алкалоиды впервые открыты в 1803–1804 гг., и содержались они в составе опия. В настоящее время известно около 1000 алкалоидов. Эти вещества с давних времен начали привлекать внимание исследователей, так как многие из них являются незаменимыми лекарственными веществами. Алкалоиды обладают самой разнообразной биологической активностью: стимулируют дыхание, обладают спазмолитическим, болеутоляющим и противовоспалительным действием, снижают давление крови, им свойственна антимикробная и антивирусная активность.

Также важно отметить тот факт, что изучение алкалоидов важно с точки зрения биохимии ввиду того, что до сих пор окончательно не выяснены ни химизм их образования, ни связь с другими веществами растительного организма, ни та роль, которую они играют в его жизни.

Количественное содержание и химический состав алкалоидов тесно связаны с генетическими особенностями растений. В зерне *люпина* содержится 17 различных алкалоидов. Люпиновые алкалоиды заключают два конденсированных пиперидиновых кольца [2]. Большая часть алкалоидов этой группы имеет состав, соответствующий общей формуле $C_{15}H_xON_2$, где $x = 20, 22, 24$ и 26 . Существенно реже встречаются бескислородные алкалоиды $C_{15}H_{26}N_2$ и $C_{15}H_{24}N_2$.

Наиболее распространенными алкалоидами люпина, строение которых установлено, являются: люпинин, люпанин, спартеин, ангустифолин.

Общий вид химических структур основных алкалоидов люпина, обозначение колец и нумерация атомов приведены на рис. 1.

Небольшое количество алкалоидов не оказывает вредного воздействия на организм человека, в то время как большие дозы могут вызвать различные заболевания. Токсичность алкалоидов неодинакова. Установлено, что наиболее токсичным является люпанин, родственный ему гидроксилупанин примерно в десять раз менее токсичен. Спартеин менее токсичен, чем люпанин. Наибольшей биологической активностью обладает пахикарпин, представляющий собой правовращающую форму спартеина. По данным авторов М. Д. Машковского и Л. Е. Рабкина в 1948 г. было выявлено, что пахикарпин в малых дозах

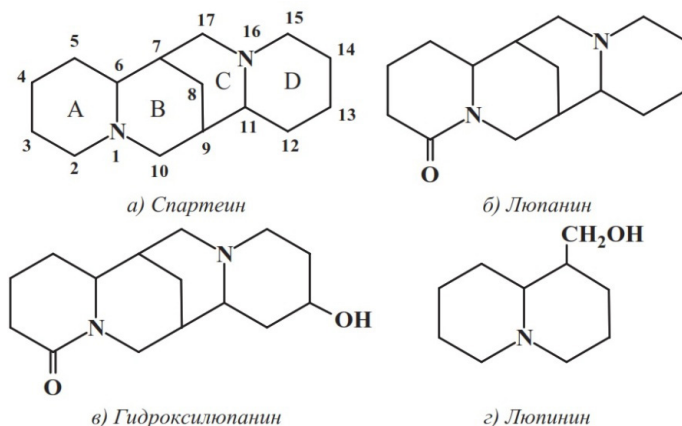


Рис. 1. Общий вид химических структур основных алкалоидов люпина, обозначение колец и нумерация атомов

Содержание отдельных алкалоидов в % к их сумме в семенах люпина узколистного

Люпинин	Спартеин	Люпанин	Гидроксилюпанин
16,0	—	57,0	27,0

вызывает торможение нервной системы [3–8]. В настоящее время в Израиле люпиновый пахикарпин начали использовать при лечении дистрофии [4].

Группой ученых под руководством Н. А. Майсурия [5, 8] были проведены исследования по составу алкалоидов у различных видов люпина. Результаты исследований по люпину узколистному приведены в таблице.

Концентрация алкалоидов в разных участках того или иного органа растения неодинакова. Что же касается зерна люпина, то исследованиями Л. Томашевского [7] установлено, что в наружной части семядоли алкалоидов больше, чем во внутренней. Установлено также, что условия, оказывающие неблагоприятное воздействие на урожай семян люпина, способствуют повышению его алкалоидности.

В СССР в 1980-х гг. велась работа по исследованию влияния алкалоидов люпина в ветеринарных целях на мясных породах быков [9].

Также наличие алкалоидов в зерне различных сортов и видов люпина позволила австралийским и итальянским ученым разработать способ производства пива из него [7, 10] (рис. 2).

К веществам вторичного обмена также относят и *ингибиторы протеиназ*. Они обладают свойством существенно снижать каталитическую активность протеолитических ферментов желудочно-кишечного тракта (трипсина и химотрипсина), образуя с последними неактивные комплексы. Что же касается зерна люпина, то в большинстве видов и сортов эти вещества находятся в небольшом количестве или вообще отсутствуют, что подтверждено французскими и новозеландскими учеными. В исследованиях И. И. Бенкен [9]



Рис. 2. Зерна люпина и продукт переработки люпина – люпиновое пиво

было выявлено, что в семенах желтого и белого люпинов активность (в мг/г) ингибиторов трипсина составила 0,1 и 0,2, а химотрипсина – 0,05 и 0,1 соответственно. Для люпина узколистного эти показатели были равны нулю. Активность лектинов для зерна люпина имела невысокие значения (1–2 ГАЕ/мг) и была в несколько раз ниже, чем в горохе, и в десятки раз ниже, чем в сое и фасоли [6–8].

Таким образом, в люпине практически отсутствуют такие вторичные вещества, как лектины и ингибиторы протеиназ. «Сладкие» сорта люпина в отличие от других бобовых могут использоваться в сыром виде, без тепловой обработки.

Что же касается алкалоидов люпина, то проводимая учеными различных стран планомерная работа по их глубокому исследованию будет служить толчком к внедрению новейших технологий в народном хозяйстве.

Список использованных источников

1. Пищевая химия / А. П. Нечаев [и др.] ; под ред. А. П. Нечаева – СПб. : ГИОРД, 2001. – С. 592.
2. Пилат, Т. Л. Биологически активные добавки к пище (теория, производство, применение) / Т. Л. Пилат, А. А. Иванов ; под ред. Т. Л. Пилат – М. : Авваллон, 2002. – С. 710.
3. Мироненко, А. В. Физиология и биохимия люпина. – Минск : Урожай, 1967. – С. 20.
4. Смирнова, М. И. Биохимия люпина. – М. : Сельхозгиз, 1938. – Т. 2. – С. 281.
5. Спектрова, К. С. Химия и биохимия бобовых растений : пер. с англ. / под ред. М. Н. Запрометова. – М. : Агропромиздат, 1986. – С. 336.
6. Толстогузов, В. Б. Новые формы белковой пищи (технологические проблемы и перспективы производства). – М. : Агропромиздат, 1987. – С. 303.
7. Панкина, И. А. Технология приготовления пищевого белкового полуфабриката из зерна люпина узколистного (*L. angustifolius* L.) и кулинарной продукции на его основе : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.15 / И. А. Панкина ; ФАПО ГОУВПО СПбТЭИ. – СПб., 2006.
8. Богатырёва, Ж. И. Получение и применение белковых препаратов люпина в технологии функциональных продуктов : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.07 / Ж. И. Богатырёва ; ФАПО ГОУ ВПО ВГТА. – Воронеж, 2009.
9. Коцюмбас, И. Я. Показатели обмена хромопротеидов и углеводов в организме бычков при использовании кормов из многолетнего алкалоидного люпина : дис. ... канд. техн. наук : 03.00.04 / И. Я. Коцюмбас ; НИИЗиЖЗРУССР. – Оброшино, 1984.
10. Craft beer Lupinus with Anterivo coffee [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.titospeck.it/en/online-shop/beer/craft-beer-lupinus-with-anterivo-coffee-birra-di-fiemme-bottle>. – Date of access: 21.06.2024.

УДК 663.32:634.11

**А. А. Ширшова, кандидат технических наук;
Н. М. Агеева, доктор технических наук, профессор;
А. А. Храпов, Е. В. Лободина**

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский
федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»,
г. Краснодар, Российская Федерация*

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ШТАММА ДРОЖЖЕЙ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ПЛОДОВ ЯБЛОНИ В СИДР

Аннотация. На примере свежего яблочного сусла и сока яблочного восстановленного исследовано влияние различных штаммов дрожжей (*Saccharomyces cerevisiae*) на физико-химически и органолептические показатели сидоров, полученных в лабораторно-производственном подразделении «Микровиноделие» ФГБНУ СКФНЦСВВ. Показано влияние штамма дрожжей на продолжительность брожения, усвоение органических соединений яблочного сусла/сока восстановленного и синтез вторичных продуктов брожения, определяющихся разнообразием ферментов дрожжевых клеток, которые в свою очередь зависят от генетических признаков штаммов дрожжей.

Ключевые слова: свежее яблочное сусло, сок яблочный восстановленный, сидр, штаммы дрожжей, спиртовое и яблочно-молочное брожение, показатели качества.

**A. A. Shirshova, Candidate of Technical Sciences;
N. M. Ageyeva, Doctor of Technical Sciences, Professor;
A. A. Khrapov, E. V. Lobodina**

*Federal State Budget Scientific Institution «North Caucasian Federal Scientific Center
of Horticulture, Viticulture, Winemaking», Krasnodar, Russian Federation*

RATIONALE FOR CHOOSING A YEAST STRAIN FOR PROCESSING APPLES INTO CIDER

Abstract. Using the example of fresh apple wort and reconstituted apple juice, the effect of various strains of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) on the physico-chemical and organoleptic parameters of sidors obtained in the laboratory and production division «Microvinodelie» FSBSI NCFSCVW was studied. The effect of the yeast strain on the duration of fermentation, assimilation of organic compounds of apple wort is shown/reconstituted juice and the synthesis of secondary fermentation products determined by a variety of yeast cell enzymes, which in turn depend on the genetic characteristics of yeast strains.

Keywords: fresh apple must, reconstituted apple juice, cider, yeast strains, alcoholic and malolactic fermentation, quality indicators.

Введение. В большинстве регионов Беларуси и России среди плодовых культур преобладающее положение занимает яблоня [1, 2]. Кроме потребления в свежем виде, из плодов яблони изготавливают различные виды продукции, в том числе и напитки. В последние годы отмечен возросший интерес

потребителя к слабоалкогольным напиткам, полученным путем брожения – сидрам. По прогнозам экспертов аналитики данных Россельхозбанка, в следующие три года объемы производства сидра удвоятся [3]. Несмотря на богатую сырьевую базу и открытие новых сидрерий, производящих сидр из свежих яблок, до сих пор большую часть этих напитков (около 90 %) производят из восстановленного яблочного сока.

Среди биотехнологических приемов изготовления яблочных сидров и вин фруктово-ягодных (плодовой алкогольной продукции), одним из важнейших является процесс спиртового брожения [4], который осуществляется под действием ферментных систем винных дрожжей. Кроме основных продуктов брожения – этилового спирта и диоксида углерода, во время спиртового брожения и автолиза дрожжевых клеток происходит образование вторичных метаболитов, влияющих на физико-химические и органолептические показатели [5]. Образование вторичных метаболитов различается в зависимости как от качества и сортовых особенностей сырья [6], так и от штамма дрожжей, участвующих в процессе брожения. Поэтому для изготовления напитков брожения с определенными органолептическими характеристиками, необходимо обоснованно подходить к выбору штамма дрожжей для проведения ферментации [7]. Целью данного исследования стало изучение влияния штамма дрожжей на физико-химические и органолептические показатели сидров, изготовленных из свежего яблочного сусла и сока восстановленного.

Материалы и методы исследования. Сидры, полученные в результате брожения свежего яблочного сусла из элитной формы яблони 12/1-20-4 (селекция ФГБНУ СКФНЦСВВ) и восстановленного концентрированного яблочного сока (имп.) с применением штаммов дрожжей вида *Saccharomyces cerevisiae*: OIC be Fruit (Франция), Fruit Turbo (Англия), Combi (Германия) и RV 100 (Китай). Опытные образцы сидров были получены в лабораторно-производственном подразделении «Микровиноделие» ФГБНУ СКФНЦСВВ. Яблоки свежие мыли, перерабатывали с помощью дробилки-измельчителя (ООО «Ректифай», Россия), вносили ферментный препарат SQzyme PCL (концентрированная композиция пектиназ, Китай), затем проводили мацерацию (24 ч при температуре $(5 \pm 1)^\circ\text{C}$), после чего прессовали на гидравлическом прессе. Массовая доля сухих веществ свежего яблочного сусла составляла 11,6 %, массовая концентрация титруемых кислот в пересчете на яблочную кислоту – 7,3 г/дм³. Полученное свежее яблочное сусло осветляли путем отстаивания (около 15 ч при температуре $(5 \pm 1)^\circ\text{C}$), затем делили на четыре равные части, в которые вносили разводки исследуемых штаммов активных сухих дрожжей в количестве, рекомендуемом производителями (1–2 г/дал). Брожение проводили при температуре $(17 \pm 1)^\circ\text{C}$ до полной остановки. По окончании процесса брожения сброженное яблочное сусло отстаивали в течение 5 суток при температуре $(5 \pm 1)^\circ\text{C}$, снимали с осадка, фильтровали и направляли на «отдых» – 30 суток. Затем проводили исследования показателей качества. Сок концентрированный яблочный с массовой долей сухих веществ 74,0 % восстанавливали

водой питьевой подготовленной до массовой доли сухих веществ 11,4 % и титруемой кислотности 5,0 г/дм³ в пересчете на яблочную. Далее все технологические операции проводили по схеме, описанной выше.

В опытных образцах определяли физико-химические показатели согласно требованиям п. 7 ГОСТ 31820-2015 «Сидры. Общие технические условия», органические кислоты – методом высокоэффективной жидкостной хроматографии на хроматографе Agilent 1220 Infinity II LC (Германия); катионы щелочных и щелочноземельных металлов – методом капиллярного электрофореза («Капель 105М», Россия), ароматобразующие летучие вещества и глицерин – методом газовой хроматографии («КристалЛюкс 4000 М, Россия). Органолептические показатели опытных образцов оценивала дегустационная комиссия НЦ «Виноделие» по 100-балльной шкале. Испытания осуществляли в условиях повторяемости с оценкой приемлемости результатов.

Результаты и их обсуждение. Длительность процесса брожения для свежего яблочного сусла и сока яблочного восстановленного в зависимости от применяемого штамма дрожжей составляла: Fruit Turbo – 7–8 суток, IOC be Fruits – 14–16 суток, Combi и RV 100 – 30–32 сут.

Сусло яблочное с применением штамма дрожжей Fruit Turbo сбродило быстрее всех. Кроме того, данный штамм способствовал наибольшему накоплению массовой концентрации летучих кислот в пересчете на уксусную как в варианте с суслом свежим, так и с соком восстановленным (табл. 1). Полученные опытные образцы сидров соответствовали требованиям ГОСТ 31820-2015 по всем проанализированным показателям. Среднее содержание глицерина в исследуемых образцах сидров было более 1,0 г/дм³, массовая концентрация фенольных веществ находилась на одном уровне как в сидрах из свежего яблочного сусла, так и из восстановленного яблочного сока.

Таблица 1. Физико-химические показатели сидров из свежего яблочного сусла и сока яблочного восстановленного

№ п/п	Показатель/U*	Сидр из свежего яблочного сусла				Сидр из восстановленного яблочного сока			
		IOC be Fruits	Fruit Turbo	Combi	RV 100	IOC be Fruits	Fruit Turbo	Combi	RV 100
1	Объемная доля этилового спирта, % (±0,1)	6,0	5,9	5,9	5,8	5,9	5,7	6,0	5,9
<i>Массовая концентрация</i>									
2	сахаров, г/дм ³ (±0,2)	2,4	2,6	2,7	2,8	1,5	1,7	1,3	1,5
3	летучих кислот, г/дм ³ (±0,06)	0,35	0,60	0,38	0,36	0,54	0,42	0,69	0,60
4	титруемых кислот, г/дм ³ (±0,1)	5,6	4,0	4,2	6,0	5,7	5,5	5,4	6,4
5	остаточного экстракта, г/дм ³ (±1,0)	17,9	17,8	17,7	15,1	14,5	13,9	14,9	14,5
6	фенольных веществ, мг/дм ³ (±15 %)	383	330	363	367	360	370	315	328
7	глицерина, г/дм ³ (±15 %)	2,0	2,9	2,1	2,9	2,4	2,0	2,8	2,4

* U – расширенная неопределенность.

Диапазон массовых концентраций титруемых кислот сидров из свежего яблочного сусла составил от 4,0 до 6,0 г/дм³, в то время как в сидрах из сока восстановленного – 5,4–6,4 г/дм³. Более «кислотные» образцы были получены с применением штамма RV 100, менее кислотные – Combi независимо от исходного сбраживаемого сырья.

Органические кислоты свежего яблочного сусла были представлены в большей степени яблочной (5,0–7,0 г/дм³) и в незначительных концентрациях лимонной кислотами (0,2–0,4 г/дм³).

Во время процесса брожения происходят окислительно-восстановительные процессы, в результате которых сахара яблочного сусла/сока окисляются по карбонильной группе, через промежуточные продукты и образуются органические кислоты, не присутствующие в сырье, активно продолжают превращения ди- и трикарбоновых кислот по циклу Кребса в дальнейшем при яблочно-молочном брожении. Применение штамма Combi при сбраживании свежего яблочного сусла привело к получению сидров с наименьшим содержанием яблочной кислоты (0,52 г/дм³), при этом массовая концентрация молочной кислоты составила 3,20 г/дм³. Результаты анализа органических кислот подтверждают, что в данном образце сидра кроме спиртового брожения проходило яблочно-молочное (ЯМБ), в то время как в сидре из восстановленного яблочного сока с применением этого же штамма дрожжей ЯМБ не отмечено. Возможно, это связано с тем, что при концентрировании сока происходит образование комплексов яблочной кислоты, которые не подвергаются воздействию ферментными системами дрожжей. Концентрация янтарной кислоты в образцах сидров с применением штаммов IOC be Fruits и RV 100 составила 0,58–0,61 г/дм³, с применением Fruit Turbo и Combi на уровне 0,18–0,20 г/дм³ и молочной кислоты 0,13–0,52 г/дм³. Штамм дрожжей не повлиял на содержание лимонной кислоты – во всех вариантах опыта ее концентрация составила 0,15–0,19 г/дм³.

В сидрах определяли массовую концентрацию катионов щелочных и щелочно-земельных металлов: калия, натрия, магния и кальция. Существенного влияния используемого сырья и расы дрожжей на концентрацию катионов калия (1577–1854 мг/дм³), магния (48,6–65,1 мг/дм³), кальция (32,7–35,9 мг/дм³) в образцах сидров не выявлено – расхождение результатов исследований были в пределах допустимых значений погрешности. Однако концентрация натрия в сидрах из восстановленного яблочного сока была выше (46,3–47,5 мг/дм³), чем из свежего яблочного сусла (24,9–32,0), что, возможно, связано с восстановлением концентрированного сока водой, содержащей катионы натрия.

Анализ ароматобразующих летучих компонентов в сидрах показывает существенные различия в концентрациях ароматобразующих летучих компонентов как в зависимости от сброженного сырья, так и в зависимости от использованного штамма дрожжей (табл. 2).

Таблица 2. Массовая концентрация ароматобразующих летучих компонентов в сидрах, мг/дм³

Компонент	Сидр из свежего яблочного сула/штамм дрожжей				Сидр из восстановленного яблочного сока/штамм дрожжей			
	IOC be Fruits	Fruit Turbo	Combi	RV 100	IOC be Fruits	Fruit Turbo	Combi	RV 100
Ацетальдегид	66,67	50,87	32,65	45,50	96,69	151,95	173,74	67,42
Сложные эфиры	73,25	188,82	121,01	71,22	23,57	48,21	28,14	47,51
Высшие спирты	350,27	326,58	504,84	312,15	90,72	101,78	101,29	110,17
Летучие кислоты	288,91	447,03	536,21	163,87	681,61	738,22	446,75	914,4

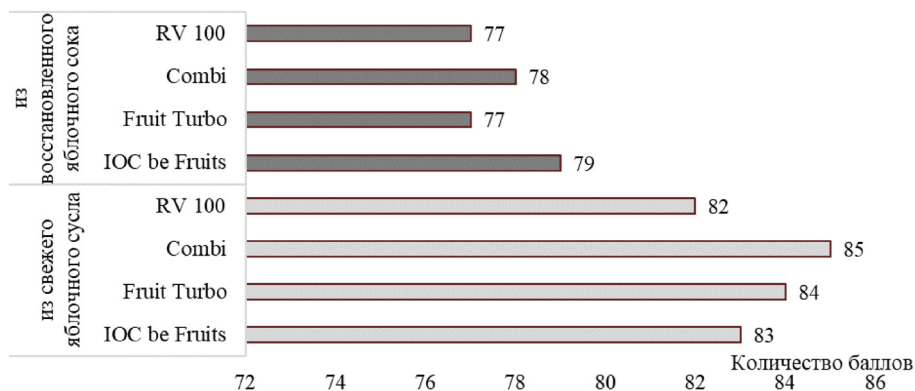
Массовая концентрация ацетальдегида – маркера окисленности напитков – варьировала в широком диапазоне; его содержание в сидре из восстановленного сока превышало аналоги из свежего яблочного сула в 1,5–5 раз.

Важную роль в сложении вкуса и, особенно, аромата сидров играют эфиры и высшие спирты. Большая часть эфиров образуется в результате реакции этерификации – взаимодействия кислот и спиртов. Следовательно, в среде, обедненной каким-либо из перечисленных компонентов, реакции этерификации не протекают или протекают слабо. Полученные результаты исследований показали, что при сбраживании яблочного сула концентрация как суммы, так и отдельных эфиров (особенно этилацетата) значительно выше, чем при сбраживании восстановленного сока. Дрожжи также обладают различной биосинтетической способностью относительно продукции эфиров: наибольшее количество эфиров образовали дрожжи Fruit Turbo.

Суммарная концентрация высших спиртов при сбраживании свежего яблочного сула была значительно выше (более чем в 3 раза), чем при сбраживании восстановленного сока. Предшественниками высших спиртов являются соответствующие аминокислоты. Это косвенно позволяет считать, что в восстановленных соках значительно ниже концентрация аминокислот. По биосинтетической способности относительно высших спиртов выделилась раса дрожжей Combi.

В результате органолептического анализа сидров наибольшую оценку получили образцы из свежего яблочного сула (82–85 баллов) (см. рисунок), характеризовавшиеся сложным, ярким ароматом с преобладающими тонами яблока, различными оттенками и полным гармоничным вкусом. Сидры из сока восстановленного имели аромат печеного яблока и сухофруктов, что объясняется термической обработкой сока при его концентрировании; простой, свежий вкус с тонами сухофруктов. Наибольшую оценку (85 баллов) получил сидр из свежего сула, изготовленный с применением штамма Combi. Данный сидр имел ярко-желтый цвет, аромат зеленого яблока, со сливочными тонами, оттенками груши, легкими растительными и аптечными нотами, полный, округлый, слегка терпкий вкус.

Различия физико-химических и органолептических показателей опытных образцов сидров обусловлены разной способностью к усвоению органических



Дегустационная оценка сидров в зависимости от сырья и штамма дрожжей

соединений яблочного сусла/сока восстановленного и синтезу вторичных продуктов брожения, определяющихся количеством и разнообразием ферментов дрожжевых клеток, которые в свою очередь зависят от генетических признаков используемых штаммов дрожжей.

Заключение. Представленные экспериментальные данные свидетельствуют о существенной роли расы дрожжей в сложении качества сидров. Поэтому при выборе штамма дрожжей необходимо отдавать предпочтение тем, которые не только имеют высокую бродительную активность, но и способны обеспечить сложный, развитый аромат с сохранением типичных сидровых оттенков.

Финансирование. Исследование выполнено при финансовой поддержке Кубанского научного фонда в рамках научного проекта № МФИ-20.1/100.

Список использованных источников

1. Дрофичева, Н. В. Исследования химических показателей качества яблок для получения сока / Н. В. Дрофичева // Молодые ученые в аграрной науке : материалы VI Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов, Луганск, 25–26 апреля 2023 г. – Луганск : ГОУ ВО ЛНР ЛГАУ, 2023. – С. 289–292.
2. Генетическое разнообразие деревьев яблони старого плодового сада центрального ботанического сада НАН Беларуси [Электронный ресурс] / Е. А. Фомина [и др.] // Весці Нац. акад. навук Беларусі. Серыя біялагічных навук. – 2024. – Т. 69, № 1. – С. 57–67. – Режим доступа: <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2024-69-1-57-67>. – Дата доступа: 15.07.2024.
3. РСХБ: в течение трех лет объем производства сидра может превысить 15 млн дал. – Режим доступа: <https://www.rshb.ru/news/15072024-000003>. – Дата доступа: 15.07.2024
4. Алексанян, К. А. Технология производства фруктово-ягодных натуральных вин / К. А. Алексанян, Л. А. Ткачук ; под общ. ред. З. В. Ловкиса. – Минск : Беларуская навука, 2012. – 246 с.
5. Томгорова, С. М. Научные аспекты выбора расы дрожжей для сбраживания фруктового сырья / С. М. Томгорова, В. А. Трофимченко // Пищевая промышленность. – 2023. – № 3. – С. 46–51. – doi:10.52653/PPI.2023.3.3.009
6. Научно-практическое обоснование использования плодов яблони сортов Краснодарского края в технологии сидров / А. А. Ширшова [и др.] // Наука, питание и здоровье : материалы IV Конгресса, г. Минск, 29–30 июня 2023 г. – Минск : ИВЦ Минфина. – 2023. – С. 105–109.
7. Vilela, A. Modulating Wine Pleasantness throughout Wine-Yeast Co-Inoculation or Sequential Inoculation / A. Vilela // Fermentation. – 2020. – № 6. – P. 22.

УДК 663.252.41

**А. А. Колосова, научный сотрудник;
Д. Ю. Федосов, кандидат филологических наук, начальник лаборатории
Генетических технологий виноградарства и виноделия**

*Федеральное государственное научное учреждение «Национальный
исследовательский центр “Курчатовский институт”»,
г. Москва, Российская Федерация*

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ К ОБЕЗВОЖИВАНИЮ ВИННЫХ ШТАММОВ ДРОЖЖЕЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ВИН ИЗ АВТОХТОННОГО СОРТА ВИНОГРАДА КОКУР БЕЛЫЙ

Аннотация. В работе представлены результаты органолептического и химического анализа сухих вин из автохтонного сорта винограда Кокур белый, произведенных с использованием 5 штаммов дрожжей. Штаммы Y-693 и Su-48, способствовали улучшению качества вин из сорта Кокур белый. Определена устойчивость к обезвоживанию штаммов Su-48 и Y-693. Получен положительный результат селекции штамма Su-48 в условиях *in vitro*, количество живых клеток, способных к делению после обезвоживания, повысилось с 21 до 50 %. Исследованы протекторные соединения – сорбитол, трегалоза, лактоза, мальтодекстрин, из которых наиболее эффективными были лактоза и трегалоза.

Ключевые слова: штамм дрожжей, автохтонный сорт винограда, Кокур белый, активные сухие дрожжи.

**A. A. Kolosova, Researcher;
D. Y. Fedosov, Candidate of Philological Sciences,
Head of the Laboratory of Genetic Technologies
of Viticulture and Winemaking**

*Natsional Researche Centre “Kurchatov Institute”,
Moscow, Russian Federation*

ASSESSMENT OF RESISTANCE TO DEHYDRATION OF WINE YEAST STRAINS FOR THE PRODUCTION OF WINES FROM THE AUTOCHTHONOUS KOKUR WHITE GRAPE VARIETY

Abstract. The paper presents the results of organoleptic and chemical analysis of dry wines from the autochthonous grape variety Kokur white, produced using 5 yeast strains. Strains Y-693 and Su-48 contributed to the improvement of the quality of wines from the Kokur white variety. The resistance of strains Su-48 and Y-693 to dehydration was determined. A positive result of the selection of strain Su-48 *in vitro* was obtained, the number of living cells capable of dividing after dehydration increased from 21 to 50 %. Cryoprotective compounds sorbitol, trehalose, lactose, maltodextrin were studied, of which lactose and trehalose were the most effective.

Keywords: yeast strain, autochthonous grape variety, Kokur white, active dry yeast.

Введение. Дрожжи, в зависимости от штамма, оказывают значительное влияние на разнообразие и количественное содержание компонентов ароматобразующего комплекса вина [1]. Большинство винодельческих предприя-

тий РФ используют коммерческие активные сухие дрожжи иностранного производства. Предлагаемые штаммы направлены на усиление сортовых ароматических особенностей, классических европейских сортов винограда, таких как Каберне Совиньон, Пино нуар, Шардоне, Совиньон блан и др. Кокур белый – автохтонный сорт винограда Крымского полуострова РФ. Уникальность этого сорта заключается в оригинальности органолептического профиля, в котором преобладают цветочные, пряные, медовые, фруктовые тона [2, 3], ноты тропических фруктов [4]. Применение иностранных активных сухих дрожжей для данного сорта нецелесообразно из-за нивелирования и обезличивания уникальных сортовых особенностей.

Главным отличительным признаком штаммов, рекомендуемых для производства активных сухих дрожжей (АСД), является устойчивость к обезвоживанию, которая выражается в сохранении жизнеспособности и ферментативной активности клеток. Процесс обезвоживания вызывает множественные клеточные травмы, при этом оксидативное (окислительное) повреждение является одним из наиболее важных стрессов. При обезвоживании происходит быстрый отток воды через клеточную мембрану, что ведет к дисбалансу между мембраной и клеточной структурой, клетки складываются и сжимаются [5–7]. Устойчивость к обезвоживанию обусловлена генетическими особенностями штаммов [5, 7], а также криопротекторными соединениями, применяемыми при обезвоживании [5–9]. Штаммы, способные к сверхэкспрессии генов (SIP18, STA1, CTT1, SOD1, TSA1), кодирующих синтез глутатиона, тригалоzy, гликогена, олеиновой кислоты, моноолеина, характеризуются более высокой устойчивостью к обезвоживанию [5, 7]. В практике криоконсервации при обезвоживании наиболее широко применяют следующие криопротекторные соединения: ди- и полисахариды (трегалоza, глюкоза, мальтодекстрин, сахароза) [5, 6, 7–9], спирты (сорбитол, глицерин) [10], соединения липидной группы (олеиновая кислота, моноолеин, диолеин, триолеин, фосфатидилхолин, холестеринолеат) [7].

Поэтому поиск и селекция устойчивых к обезвоживанию штаммов дрожжей для автохтонных сортов винограда РФ, подбор криопротекторных соединений являются актуальными направлениями для российского виноделия.

Цель данного исследования – подбор и селекция перспективных штаммов активных сухих дрожжей для производства вин из автохтонного сорта винограда Кокур белый.

Материалы и методы исследования. Штамм винных дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* – Y-693, полученный из Всероссийской коллекции промышленных микроорганизмов (ВКПИМ) НИЦ «Курчатовский институт». Штаммы *Saccharomyces cerevisiae* Su-48, Ya-12, Ya-7, выделенные из самопротизвольно сбродившего виноградного сусла. Активные сухие дрожжи (АСД) Lalvin Blanc. Криопротекторные соединения – мальтодекстрин, трегалоza, лактоза, сорбитол.

Производственные испытания проводились в условиях микровиноделия в филиале «Морское» ПАО «Массандра» в 2022 г. Использовался виноград со следующими характеристиками: pH-3,2; массовая концентрация сахаров 180 г/дм³; титруемых кислот 5,4 г/дм³. Вина готовили по схеме: прессование винограда; сульфитация сусла из расчета 90 мг/дм³ SO₂; отстаивание сусла с бентонитом 0,1 г/дм³, при температуре 6 °С; снятие с осадка; брожение сусла на чистых культурах дрожжей при температуре 17 °С; снятие с дрожжевого осадка; сульфитация из расчета 50 мг/дм³ SO₂. В качестве контроля использовали АСД Lalvin Blanc 0,25 г/дм³. Оценку полученных вин проводили в соответствии с требованиями ГОСТ 32030-2021 «Вина. Общие технические условия» [13] и ГОСТ 32051-2013 «Продукция винодельческая. Методы органолептического анализа» [14]. Определение физико-химических показателей виноградного сусла проводили по стандартным методам, принятым в винодельческой промышленности [15]. Сенсорное тестирование вин осуществлялось по 10-бальной системе оценки вин [16].

Устойчивость к обезвоживанию оценивалась по сравнительной характеристике жизнеспособности дрожжей до и после обезвоживания, на основе показателя роста колоний на плотной среде. Перед обезвоживанием дрожжи культивировали в течение 24 ч на мелассовой среде (свекловичная патока, разбавленная до 60 г/дм³ сахарозы и дополненная 7,5 г/дм³ (NH₄)₂SO₄; 3,5 г/дм³ KН₂PO₄; 0,75 г/дм³ MgSO₄ · H₂O; 10 мл/дм³ и раствором витаминов. Концентрированную биомассу выкладывали в открытых чашках Петри и обезвоживали в потоке воздуха в термостате при 30 °С до относительной влажности 8 %. Обезвоженные (сухие) дрожжи регидрировали дистиллированной водой при 37 °С в течение 30 мин. Посев проводился на чашки со средой YPD (глюкоза – 2 %, пептон – 1 %, дрожжевой экстракт – 1 %, агар – 2 %). Колониеобразующие единицы подсчитывали через 48 ч культивирования при 30 °С [11]. Сравнительный анализ эффективности криопротекторных соединений определяли по показателю жизнеспособности дрожжей до и после обезвоживания способом, описанным выше.

Ферментативную активность до и после обезвоживания определяли на среде YPGF (1 % дрожжевой экстракт, 2 % пептон, 10 % глюкоза, 10 % фруктоза). Дрожжи вносили в питательную среду при концентрации клеток 2 млн/мл в неплотно закрытые центрифужные пробирки, наполненные 30 мл питательной среды. Культивирование проводили при 24 °С. Ферментативную активность оценивали по значению выделенного CO₂ [12]. Длительность лаг-фазы измеряли фиксированием времени, за которое наблюдалось уменьшение массы более чем на 2 % от общей массы.

Результаты и их обсуждение. Исследуемые в работе штаммы дрожжей прошли предварительный отбор из 66 штаммов: 11 штаммов были получены из ВКПМ НИЦ «Курчатовский институт»; 55 штаммов были выделены из самопроизвольно сбродившего сусла различных сортов винограда, произрастающего в Ялтинском, Судакском и Севастопольском районах Крымского по-

луострова. Штаммы Y-693, Su-48, Ya-12, Ya-7 способствовали получению вин с лучшими органолептическими характеристиками из сорта Кокур белый. Перечисленные штаммы были рекомендованы и направлены на производственные испытания на ПАО «Массанда», филиал «Морское» для получения белых сухих вин из сорта винограда Кокур белый.

Все полученные вина соответствовали требованиям ГОСТ 32030-2021 «Вина. Общие технические условия»: объемная доля этилового спирта составляла 10,3–11,0 %; массовая концентрация сахаров – 0,5–1,2 г/дм³; титруемых кислот – 5,1–5,5 г/дм³; летучих кислот – 0,29–0,36 г/дм³. Штаммы Su-48 и Y-693 в большей мере, чем остальные, способствовали сохранению титруемой кислотности 5,5 г/дм³. Самая низкая титруемая кислотность наблюдалась у вин, полученных с использованием штамма Ya-7 и АСД Lalvin Blanc 5,1 г/дм³. Самое глубокое сбраживание спирта наблюдалось у штамма Y-693, массовая концентрация сахаров 0,54, объемная доля спирта составила 11,0 %. Органолептический анализ опытных вин показал следующее. Все образцы вин были прозрачными, светло-соломенного цвета, с ароматами цветочного, медового, экзотического и фруктового направления. Дегустационная оценка образцов варьировала от 6,92 до 8,84 балла. Вина, полученные с использованием штамма Su-48, отличались ярким интенсивным ароматом цветочного направления с тонами экзотических фруктов. В аромате вин, полученных с использованием штамма Y-693, преобладали тона дюшеса и леденцов. Вина, с использованием сухих дрожжей Lalvin Blanc и штаммов Ya-12 и Ya-7 (дегустационный балл – 6,92–8,14), уступали по качеству винам, полученным на штаммах Su-48 и Y-693 (дегустационный балл 8,62–8,84).

Поэтому, согласно результатам проведенной работы, штаммы Su-48 и Y-693, рекомендованы для производства белых сухих вин из винограда сорта Кокур белый. Эти штаммы прошли предварительную производственную апробацию с положительным результатом, позволяют получать вина с интенсивным сложным ароматом цветочного направления с тонами экзотических фруктов, дюшеса и леденцов, округлым и гармоничным вкусом.

В результате анализа устойчивости к обезвоживанию у этих штаммов были получены низкие значения 5 и 21 % жизнеспособных клеток (рис. 1). По этой причине была проведена селекция с целью получения дрожжей, более устойчивых к обезвоживанию. Селекция проводилась среди изолятов этих штаммов, выросших на чашках Петри после предварительного обезвоживания. Лучший результат был достигнут с изолятом 48,3, устойчивость к обезвоживанию была повышена по сравнению с исходной культурой на 29 % и составила 50 % (рис. 1). Селекция штамма Y-693 результатов не принесла, повышение жизнеспособных клеток у исследованных изолятов не наблюдалось. Также была отмечена низкая эффективность криопротекторных соединений с данным штаммом, увеличение жизнеспособности не превышало 5 % (рис. 2). Наиболее эффективное протекторное действие наблюдалось на штамме Su-48, использование лактозы повышало количество жизнеспособных кле-

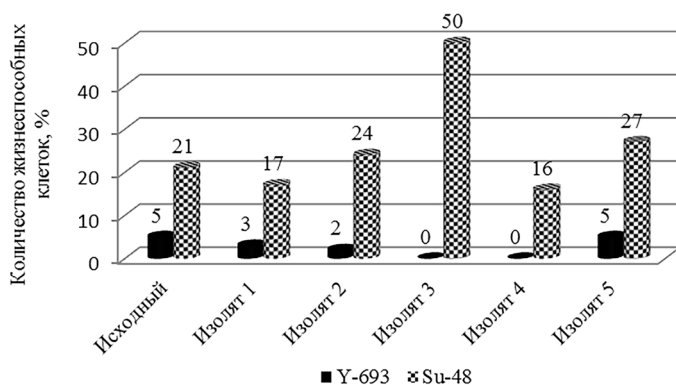


Рис. 1. Оценка устойчивости селекционных штаммов к обезвоживанию

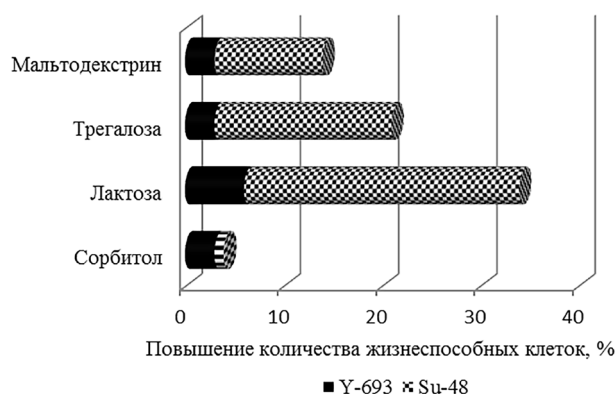


Рис. 2. Оценка жизнеспособности штаммов дрожжей в зависимости от используемых протекторных соединений при обезвоживании

ток на 28 % (рис. 2). Трегалоза оказывала меньшее защитное действие, которое составило 18 %. Таким образом, представленные данные свидетельствуют об избирательном защитном действии криопротекторных соединений в зависимости от штамма дрожжей.

Ферментативная активность выступает одним из наиболее важных критериев при использовании сухих дрожжей. Она характеризуется стабильной скоростью брожения и сбраживанием более 98 % виноградного сахара в спирт и углекислый газ. Не менее важным фактором является быстрое начало ферментации на стадии забраживания, которое обеспечит брожение на чистой культуре дрожжей, а не на спонтанной микрофлоре. Оценка ферментативной активности штамма Su-48, обезвоженного с использованием различных криопротекторных соединений, показала явное превосходство использования лактозы и трегалозы в первые трое суток брожения (рис. 3). Длительность лаг-фазы при использовании трегалозы снизилась на 13 ч, а лактозы – на 15 ч относительно контроля (рис. 4). На шестые сутки брожения интенсивность

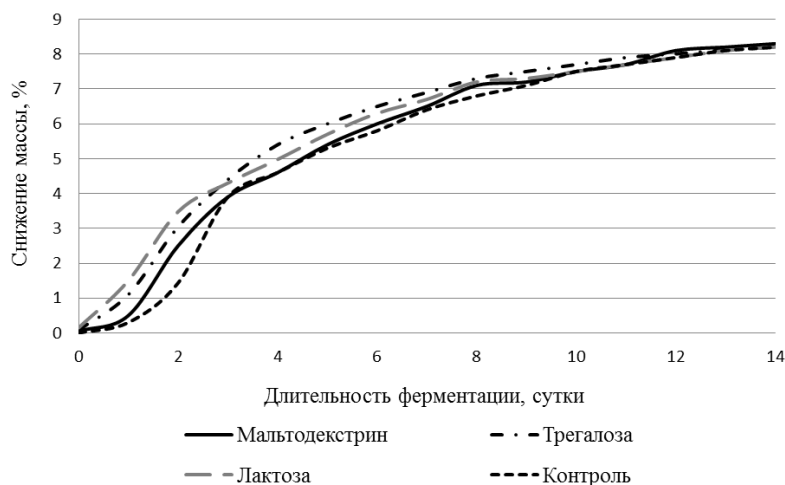


Рис. 3. Интенсивность выделения углекислого газа при брожении штамма Su-48 с использованием различных криопротекторных соединений (среда YPDF)

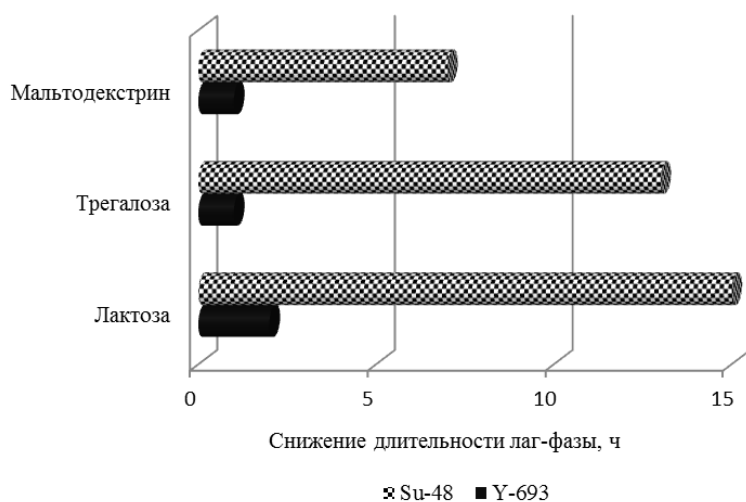


Рис. 4. Измерение длительности лаг-фазы, при брожении штаммов Su-48 и Y-693 (фиксация уменьшения массы более 2 %), среда YPDF

выделения углекислого газа у всех исследуемых образцов приблизилась к одному уровню (рис. 3). Брожение окончилось на двенадцатые – четырнадцатые сутки, было выброжено более 98 % остаточных сахаров.

Заключение. Штаммы Su-48 и Y-693 прошли предварительную производственную апробацию с положительным результатом при производстве сухих вин из сорта Кокур белый. Штаммы способствовали улучшению качества вин и рекомендованы для производства сухих вин из автохтонного сорта Кокур белый. Получен положительный результат при селекции штамма Su-48, ко-

личество живых клеток, способных к делению, после обезвоживания повысилось на 29 %. Использование лактозы в качестве криопротекторного соединения повысило жизнеспособность штамма Su-48 после обезвоживания на 28 %. Использование исследуемых криопротекторных соединений на штамме Y-693 показало низкую эффективность и требует дальнейших исследований с другими соединениями или их композициями.

Список использованных источников

1. Влияние штамма дрожжей на показатели химического состава и качество красных игристых вин / А. С. Макаров [и др.] // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2018. – № 50 (02). – С. 111–122. doi:10.30679 / 2219-5335-2018-2-50-111-122
2. Макаров, А. С. Совершенствование сырьевой базы отечественных игристых вин / А. С. Макаров // Магарах. Виноградарство и виноделие. – 2020. – Т. 22, № 4 (114). – С. 355–361. doi:10.35547/IM.2020.96.35.012
3. Ткаченко, О. Б. Особенности ароматов белых вин из автохтонных сортов винограда западной Европы и Украины / О. Б. Ткаченко, О. В. Тринкаль // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2015. – № 2 (10). – С. 40–45. doi:10.15587/1729-4061.2015.40069
4. Иванченко, К. В. Влияние штаммов дрожжей на качество столовых виноматериалов из винограда сорта Кокур белый / К. В. Иванченко, В. Н. Геок, П. А. Пробейголова // Магарах. Виноградарство и виноделие. – 2019. – Т. 21, № 1 (7). – С. 65–69.
5. Pretorius, I. S. Tailoring wine yeast for the new millennium / I. S. Pretorius // Novel approaches to the ancient art of winemaking. Yeast. – 2000. – № 16. – P. 675–729.
6. Gamero-Sandemetrio, E. Antioxidant defense parameters as predictive biomarkers for fermentative capacity of active dried wine yeast / E. Gamero-Sandemetrio, R. Gómez-Pastor, E. Matallana // Biotechnology Journal. – 2014. – P. 1055–1064. – Режим доступа: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/biot.201300448>. – Дата доступа: 19.07.2024.
7. Enhancing yeast cell viability after dehydration by modification of the lipid profile / B. Rodríguez-Porrata [et al.] // World J. Microbiol. Biotechnol. – 2011. – № 27. – P. 75–83.
8. Effects of cryoprotectants on the viability and activity of freeze dried recombinant yeasts as novel oral drug delivery systems assessed by an artificial digestive system / S. Blanquet [et al.] // European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics. – 2005. – № 61. – P. 32–39.
9. Trehalose as cryoprotectant for preservation of yeast strains / C. Coutinho [et al.] // Journal of Biotechnology. – 1988. – № 7. – P. 23–32.
10. Bioinspired Cryoprotectants Enabled by Binary Natural Deep Eutectic Solvents for Sustainable and Green Cryopreservation / Y. Tian [et al.] // ACS Sustainable Chem. – 2022. – № 10. – P. 7677–7691.
11. Paul, R. K. Carboxymethyl Cellulose and Glycerol Act Synergistically as Cryoprotectant During Cryopreservation of Ram Semen / R. K. Paul, D. Kumar, R. Singh // Cryobiology. – 2021. – № 101. – P. 61–66.
12. Mitochondria inheritance is a key factor for tolerance to dehydration in wine yeast production / C. Picazo [et al.] // Letters in Applied Microbiology. – 2014. – № 60. – P. 217–222.
13. Вина. Общие технические условия : ГОСТ 32030-2021. – Взамен ГОСТ 32-30-2013 ; введ. 12.11.21. – М. : Рос. ин-т стандартизации, 2021. – 14 с.
14. Продукция винодельческая. Методы органолептического анализа : ГОСТ 32051-2013. – Введ. 01.07.14. – М. : Стандартинформ, 2019. – 14 с.
15. Гержикова, В. Г. Методы теххимического контроля в виноделии / В. Г. Гержикова. – Симферополь : Таврида, 2002. – 260 с.
16. Валуйко, Г. Г. Теория и практика дегустации вин / Г. Г. Валуйко, Е. П. Шольц-Куликов. – Симферополь : Таврида, 2005. – 202 с.

УДК 579.67:57.2.08(476)

**Е. Н. Бирюк, кандидат сельскохозяйственных наук;
А. А. Соглаева; М. А. Шукшина;
Н. К. Жабанос, кандидат технических наук, доцент**

*РУП «Институт мясо-молочной промышленности»,
г. Минск, Республика Беларусь*

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЛЕЙКОНОСТОКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

Аннотация. Представлены результаты исследований по идентификации культур лейконоستок выделенных из образцов сырого молока. Из 46 культур выделили и идентифицировали с использованием молекулярно-генетических методов 25 изолятов *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *dextranicum/mesenteroides*, 17 изолятов *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris* и 2 изолята *Leuconostoc pseudomesenteroides*.

Ключевые слова: лейконостоки, изоляты молочнокислых микроорганизмов, ДНК, ПЦР, секвенирование, 16S рРНК.

**E. N. Biruk, Candidate of Agricultural Sciences;
A. A. Saglaeva; M. A. Shukshyna;
N. K. Zhabanos, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor**

RUE "Institute of Meat and Dairy Industry", Minsk, Republic of Belarus

IDENTIFICATION OF LEUCONOSTOCKS USING MOLECULAR GENETIC METHODS

Abstract. The results of studies on the identification of cultures of leuconostocs isolation from raw milk samples are presented. From 46 samples isolated from raw milk, 25 isolates of *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *dextranicum/mesenteroides*, 17 isolates of *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris* and 2 isolates of *Leuconostoc pseudomesenteroides* were selected using molecular genetic methods.

Keywords: *Leuconostocs*, isolates of lactic acid bacteria, DNA, PCR, sequencing, 16S rRNA.

Введение. Выделение чистых культур молочнокислых бактерий из природных источников является основой по развитию и поддержанию коллекций промышленных микроорганизмов. Бактерии рода *Leuconostoc* – важная в технологическом отношении группа молочнокислых бактерий, которая входит в состав заквасочных культур для производства кисломолочного масла, творога, сыров с низкой температурой второго нагревания. Лейконостоки применяются также для регулирования вкуса, ароматообразования и формирования рисунка сыра. В процессе своей жизнедеятельности лейконостоки продуцируют молочную и уксусную кислоту, углекислый газ, этиловый спирт,

эфирь, ароматические вещества: ацетон и диацетил [1, 2]. Лейконостоки, по сравнению с лактококками, обладают более выраженной газообразующей способностью, кроме того, при совместном развитии с лактококками лейконостоки также стабилизируют содержание диацетила, снижают уровень ацетона, увеличивают уровень уксусной кислоты и этанола, способствуют снижению накопления горьких пептидов в сырах. Род *Leuconostoc* объединяет 17 видов. В молочной промышленности наибольшее значение имеют два вида: *Leuconostoc lactis* и *Leuconostoc mesenteroides*, который включает три подвида: *dextranicum*, *mesenteroides*, *cremoris* [3, 4].

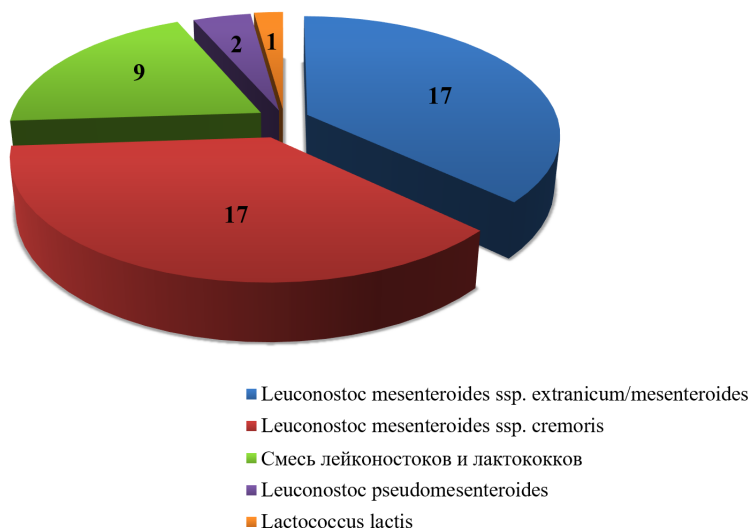
Использование современных молекулярно-биологических подходов при выделении изолятов молочнокислых бактерий из природных источников позволяет значительно ускорить процесс направленного выделения определенных групп микроорганизмов. Установление видовой принадлежности с помощью ПЦР отличается универсальностью, более глубоким уровнем видовой дифференциации, высокой воспроизводимостью и степенью достоверности, что обосновывает актуальность применения данных методов [3, 5–8].

Цель исследований – идентификация изолятов лейконостоков, выделенных из образцов сырого молока, с использованием молекулярно-генетических методов.

Материалы и методы исследования. Объектами исследования являлись изоляты лейконостоков, выделенные из образцов сырого коровьего и козьего молока. Бактериальные культуры выращивали в жидкой среде МРС. Выделение ДНК из бактериальных клеток проводили с использованием коммерческого набора «АртДНК MiniSpin» (ООО «АРТБиоТех») согласно инструкции производителя. Для проведения амплификации использовали реактивы и праймеры производства ОДО «Праймтех» и ООО «АРТБиоТех». Для проведения ПЦР использовали специфичные праймеры к видам *Leuconostoc mesenteroides*, *Leuconostoc lactis* и подвидам *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *dextranicum*/*mesenteroides*, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* и *Lactococcus cremoris* subsp. *cremoris*, разработанные нами ранее [9, 10].

Результаты и их обсуждение. Для исследований отобраны 46 изолятов, выделенные из образцов сырого коровьего и козьего молока. Изоляты отобраны по результатам оценки производственно-ценных свойств и обладали высокой газообразующей способностью, при этом они не окрашивались по щелочной пробе, что позволило предварительно отнести их к роду *Leuconostoc*. В результате исследования морфологических свойств изолятов после культивирования на среде 0,15 % MRS установлено, что клетки культур представлены короткими одиночными палочками, в цепочках и группах, что согласуется с литературными данными о том, что при культивировании в питательных средах клетки лейконостоков удлиняются и могут принимать вид палочек [1].

Для установления видовой принадлежности исследуемых культур проводили ПЦР с использованием специфичных праймеров для идентификации видов *Leuconostoc mesenteroides*, *Leuconostoc lactis*, подвигов *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *dextranicum*/*mesenteroides* и подвигов *Lactococcus lactis*



Результаты идентификации выделенных изолятов молекулярно-генетическими методами

subsp. *lactis* и *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*. В результате проведения ПЦР установлено, что из 46 исследованных газообразующих изолятов 17 культур идентифицированы как *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *dextranicum/mesenteroides*, 17 культур идентифицированы как *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris*. 9 образцов представлены бактериальными консорциумами, состоящими из двух видов: в 7 образцах (p1609/1-2-1, p1609/1-2-2, p1609/1-2-3, p1609/1-2-6, p1609/1-2-7, p1609/1-2-8, p1609/1-4-2) выявлено наличие бактерий *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris* и *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, в одном образце (p1613/2-1) установлено наличие бактерий *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *dextranicum/mesenteroides* и *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, в образце p1618/1-1 – *Leuconostoc mesenteroides* и *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*. Образец p1609/1-2-4 идентифицирован как *Lactococcus lactis*. Две культуры (p1656/1-2-1 и p1736/1-3) не идентифицированы методом ПЦР со специфичными праймерами (см. рисунок).

Два изолята p1656/1-2-1 и p1736/1-3, которые не удалось идентифицировать с помощью ПЦР со специфичными праймерами были секвенированы с универсальными праймерами для гена 16S рРНК. В результате секвенирования установлено, что изолят p1656/1-2-1 принадлежит к виду *Leuconostoc pseudomesenteroides* с вероятностью 99,38 %, изолят p1736/1-3 принадлежит к виду *Leuconostoc pseudomesenteroides* с вероятностью 97,35 %.

Все образцы, содержащие ДНК двух видов бактерий, повторно рассевали для получения изолированных колоний на среде, содержащей нерастворимый цитрат кальция. Из 50 изолятов, по результатам исследования промышленно-ценных свойств для дальнейшей ПЦР-идентификации отобрано 27 образцов. В результате молекулярно-генетических исследований 8 культур иден-

тифицированы как *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *dextranicum/mesenteroides*, три культуры – как *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris*, а 16 образцов представлены двумя видами бактерий – *Leuconostoc mesenteroides* и *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*.

Таким образом, из 46 культур, из которых 9 – повторно рассеяны, были отобраны 25 изолятов *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *dextranicum/mesenteroides*, 17 – *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris* и 2 – *Leuconostoc pseudomesenteroides*. Из отобранных культур 6 штаммов были паспортизированы и введены в Республиканскую коллекцию промышленных штаммов заквасочных культур и их бактериофагов.

Закключение. Следовательно, следует отметить, что использование молекулярно-генетических методов значительно ускоряет процесс идентификации заквасочных культур. Кроме того, благодаря высокой чувствительности и специфичности, метод ПЦР позволяет обнаружить в образце даже одиночные молекулы нуклеиновых кислот, а применение праймеров, специфичных для ДНК целевых микроорганизмов, позволяет избежать актуальной для иммунологических методов проблемы ложноположительных результатов.

Список использованных источников

1. Bergey, D. H. Bergey's Manual of Systematic Bacteriology: The Firmicutes / D. H. Bergey // Springer Science & Business Media. – 2009. – Vol. 3. – P. 630–631.
2. Carbon dioxide production by *Leuconostoc mesenteroides* grown in single and mixed culture with *Lactococcus lactis* in skimmed milk / M. Kihal [et al.] // World Journal of Dairy and Food Sciences. – 2007. – № 2 (2). – P. 62–68.
3. Identification, typing, and functional characterization of *Leuconostoc* spp. strains from traditional, starter-free cheeses / Á. Alegría [et al.] // Dairy Sci. Technol. – 2013. – Vol. 93. – № 6. – P. 657–673.
4. Сорокина, Н. П. Производство ферментированных молочных продуктов и сыров: состав и свойства заквасочной микрофлоры / Н. П. Сорокина, И. В. Кучеренко // Молочная промышленность. – 2013. – № 6, 7.
5. DNA profiling of *Leuconostoc mesenteroides* strains isolated from fermented food and farm produce in Korea by repetitive-element PCR / J. Kaur [et al.] // Food Sci. Biotechnol. – 2017. – Vol. 26. – P. 1667–1673.
6. Multilocus sequence typing of a dairy-associated *Leuconostoc mesenteroides* population reveals clonal structure with intragenic homologous recombination / W. Zhang [et al.] // Journal of Dairy Science. – 2015. – Vol. 98. – P. 2284–2293.
7. DNA profiling of *Leuconostoc mesenteroides* strains isolated from fermented food and farm produce in Korea by repetitive-element PCR / J. Kaur [et al.] // Food Sci. Biotechnol. – 2017. – Vol. 26. – P. 1667–1673.
8. Pan-genomic and transcriptomic analyses of *Leuconostoc mesenteroides* provide insights into its genomic and metabolic features and roles in kimchi fermentation / B. H. Chun [et al.] // Scientific Reports. – 2017. – Vol. 7. – P. 11504.
9. Бирюк, Е. Н. Поиск и конструирование праймеров для идентификации бактерий рода *Leuconostoc* / Е. Н. Бирюк, Н. Н. Фурик, Ю. С. Тарашкевич // Молекулярная диагностика – 2018 : материалы междунар. науч.-практ. конф., Минск, 27–28 сентября 2018 г. – С. 168–169.
10. Бирюк, Е. Н. Конструирование специфичных праймеров для идентификации подвидов молочного лактококка / Е. Н. Бирюк, Н. Н. Фурик, Т. В. Кручёнок // Наука, питание и здоровье : II междунар. конгр., Минск, 3–4 октября 2019 г. // РУП «РНПЦ по продовольствию» ; редкол: З. В. Ловкис [и др.] – Минск : ИВЦ Минфина, 2019. – С. 318–323.

УДК 637.504/07

**Т. А. Савельева, кандидат ветеринарных наук, доцент;
Т. В. Ховзун, Е. В. Петрущенко, В. Б. Корако**

*РУП «Институт мясо-молочной промышленности»,
г. Минск, Республика Беларусь*

ПРОЛОНГИРОВАНИЕ СРОКОВ ХРАНЕНИЯ МЯСНОГО СЫРЬЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Аннотация. Исследовано воздействие ультрафиолетового излучения с длиной волны 253,7 нм на условно-патогенные и патогенные микроорганизмы, контаминирующие поверхность говядины, охлажденной в четвертинах, что способствует производству качественной и безопасной мясной продукции и увеличению сроков ее хранения. Показано, что при обработке УФ-лучами поверхности говядины, охлажденной в четвертинах, сроки хранения увеличиваются до 20 дней в сравнении с действующими требованиями ТР ТС 034/2013 «О безопасности мяса и мясной продукции».

Ключевые слова: мясное сырье, говядина, охлажденная в четвертинах, ультрафиолетовое излучение, условно-патогенные и патогенные микроорганизмы, сроки хранения.

**T. A. Savelyeva, Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor;
T. V. Khovzun, E. V. Petrushchenko, V. B. Korako**

RUE "Institute of Meat and Dairy Industry", Minsk, Republic of Belarus

PROLONGATION OF THE SHELF LIFE OF MEAT RAW MATERIALS USING ULTRAVIOLET RADIATION

Abstract. The effect of ultraviolet radiation with a wavelength of 253,7 nm on opportunistic and pathogenic microorganisms contaminating the surface of beef chilled in quarters has been studied, which contributes to the production of high-quality and safe meat products and an increase in its shelf life. It is shown that when the surface of beef cooled in quarters is treated with UV rays, the shelf life increases to 20 days in comparison with the current requirements of TR CU 034/2013 "On the safety of meat and meat products".

Keywords: raw meat, chilled beef in quarters, ultraviolet radiation, conditionally pathogenic and pathogenic microorganisms, shelf life.

Введение. Гарантирование пищевой безопасности зависит от эффективности контрольных мер, т. е. методов предотвращения контаминации пищевых продуктов и, если необходимо, деконтаминации. Существующие в настоящее время методы не могут полностью предотвратить контаминацию пищевых продуктов, а их сложность, транспортировка, распределение и приготовление создают достаточную возможность для микробиального загрязнения, выживания и роста патогенных и условно-патогенных микроорганизмов, что при-

водит к неудовлетворительному санитарно-гигиеническому состоянию производства и выпуску некачественной продукции.

Мясо инфицируется главным образом при жизни животного. Следовательно, одним из источников пищевых заболеваний у людей являются больные животные. Однако значительную роль в заболевании играет и послеубойное инфицирование мяса. Основной причиной послеубойного обсеменения мяса условно-патогенной и патогенной микрофлорой является убой инфицированных животных, которые могут обсеменить туши микроорганизмами в процессе убоя и переработки.

Источником возбудителя инфекции также могут быть инфицированные вода и лед, вспомогательные материалы, используемые в мясном производстве, жалящие насекомые, птицы, грызуны и, наконец, бактериовыделитель – человек. Значительное обсеменение может происходить в тех случаях, когда имеют место нарушения санитарных правил хранения мяса и мясопродуктов.

Для борьбы с нежелательной микрофлорой, как на стадии убоя и разделки, так и на этапах переработки, существует ряд методов, к которым, в частности, относятся обработка ультрафиолетовыми лучами, озонирование и аэрозольная обработка технологическим вспомогательным средством [6].

Исследования Г. В. Козьмина подтверждают, что ультрафиолетовые лучи оказывают разрушающее действие на многие виды микроорганизмов (кишечная палочка, гемолитический стрептококк, палочка брюшного тифа, сальмонеллы, вирусы и т. п.). При этом наблюдается прямое фотохимическое воздействие на протоплазму микробной клетки, в результате чего происходит ионизация молекул белка, их свертывание и коагуляция [4].

Фотоны УФ-диапазона спектра, поражая микроорганизм, разрушают структуру ДНК, лишая его возможности репродуцироваться. УФ-излучение оказывает летальное действие на все известные виды патогенных микроорганизмов. Это обусловлено их спектральной чувствительностью к бактерицидному УФ-излучению [5]. Доказано также, что короткие световые волны воздействуют на микроорганизмы порчи сильнее, чем длинные. Подавление патогенности микроорганизмов вызывается ультрафиолетовыми лучами при длине волны 313–200 нм, максимальное воздействие – 253,7–265,4 нм. В указанном диапазоне длин волн УФ-лучи являются бактерицидными, и в то же время не оказывают негативного воздействия на мышечную и жировую ткани мясного сырья [5].

Изучение УФ-излучения позволит оценить возможность применения данного метода обработки на предприятиях мясной промышленности с целью продления сроков хранения мяса и мясопродуктов, что имеет важное значение при транспортировке охлажденного мяса на длительные расстояния, а также повысить качество и конкурентоспособность мясной продукции.

Основная часть. Цель настоящих исследований состояла в изучении применимости ультрафиолетового излучения для пролонгации сроков хранения говядины, охлажденной в четвертинах.

Для определения фактической контаминации мясного сырья проведены исследования проб смывов и отпечатков в соответствии с ТР ТС 034/2013 «О безопасности мяса и мясной продукции» и ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» [2, 3]. Мясное сырье хранилось в холодильной камере при температуре $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности 85 %. Рекомендуемые сроки хранения в таком режиме по ГОСТ 31797-12 составляют 16 суток. С поверхности говядины, в четвертинах охлажденной, полученной от животных, выращенных в местности, благополучной по особо опасным и карантинным болезням животных и птицы в течение более 5 лет, через 2 дня после убоя были взяты смывы с поверхности площадью 100 см^2 до обработки, после обработки ультрафиолетовым излучением и через 16 и 20 суток хранения в рекомендуемых техническим регламентом условиях.

В производственных условиях проведена обработка поверхности говядины, охлажденной ультрафиолетовым излучением с помощью бактерицидного излучателя ОБН-450П-03 (производства Республики Беларусь), оснащенного тремя, не вырабатывающими озон, бактерицидными лампами, излучающими коротковолновой ультрафиолет типа UV-C с длиной волны 253,7 нм. Лампы располагали таким образом, чтобы расстояние их от любой части облучаемой четвертины было не более 60 см.

В качестве показателей безопасности была взята санитарно-показательная, условно-патогенная и патогенная микрофлора: КМАФАнМ (количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов) – по ГОСТ 10444.15-94; ДиП (дрожжи и плесени) – по ГОСТ 10444.12-2013; БГКП (бактерии группы кишечной палочки) – по ГОСТ 31747-2012: *Proteus spp.* – по ГОСТ 28560-90; *Listeria monocytogenes* – по ГОСТ 32031-2012; *Salmonella spp.* – по ГОСТ 30519-97.

Определение КМАФАнМ, ДиП и БГКП проводили с использованием подложек Rida Count в соответствии с Методическими указаниями по проведению микробиологического контроля с использованием подложек Rida Count, утвержденными Министерством сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь от 24 октября 2005 г.

Определение *Listeria monocytogenes* проводили микробиологическим методом в среде накопления Фрейзера, затем в предобогащенном бульоне Фрейзера II и делали пересев на среду ПАЛКАМ. Подозрительные на *Listeria monocytogenes* колонии пересевали на МПА с 1%-й глюкозой, посеvy инкубировали при температуре $(37 \pm 1)\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 24 ч. Для дифференциации выделенных культур и принадлежности их к бактериям рода *Listeria monocytogenes*, у выделенных микроорганизмов определяли ферментативные свойства на средах Гиса (маннит, ксилоза, рамноза). β -гемолитическую активность, лецитиназную активность определяли на средах с активированным углем и без него. Устанавливали отношение к окраске по Грамму и каталазе, подвижность при $(22 \pm 1)\text{ }^{\circ}\text{C}$ и при $(37 \pm 1)\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Определение *Salmonella spp.* проводили в забуферной пептоновой воде, пересевали в среду селективного обогащения, далее – на три агаризованные среды: висмут-сульфит агар, среду Плоскарева и Эндо. Подозрительные колонии на принадлежность к бактериям рода *Salmonella spp.* пересевали на трехсахарный агар (среда Клиглер) и проводили изучение биохимических и серологических характеристик.

Все исследования осуществляли в трехкратных повторениях и статистически обрабатывали с использованием набора статистических инструментов стандартного программного пакета Microsoft Excel.

Для оценки влияния УФ-излучения на условно-патогенную и патогенную микрофлору мясного сырья и определения фактической контаминации говядины, охлажденной в четвертинах, произведен отбор проб смывов и отпечатков с поверхности площадью 100 см² до обработки, после обработки УФ-излучением в течение 20, 30, 40 и 60 мин, а также через 16 и 20 суток хранения в холодильной камере при температуре –1 °С и относительной влажности 85 %. Результаты исследований приведены в таблице.

Микробиологические испытания смывов с поверхности говядины, охлажденной в четвертинах, до и после проведения обработки УФ-излучением и хранения в течение 16 и 20 суток

Номер пробы	КМАФАнМ КОЕ/100 см ²	БГКП, КОЕ/100 см ²	<i>Proteus spp.</i> , КОЕ/100 см ²	<i>Salmonella spp.</i> , КОЕ/100 см ²	<i>Listeria spp.</i> , КОЕ/100 см ²	Плесневые грибы и дрожжи, КОЕ/м ³
1	2	3	4	5	6	7
<i>Микробная контаминация до обработки</i>						
1	$1,2 \times 10^5$	$2,5 \times 10^1$	н. о.	н. о.**	$1,9 \times 10^1$	$0,9 \times 10^1$
2	$2,0 \times 10^4$	$2,3 \times 10^1$	н. о.	н. о.**	$2,0 \times 10^1$	$0,8 \times 10^1$
3	$1,9 \times 10^4$	$2,4 \times 10^1$	н. о.	н. о.**	$0,9 \times 10^1$	$0,2 \times 10^1$
4	$1,0 \times 10^3$	$0,9 \times 10^1$	н. о.	н. о.**	н. о.**	$0,4 \times 10^1$
5	$2,1 \times 10^3$	$0,8 \times 10^1$	н. о.	н. о.**	$0,2 \times 10^1$	$1,0 \times 10^1$
<i>Микробная контаминация после обработки в течение 20 мин</i>						
1	$1,0 \times 10^3$	$1,1 \times 10^1$	н. о.	н. о.**	$0,3 \times 10^1$	$0,4 \times 10^1$
2	$4,2 \times 10^2$	$1,0 \times 10^1$	н. о.	н. о.**	$0,6 \times 10^1$	$0,7 \times 10^1$
3	$3,3 \times 10^2$	$1,7 \times 10^1$	н. о.	н. о.**	$0,4 \times 10^1$	$0,1 \times 10^1$
4	$7,2 \times 10^1$	$0,5 \times 10^1$	н. о.	н. о.**	н. о.**	$0,3 \times 10^1$
5	$9,7 \times 10^1$	$0,5 \times 10^1$	н. о.	н. о.**	н. о.**	$0,7 \times 10^1$
<i>Микробная контаминация после обработки в течение 30 мин</i>						
1	$1,1 \times 10^2$	$0,5 \times 10^1$	н. о.	н. о.**	н. о.**	$0,4 \times 10^1$
2	$7,1 \times 10^1$	$0,6 \times 10^1$	н. о.	н. о.**	н. о.**	$0,5 \times 10^1$
3	$4,5 \times 10^1$	$0,6 \times 10^1$	н. о.	н. о.**	н. о.**	$0,1 \times 10^1$
4	$0,9 \times 10^1$	н. о.*	н. о.	н. о.**	н. о.**	$0,1 \times 10^1$
5	$1,3 \times 10^1$	н. о.*	н. о.	н. о.**	н. о.**	$0,3 \times 10^1$
<i>Микробная контаминация после обработки в течение 40 мин</i>						
1	$3,0 \times 10^3$	$1,5 \times 10^2$	н. о.	н. о.**	н. о.**	$0,5 \times 10^1$
2	$7,0 \times 10^3$	$5,0 \times 10^1$	н. о.	н. о.**	н. о.**	$2,6 \times 10^1$
3	$5,8 \times 10^3$	$8,0 \times 10^1$	н. о.	н. о.**	н. о.**	$0,7 \times 10^1$

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
4	$8,3 \times 10^3$	$5,0 \times 10^1$	н. о.	н. о.**	н. о.**	$1,2 \times 10^1$
5	$9,3 \times 10^3$	$4,9 \times 10^1$	н. о.	н. о.**	н. о.**	$3,1 \times 10^1$
<i>Микробная контаминация после обработки в течение 60 мин</i>						
1	$3,0 \times 10^3$	$1,5 \times 10^2$	н. о.	н. о.**	н. о.**	5×10^1
2	$7,0 \times 10^3$	$5,0 \times 10^1$	н. о.	н. о.**	$0,3 \times 10^1$	$2,6 \times 10^1$
3	$5,8 \times 10^3$	$8,0 \times 10^1$	н. о.	н. о.**	н. о.**	$0,7 \times 10^1$
4	$9,3 \times 10^3$	$4,2 \times 10^2$	н. о.	н. о.**	$0,4 \times 10^1$	$2,2 \times 10^2$
5	$7,7 \times 10^3$	$1,1 \times 10^2$	н. о.	н. о.**	н. о.**	$3,9 \times 10^1$
<i>Микробная контаминация после 30-минутной обработки ежедневно в течение 3 дней</i>						
1	$3,0 \times 10^1$	$2,0 \times 10^1$	н. о.	н. о.**	н. о.**	$1,0 \times 10^1$
2	$4,1 \times 10^2$	$0,1 \times 10^1$	н. о.	н. о.**	н. о.**	$0,1 \times 10^1$
3	$2,2 \times 10^2$	$3,1 \times 10^1$	н. о.	н. о.**	н. о.**	$0,4 \times 10^1$
4	$0,6 \times 10^2$	$0,3 \times 10^1$	н. о.	н. о.**	н. о.**	$0,8 \times 10^1$
5	$3,8 \times 10^1$	$5,1 \times 10^1$	н. о.	н. о.**	н. о.**	$1,2 \times 10^1$
<i>Микробная контаминация после 16 суток хранения</i>						
1	$9,6 \times 10^2$	$1,8 \times 10^1$	н. о.	н. о.**	н. о.**	$2,6 \times 10^1$
2	$8,3 \times 10^2$	$2,3 \times 10^1$	н. о.	н. о.**	н. о.**	$4,8 \times 10^1$
3	$3,4 \times 10^2$	$2,0 \times 10^1$	н. о.	н. о.**	н. о.**	$0,9 \times 10^1$
4	$8,5 \times 10^1$	н. о.*	н. о.	н. о.**	н. о.**	$0,8 \times 10^1$
5	$2,7 \times 10^2$	н. о.*	н. о.	н. о.**	н. о.**	$2,3 \times 10^1$
<i>Микробная контаминация после 20 суток хранения</i>						
1	$9,8 \times 10^2$	$1,6 \times 10^1$	н. о.	н. о.**	н. о.**	$2,6 \times 10^1$
2	$8,0 \times 10^2$	$2,5 \times 10^1$	н. о.	н. о.**	н. о.**	$4,6 \times 10^1$
3	$4,1 \times 10^2$	$2,2 \times 10^1$	н. о.	н. о.**	н. о.**	$1,1 \times 10^1$
4	$9,1 \times 10^1$	н. о.*	н. о.	н. о.**	н. о.**	$0,9 \times 10^1$
5	$3,0 \times 10^2$	н. о.*	н. о.	н. о.**	н. о.**	$2,8 \times 10^1$
<i>Микробная контаминация после 16 суток хранения без обработки УФ-излучением (контроль)</i>						
1	$1,0 \times 10^6$	$7,6 \times 10^1$	н. о.	н. о.**	$1,0 \times 10^2$	$7,8 \times 10^1$
2	$1,0 \times 10^5$	$2,2 \times 10^2$	н. о.	н. о.**	$1,2 \times 10^2$	$6,0 \times 10^1$
3	$8,9 \times 10^4$	$1,1 \times 10^2$	н. о.	н. о.**	$1,6 \times 10^1$	$1,2 \times 10^1$
4	$9,0 \times 10^3$	$1,6 \times 10^1$	н. о.	н. о.**	$0,2 \times 10^1$	$5,0 \times 10^1$
5	$1,1 \times 10^4$	$2,0 \times 10^1$	н. о.	н. о.**	$0,9 \times 10^1$	$1,0 \times 10^2$
<i>Микробная контаминация после 20 суток хранения без обработки УФ-излучением (контроль)</i>						
1	$1,0 \times 10^6$	$8,0 \times 10^1$	н. о.	н. о.**	$1,1 \times 10^2$	$7,0 \times 10^1$
2	$1,0 \times 10^5$	$2,0 \times 10^2$	н. о.	н. о.**	$1,0 \times 10^2$	$6,2 \times 10^1$
3	$9,1 \times 10^4$	$1,0 \times 10^2$	н. о.	н. о.**	$1,4 \times 10^1$	$2,0 \times 10^1$
4	$9,2 \times 10^3$	$1,6 \times 10^1$	н. о.	н. о.**	$0,2 \times 10^1$	$4,6 \times 10^1$
5	$1,0 \times 10^4$	$1,1 \times 10^1$	н. о.	н. о.**	$1,0 \times 10^1$	$1,1 \times 10^2$

Примечание: н. о. – не обнаружено, н. о.* – не обнаружено в 0,1 г, н. о.** – не обнаружено в 25,0 г.

Результаты опытов, проведенные нами в производственных условиях одного из мясоперерабатывающих предприятий, показали (см. таблицу), что контаминация поверхности мяса охлажденного до обработки составила: по КМАФАнМ – от $1,0 \times 10^3$ до $2,0 \times 10^4$ КОЕ/100 см², БГКП – от $0,8 \times 10^1$ до $2,5 \times 10^1$ КОЕ/100 см², *Listeria spp.* – от 0 до $2,0 \times 10^1$ КОЕ/100 см², дрожжеподобные и плесневые грибы – от единичных колоний до $1,0 \times 10^1$ КОЕ/100 см², *Salmonella spp.* и *Proteus spp.* – не обнаружены.

Исследованиями Н. Г. Андриановой установлено, что при относительной влажности воздуха выше 60 % стойкость бактерий к воздействию ультрафиолетовых лучей резко повышается; в этих случаях требуется в 5–10 раз большая интенсивность облучения, чем в сухих помещениях [1]. Поэтому при проведении обеззараживания мясного сырья ультрафиолетовым излучением в течение 20, 30, 40 и 60 мин нами учитывалась устойчивость санитарно-показательной, условно-патогенной и патогенной микрофлоры к их воздействию в зависимости от окружающей среды – температуры (–1 °С) и влажности воздуха (85 %).

Так, при однократном воздействии ультрафиолетовым излучением в течение 20 мин микробная контаминация составила: по КМАФАнМ – от $9,7 \times 10^1$ до $1,0 \times 10^3$ КОЕ/100 см², БГКП – от единичных колоний до $1,7 \times 10^1$, *Listeria spp.* – от единичных колоний до полного отсутствия, обнаружены единичные колонии дрожжеподобных и плесневых грибов, *Salmonella spp.* и *Proteus spp.* – не обнаружены.

С увеличением длительности воздействия (30 мин) ультрафиолетового излучения отмечено снижение КМАФАнМ – от единичных колоний до $1,1 \times 10^2$ КОЕ/100 см², БГКП – от единичных колоний до полного отсутствия, *Salmonella spp.*, *Proteus spp.* и *Listeria spp.* – не обнаружены, но единичные колонии дрожжеподобных и плесневых грибов были выявлены.

Вместе с тем исследования показали, что обработка поверхности мясного сырья ультрафиолетовыми лучами в течение 40 и 60 мин не снижает микробную обсемененность на поверхности мясного сырья, по КМАФАнМ – рост на 1,5–2 lg, по БГКП – до 2 lg, дрожжеподобные и плесневые грибы – на 1–2 lg. Оказалась также неэффективна в отношении *Listeria spp.*, так как необходимая для инактивации микроорганизмов УФ-доза должна обеспечиваться за время не более 30 мин, что обусловлено особенностью механизма бактерицидного действия УФ-излучения на данные микроорганизмы. Под влиянием ультрафиолетовых лучей не всякая вегетативная форма плесени менее устойчива, чем споры, в определенном возрасте плесени оказывались устойчивыми против действия ультрафиолетовых лучей. Это период образования конидий, прорастания плесени в среду, вследствие чего части мицелия были защищены от воздействия ультрафиолетовых лучей, так как короткие лучи спектра проникают на незначительную глубину.

В связи с тем, что установлено нарастание загрязненности говядины КМАФАнМ, БГКП, дрожжеподобными и плесневыми грибами, а также от-

мечен рост *Listeria spp.* при указанных режимах ультрафиолетового излучения, был отработан способ многоэкспозиционного ультрафиолетового излучения: 30 мин в течение трех дней подряд. При данном режиме установлена полная деконтаминация *Listeria spp.*, снижение на 1–2 lg контаминации БГКП и КМАФАнМ.

Дальнейшие исследования показали, что контаминация поверхности, обработанной УФ-излучением, говядины, охлажденной после 16 суток хранения в холодильной камере при температуре -1°C и относительной влажности 85 %, составила: по КМАФАнМ – от $8,5 \times 10^1$ до $9,6 \times 10^2$ КОЕ/100 см², БГКП – от полного отсутствия в некоторых пробах смывов до $2,3 \times 10^1$ КОЕ/100 см², *Salmonella spp.*, *Proteus spp.* и *Listeria spp.* – не обнаружены, плесневые грибы и дрожжи – от единичных колоний до $4,8 \times 10^1$ КОЕ/100 см². Контаминация поверхности мяса после 20 суток хранения в тех же режимах по всем исследуемым показателям осталась на уровне контаминации после 16 суток хранения.

Контаминация поверхности контрольных образцов мяса охлажденного (без обработки) после 16 суток хранения в холодильной камере при температуре -1°C и относительной влажности 85 % составила: по КМАФАнМ – от $9,0 \times 10^3$ до $1,0 \times 10^6$ КОЕ/100 см², БГКП – от $1,6 \times 10^1$ до $2,2 \times 10^2$ КОЕ/100 см², *Listeria spp.* от единичных колоний до $1,2 \times 10^2$ КОЕ/100 см², дрожжеподобные и плесневые грибы – от $1,2 \times 10^1$ до $1,0 \times 10^2$ КОЕ/100 см², *Salmonella spp.* и *Proteus spp.* – не обнаружены. После 20 суток хранения в тех же режимах микробный пейзаж по всем исследуемым показателям остался на уровне 16 суток хранения.

Таким образом, обработка поверхности охлажденного мяса ультрафиолетовыми лучами снижает микробную обсемененность на поверхности мясного сырья в сравнении с контрольными образцами после 16 суток по КМАФАнМ на 2–3,5 lg, по БГКП – от 1 lg до полного отсутствия в некоторых пробах смывов, по показателю дрожжеподобные и плесневые грибы – на 1 lg, по показателю *Listeria spp.* – на 1–2 lg, что приводит к полной деконтаминации патогена, *Salmonella spp.* и *Proteus spp.* – не обнаружены и в опытных и в контрольных образцах.

Однако установлено, что снижение уровня контаминации дрожжей и плесней при обработке УФ-излучением не достигает нормативного уровня, многие микроорганизмы, в нашем случае *Listeria spp.*, обладают способностью к восстановлению ДНК и РНК (реактивация), что и выявлено в наших исследованиях.

Основным условием эффективного применения УФ-установок является обеспечение высокой мощности УФ-излучения, поскольку причиной порчи мясных продуктов является наличие плесневых грибов. Доза УФ-излучения, необходимая для инактивации таких микроорганизмов, достигает 200 мДж/см², что в 25 раз превышает бактерицидную дозу для санитарно-показательных микроорганизмов. Облучение микроорганизма вызывает повреждения ДНК и РНК в его клеточном ядре. Поскольку многие микроорганизмы обладают способно-

стью восстановления ДНК и РНК (реактивация), для необратимых повреждений клеточного ядра необходима высокая мощность источника УФ-излучения (скорость повреждения ДНК и РНК бактерицидным излучением должна значительно превышать скорость их реактивации), что и было смоделировано в нашем опыте.

Заключение. Учитывая все вышеустановленное, были определены рациональные режимы обеззараживания говядины, охлажденной в четвертинах, на предприятиях мясной промышленности с применением ультрафиолетовых лучей:

- обработка УФ-излучением в течение 30 мин;
- 30-минутная обработка УФ-излучением в течение трех дней.

Полученные данные подтверждают эффективность воздействия УФ-излучения в течение 30 мин и 30-минутной обработки ультрафиолетовыми лучами в течение трех дней на патогенную и условно-патогенную микрофлору, что позволит выпускать безопасную продукцию с большими сроками годности свыше нормируемых 16 суток.

Обнаружение *L. monocytogenes* и *Salmonella spp.* в смывах мясного сырья свидетельствует о циркуляции возбудителя листериоза и сальмонеллеза на мясоперерабатывающих предприятиях и требует ужесточения санитарно-гигиенических требований к производству и хранению мяса и мясopодуктов. С этой целью должен быть регламентирован и налажен контроль на наличие *L. monocytogenes* и *Salmonella spp.*, не только в сырье и готовой продукции, но и на наиболее значимых участках технологических процессов, включая посев смывов с технологического оборудования, инвентаря, тары, вспомогательных материалов, а также отработаны технологические параметры санитарной обработки с учетом эффективного воздействия на условно-патогенную и патогенную микрофлору с целью выпуска качественной и безопасной продукции.

Список использованных источников

1. Андрианова, Н. Г. Ультрафиолет в роли фактора повышения качества мясной продукции / Н. Г. Андрианова // Успехи современного естествознания. – 2011. – № 8. – С. 206–206.
2. О безопасности мяса и мясной продукции [Электронный ресурс] : ТР ТС 034/2013 : принят 09.10.2013 : вступ. в силу 01.05.2014. – Режим доступа: https://docs.eaeunion.org/docs/ru-ru/0043629/cnec_11102013_68. – Дата доступа: 01.08.2024.
3. О безопасности пищевой продукции [Электронный ресурс] : ТР ТС 021/2011 : принят 09.12.2011 : вступ. в силу 01.07.2013 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/902320560>. – Дата доступа: 25.07.2024.
4. Перспективы развития рынка радиационных технологий в сельском хозяйстве перерабатывающей промышленности / Г. В. Козьмин [и др.] // Экономика с.-х. и перерабатывающих предприятий. – 2015. – № 8. – С. 30–34.
5. Применение ионизирующего излучения в мясной промышленности / А. А. Семенова [и др.] // Всё о мясе. – 2019. – № 4. – С. 30–34.
6. Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности / Г. В. Козьмин [и др.] // Достижения науки АПК. – 2015. – № 5. – С. 87–92.

ГЛАВА 2

ПИТАНИЕ КАК
СОСТАВЛЯЮЩАЯ
ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА.

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ
И СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ
ПРОДУКТЫ.

ДЕТСКОЕ ПИТАНИЕ

УДК 613.2.038

**А. Е. Светлый,
В. Е. Гапонова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Брянский государственный аграрный университет»,
Брянская область, Российская Федерация*

СООТНОШЕНИЯ РАБОТЫ, РАБОЧЕГО ВРЕМЕНИ И ГРАФИКА РАБОТЫ С РЕЖИМОМ И КАЧЕСТВОМ ПИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА

Аннотация. Многими учеными-исследователями доказана и выявлена взаимосвязь здоровья и соблюдения режима питания. Однако трудовые отношения, которые складываются в различных сферах, не всегда позволяют соблюдать режим питания, что впоследствии может негативно сказываться. Нередко многие работники вместо полноценного приема пищи могут просто перекусить готовыми продуктами, которые приобретают в ближайшем магазине. Насколько питание человека может зависеть от графика и сложности работы? Можно ли попытаться разрешить вопрос о рациональном использовании рабочего времени и рациональном питании?

Ключевые слова: режим питания, продукты питания, рабочее время и время отдыха, время для приема пищи, сервисы быстрого питания, фастфуды.

**A. E. Svetliy,
V. E. Gaponova, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor**

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
“Bryansk State Agrarian University”,
Bryansk Region, Russian Federation*

THE RATIO OF WORK, WORKING HOURS AND WORK SCHEDULE WITH THE REGIME AND QUALITY OF HUMAN NUTRITION

Abstract. Many research scientists have proven and identified the relationship between health and dietary compliance. However, labor relations that develop in various fields do not always allow you to follow a diet, which can subsequently have a negative impact. Often, many workers, instead of a full meal, can simply have a snack with ready-made products that they purchase at the nearest store. How much can a person's nutrition depend on the schedule and complexity of work? Is it possible to try to resolve the issue of rational use of working time and rational nutrition?

Keywords: diet, food, working hours and rest time, time for meals, fast food services, fast food.

Введение. Наши обильные разговоры о важности качества питания, о здоровом питании, о необходимости соблюдения режима питания пронизывают все разделы питания и физиологии с древнейших времен. В различные времена по-разному относились к качеству, режиму и культуре питания, однако

постоянно появлялись новые идеи и исследования в области питания человека. На сегодняшний день нравоучения, базирующиеся на постулатах науки и нормах морали о правилах питания, собрали огромное количество рекомендаций и доводов, однако не все они воспринимаются людьми, и уж тем более не все применяются в повседневной жизнедеятельности. В связи с этим возникает вопрос: почему люди, зная о правилах питания, имея возможность найти и получить информацию, не соблюдают советы и рекомендации от ученых и специалистов по питанию? На этот вопрос можно найти совершенно разные ответы, среди которых типичными будут незнание, нежелание и отсутствие интереса к своему здоровью. Меж тем бывает и иная ситуация, когда человек знает, но не может соблюдать правила питания по независящим от него обстоятельствам. К таким обстоятельствам мы относим прежде всего работу и ставим основной вопрос: как соблюдать режим питания, употреблять здоровые продукты питания и совмещать это с работой, на которой человек проводит большое количество времени?

Основная часть. «Образ жизни, который можно назвать здоровым, должен включать следующие элементы: плодотворный труд, искоренение вредных привычек, рациональный режим труда, отдыха и питания, оптимальный двигательный режим и физическое воспитание, личную гигиену и закаливание», – так отмечают в своей статье Ю. А. Грешилова и Т. Г. Щербакова [4].

Д. А. Шпатаковская рассуждает о рациональном питании и приводит следующие доводы: «Для нормального функционирования человеку необходимо ежедневное питание. Оно помогает восполнять энергию и обеспечивает нормальную работу процессов жизнедеятельности. Так же с помощью различных питательных веществ – жиров, углеводов, белков, минеральных солей и витаминов, поступающих вместе с продуктами питания, происходит обновление клеток и образование ферментов и гормонов. От того, что человек ест, зависит его настроение, физическая активность, а также психологическое состояние. ...При нерациональном питании в организм не поступают необходимые ему вещества или же наоборот, поступают в излишке, что может привести к нарушению различных процессов в теле человека. Еще одной опасностью является появление различных заболеваний, так при недостаточном количестве витаминов в организме происходит ослабление иммунитета.

Рациональным считается такое питание, при котором в организм поступают все необходимые вещества, вследствие чего человек имеет высокий уровень работоспособности и максимальную продолжительность здоровой и активной жизни. ... Зачастую, особенно во время сильного голода, человек употребляет в пищу продукты, которые можно максимально быстро и легко приготовить, а также очень вкусные, но не всегда они являются полезными и необходимыми для нашего организма. Также это могут продукты, имеющие эффект быстрого, но не долговременного насыщения, что заставляет есть человека все больше и больше [3]».

Приведенные выше суждения авторов о здоровом питании, его составляющих, о том, что можно считать рациональным питанием, носят в какой-то степени идеалистический характер. Все указанные теории здорового рационального питания человека, которые подтверждаются научными фактами, на практике весьма сложно применить. Например, если человек живет в спокойной обстановке, он не имеет каких-либо обязательств или у него отсутствует нагрузка, то он вполне может заниматься своим здоровьем, в частности своим питанием. Также такие идеи можно объяснять подрастающему поколению в школах, в техникумах, в высших учебных заведениях, но объяснять то же самое взрослому человеку, порой, не имеет практического смысла. Возникает логический вопрос, почему взрослый человек имеет представление о том, что вредно, какие продукты стоит употреблять, как выстроить рациональное питание, но во многом делает совершенно наоборот? Мы считаем, что проблемой такого противоречия у взрослого населения является работа. Такое весьма странное суждение, на первый взгляд, может вызвать массу нареканий, но у этой гипотезы тоже есть свое логическое объяснение.

Не секрет, что человек проводит около 1/3 своего времени на работе, если мы говорим о полной занятости [1]. На сегодняшний день, во многих странах, в том числе и в России, рабочий день составляет от 8 до 12 ч. Графики работы бывают совершенно разными, но как правило, они бывают либо сменными, либо пяти- или шестидневными, когда сотрудник работает пять или шесть дней в неделю. Вместе с тем это может быть график как с «твердыми» выходными днями, так и с «плавающими». Именно здесь и заключается вся проблема питания работающего человека: можно ли полноценно питаться на рабочем месте и соблюдать хотя бы какой-то режим питания?

Известно, что одним из важнейших принципов рационального питания является правильно организованный режим приема пищи, а именно, прием пищи в одни и те же часы, с соблюдением определенных интервалов между ними, количественное и качественное распределение пищи в течение дня.

Промежутки между приемами пищи должны составлять не менее 3 и не более 4–4,5 ч, поскольку примерно через 3–4 ч заканчивается процесс переваривания пищи в желудке, и она его покидает. За время между приемами пищи поджелудочная железа и печень, синтезирующие секрет для облегчения переваривания, должны успеть подготовиться к следующему поступлению. На это необходимо не менее приблизительно трех часов.

Когда промежутки между едой более 4,5–5 ч, секрет застаивается в протоках, создавая условия для развития воспалительных процессов и увеличивая риск развития различных заболеваний желудочно-кишечного тракта. К тому же при длительном перерыве усиливается чувство голода. Это способствует перееданию [1, 2, 7].

На различных предприятиях и в организациях помимо основного рабочего времени имеется специально отведенное время для приема пищи. Как правило, оно может составлять от 30 мин до 1,5 ч. В большинстве своем встре-

чаются перерывы длительностью в 45–60 мин. Такой перерыв условно разделяет рабочий день пополам. Стоит обратить внимание, что отведенное время для приема пищи характерно для любого вида графиков работы. В идеальном состоянии этого вполне достаточно, чтобы полноценно соблюдать режим питания, при условии, что человек утром принял завтрак и вечером поужинал за 3–3,5 ч до сна и работа ни в коем случае тогда не будет связана с проблемой рационального здорового питания, однако это только в идеализированном представлении.

На самом деле ситуация обстоит крайне противоречиво: часовой перерыв для приема пищи у людей, которые работают по 8 и по 12 ч в день, отнюдь не одно и то же. Более того, рабочий день начинается у многих около 8:00 или 8:30 ч утра, а иногда раньше. Так как рабочий день начинается рано, а до места работы также надо добраться, то у большинства людей нет просто времени принять завтрак, поскольку многие тратят время на дорогу. Питаться, что называется, в дороге, в движении не менее вредно, а придя на работу, возможность поесть появляется только в обеденный перерыв. Аналогичная ситуация происходит и с ужином: многим людям после работы необходимо добраться до дома и приготовить еду, если таковая не была приготовлена заранее, как следствие, люди ужинают достаточно в позднее время, в особенности, это касается тех, кто работает по сменному графику 10–12 ч в день.

Однозначно нельзя не сказать, что такая ситуация в меньшей степени касается людей, проживающих от места работы в шаговой доступности, но работая в день более 8 ч и возвращаясь домой поздно, они также сталкиваются с тем, что ужинают в позднее время суток.

Отдельным подвопросом темы является то, чем питается человек. В период для приема пищи у людей есть возможность не только поесть саму еду, но и отойти от своего места работы. В большинстве случаев, рядом могут располагаться продуктовые магазины, в которых можно приобрести не просто любые продовольственные и непродовольственные товары, но и конкретную готовую продукцию: салаты, закуски, хлебобулочные изделия, кондитерскую выпечку и т. д. Многие эти готовые продукты имеют большое количество калорий и содержат так называемые быстрые углеводы, которые утоляют голод на кратковременный период. Ни для кого не секрет, что потребление таких продуктов не приносит большой пользы организму и ни о каком рациональном питании здесь речь идти не может. Мы считаем, что время для приема пищи каждый человек волен по своему желанию организовать сам, и только сам может принимать решение, что ему потреблять. Таким образом, выбор того, что употреблять и как употреблять во время установленного перерыва для принятия пищи, полностью остается за человеком.

Заключение. Подводя итог исследованию вопросов соотношения рабочего времени, времени отдыха и здорового рациона питания человека, хочется сказать, что от работы как составляющей части человеческой жизни невозможно отказаться в силу социально-экономических причин и факторов, но

возможно ее организовать так, чтобы у человека была возможность заботиться о своем здоровье, в том числе чтобы были все предпосылки к созданию рационального питания.

Так, мы предлагаем организовать несколько перерывов в течение рабочего дня. Например, обеденный перерыв может составлять 30 мин, а два других – по 15 мин. Этого времени будет вполне достаточно, чтобы в небольшие перерывы перекусить какими-либо легкими продуктами, а так называемый обеденный перерыв в таком случае будет являться основным, где люди смогут уже принять более полноценную пищу. Также, по нашему мнению, такой перерыв подойдет для тех работников, чей рабочий день составляет 8 ч, а те, кто работают 10–12 ч, должны иметь больший перерыв, чтоб не только использовать время для приема пищи, но и просто отдохнуть физически и (или) морально. Ввиду этого, основной (обеденный) перерыв у таких работников должен составлять 45 мин, а два других дополнительных перерыва по 20 мин.

Однозначно надо признать, что такая идея является не новой и некоторые предприятия уже применяют подобные дробления в перерывах для отдыха, однако это является инициативой предприятий. Мы же считаем, что такой принцип должен иметь закрепленный законодательный характер, который будет общеобязательным. Это важно, так как не только каждый человек должен заботиться о своем здоровье и создавать все для своего здорового питания, но вместе с ним об этом должны думать и работодатели, и государство в лице соответствующих компетентных органов. Чем выше уровень и состояние здоровья человека, тем выше будет его работоспособность, поэтому важно создать все условия, способствующие хотя бы сохранению и поддержанию здоровья, одним из которых является режим питания.

Еще одним нашим предложением является идея о возврате производственной гимнастики, которая ранее была распространена повсеместно в бывшем СССР [6].

Производственная гимнастика – вид физической активности на рабочем месте с целью улучшения продуктивности, снятия усталости и предупреждения проблем со здоровьем у работников. Как правило, состоит из комплекса простых упражнений, подобранных с учетом особенностей профессии, и проводится в определенной форме, подходящей под установленные условия труда в компании [5, 6].

Опять же стоит сказать, что в настоящее время ряд организаций инициативно применяют производственную гимнастику, но это является исключительно их желанием. Мы также считаем, что такая физическая пауза в работе не будет лишней и требует своего определенного законодательного закрепления, или по крайней мере своих разработанных правил, стандартов, норм и рекомендаций. К такому виду процедуры можно относиться весьма по-разному, но исключать пользу для организма такой небольшой физической нагрузки, особенно для работников офисных предприятий, нельзя. Возможно, что производственную гимнастику можно проводить после основного (обеденно-

го) перерыва. Можно допустить, что производственная гимнастика в какой-то мере будет иметь факультативный характер, но вместе с тем она будет присутствовать законодательно на каждом предприятии.

В качестве обобщения всего вышесказанного, хочется отметить, что здоровье человека и его питание всегда зависит от самого человека. Чтобы работа не была во вред здоровью, чтобы не было долгих перерывов между принятием пищи, чтобы не развивались заболевания, связанные с «сидячей» работой, необходимо создать все условия для комфортного нахождения человека на работе, а уже как организовывать свой режим питания и что употреблять, должен решать сам человек.

Список использованных источников

1. Аленина, И. В. Рабочее время и время отдыха как взаимообусловленные категории / И. В. Аленина // Вестн. Омского ун-та. Сер. «Право». – 2007. – № 1 (10). – С. 112–119.
2. Мельникова, О. Ф. Роль питания в поддержании здоровья человека / О. Ф. Мельникова // Science Time. – 2016. – № 10 (34). – С. 200–204.
3. Шпатаковская, Д. А. Рациональное питание как критерий здорового образа жизни / Д. А. Шпатаковская // Наука XXI века: актуальные направления развития. – 2020. – № 1–2. – С. 286–289.
4. Щербакова, Т. Г. Рациональное питание – неотъемлемый элемент здорового образа жизни / Т. Г. Щербакова, Ю. А. Грешилова // Электронный научный журнал. – 2016. – № 5 (8). – С. 37–41.
5. Производственная гимнастика: комплекс упражнений для работников, цель, формы и виды [Электронный ресурс] // РИА Новости. Спорт. – Режим доступа: <https://rsport.ria.ru/20230109/proizvodstvennaya-gimnastika-1843539922.html>. – Дата доступа: 28.07.2024.
6. Физкультминутка. Как работники занимались производственной гимнастикой [Электронный ресурс] // Аргументы и Факты в Беларуси: новости страны и мира. – Режим доступа: https://aif.by/timefree/sport/fizkultminutka_kak_rabotniki_zanimalis_proizvodstvennoy_gimnastikoy. – Дата доступа: 28.07.2024.
7. Сколько времени должно проходить между приемами пищи? [Электронный ресурс] // Аргументы и Факты в Беларуси. – Режим доступа: https://aif.ru/health/food/skolko_vremeni_dolzhno_prohodit_mezhdu_priemami_pishchi. – Дата доступа: 29.07.2024.

УДК 613.2/3:64(476)

Л. А. Лобанова

*Республиканское научное унитарное предприятие «Институт системных исследований в АПК Национальной академии наук Беларуси»,
г. Минск, Республика Беларусь*

КЛЮЧЕВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ ПИТАНИЯ В ДОМАШНИХ ХОЗЯЙСТВАХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Аннотация. Выполнен анализ ключевых тенденций трансформации рациона питания в домашних хозяйствах, основанный на данных Национального статистического комитета Республики Беларусь. Выявлено несоответствие структуры питания по белкам, жирам и углеводам рекомендованным нормам, что противоречит современным критериям здорового питания. Сформулированы выводы и предложения по достижению сбалансированного питания, в числе которых – обеспечение экономической доступности продовольствия, высокого качества продуктов питания, а также просвещение населения с целью формирования навыков культуры здорового питания.

Ключевые слова: потребление продуктов питания, уровень потребления, рациональные нормы, домашние хозяйства.

L. A. Labanova

*Republican Scientific Unitary Enterprise “Institute of System Researches in the Agro-Industrial Complex of the National Academy of Sciences of Belarus”,
Minsk, Republic of Belarus*

ASSESSMENT OF HOUSEHOLD NUTRITION IN THE REPUBLIC OF BELARUS

Abstract. An analysis of key trends in the transformation of diet in households was carried out, based on data from the National Statistical Committee of the Republic of Belarus. A discrepancy in the nutritional structure of proteins, fats and carbohydrates with the recommended standards was revealed, which contradicts modern criteria for a healthy diet. Conclusions and proposals for achieving a balanced diet are formulated, including ensuring the economic availability of food, high quality food products, as well as educating the population in order to develop healthy eating culture skills.

Keywords: food consumption, consumption level, rational norms, households.

Введение. В настоящее время многие регионы мира испытывают дефицит продовольствия. Согласно последним данным, опубликованным в Глобальном докладе о продовольственных кризисах, в 2023 г. около 282 млн человек в 59 странах столкнулись с высоким уровнем острого голода. По сравнению с 2022 г. число людей, находящихся в такой ситуации, возросло на 24 млн человек. Доля населения, сталкивающегося с проблемой тяжелого отсутствия продовольственной безопасности, остается стабильно высокой в течение че-

тырех лет подряд и составляет почти 22 % от охваченной оценкой численности населения. Сохраняется проблема с доступом к здоровому питанию. В 2022 г. здоровое питание не могли позволить себе более 2,8 млрд человек. Если в странах с высоким уровнем дохода этот показатель составляет 6,3 %, то в странах с низким уровнем дохода он достиг 71,5 %. При этом в 12 странах, расположенных в Африке, более 90 % населения не могли позволить себе питаться полноценно. Лишь в 26 странах мира от недостатка здорового питания страдает менее 1 % населения [1]. Для многих государств борьба с увеличением стоимости жизни и расходов населения на продовольствие является главной целью, поскольку потребители остро чувствуют влияние растущей инфляции на продукты питания.

Основная часть. Сохранение и укрепление здоровья населения как ключевого условия для реализации потенциала страны и важного фактора для национальной безопасности является одним из приоритетов государственной политики Республики Беларусь. Кроме того, здоровье населения – одно из главных условий успешной реализации стратегии социально-экономического развития [2]. Для достижения обозначенных приоритетов важно сосредоточить внимание на увеличении роли профилактики заболеваний и формировании здорового образа жизни, в том числе формировании культуры здорового питания населения. При этом основой пропаганды здорового образа жизни должны стать информирование о вреде нерационального и несбалансированного питания, обучение навыкам по соблюдению режима и структуры питания, поскольку рациональное питание во многом определяет качество жизни и показатели здоровья нации [2, 3].

Развитие системы питания является фактором национального благосостояния для всех государств мира. Трансформация рациона питания населения в значительной степени обусловлена изменениями социально-экономической обстановки в стране, устойчивостью производства агропродовольственной продукции, а также прогрессом пищевой индустрии. Существенную роль играет финансовое положение семей, которое влияет на их возможность приобретения различных категорий продуктов. Также стоит отметить, что развитие научных исследований в области питания и активная популяризация принципов здорового образа жизни вносят значительный вклад в трансформацию структуры потребления пищи среди населения в целом.

Еще тридцать лет назад потребление продуктов питания в домашних хозяйствах по данным национальной статистики в расчете на члена домашнего хозяйства составляло: молоко и молочные продукты (в пересчете на молоко) – 344 кг/год, мясо и мясопродукты – 52, яйца – более 200 штук, картофель – 128 кг/год, овощи и бахчевые – 83, фрукты и ягоды – 31, хлеб и хлебопродукты – 127 кг/год (табл. 1). Основу рациона формировали картофель, хлеб и молочные продукты, причем хлеб и хлебопродукты занимали более 30 % в структуре калорийности суточного рациона домашнего питания (табл. 2). Энергетическая ценность суточного рациона питания домашних хозяйств составляла около 2 800 ккал на человека [4, 5].

Таблица 1. Оценка уровня питания населения по результатам выборочного обследования домашних хозяйств Республики Беларусь

Показатель	Рациональ- ная норма потребления	Год													2023 г. к 1995 г., %
		1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	
Потребление пищевых продуктов, кг/чел. в год: хлеб и хлебобулочные	105	127	117	102	80	87	85	82	80	78	79	85	77	74	58,3
молоко и молокопродукты	393	344	316	289	285	280	274	266	264	265	271	328	284	289	84,0
мясо и мясопродукты	80	52	50	62	66	77	75	75	76	77	79	89	82	84	161,5
рыба и рыбопродукты	18,2	9	13	18	14	15	14	14	15	15	14	16	14	14	155,6
масло растительное	13,2	8	10	11	9	9	10	11	11	11	11	12	11	11	137,5
яйца, шт.	294	201	192	197	190	203	215	218	219	220	225	248	236	236	117,4
картофель	170	128	102	83	59	63	64	63	61	58	57	59	57	56	43,8
овощи и бахчевые	124	83	83	85	80	87	87	88	87	86	87	94	88	87	104,8
фрукты и ягоды	78	31	36	47	59	67	64	65	67	68	69	75	69	71	229,0
сахар	33	30	26	26	26	27	27	27	27	27	28	30	28	27	90,0
Энергетическая ценность рациона, ккал	3 400– 3 500	2 803	2 774	2 713	2 429	2 642	2 623	2 586	2 579	2 574	2 615	2 862	2 630	2 637	94,0
Удельный вес в рационе белков животного происхождения, %	Не менее 55,0	Н. д.	49,5	55,7	61,9	63,6	63,7	63,4	64,1	64,6	64,8	65,0	64,5	64,9	–
Соотношение белков, жиров и углеводов	1,0:1,2:4,0	Н. д.	1,0:1,3:4,5	1,0:1,4:4,0	1,0:1,4:3,7	1,0:1,4:3,6	1,0:1,4:3,4	1,0:1,4:3,4	1,0:1,4:3,3	1,0:1,4:3,3	1,0:1,4:3,3	1,0:1,4:3,2	1,0:1,4:3,3	1,0:1,5:3,2	Соотно- шение не опти- мально

Примечание. Таблица составлена и рассчитана на основе данных Национального статистического комитета Республики Беларусь.

Таблица 2. Структура калорийности суточного рациона домашнего питания населения Республики Беларусь, %

Продукция	Год											2023 г. к 2022 г., +/-
	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023		
Хлеб и хлебобулочные продукты	30,8	29,9	29,5	29,6	29,3	29,1	29,3	28,8	28,4	27,4		-1,0
Молоко и молочные продукты	13,7	12,2	12	11,9	11,8	11,8	12,5	13,6	12,8	13,0		+0,2
Мясо и мясные продукты	21,1	22	22,2	21,5	21,8	22	22,3	22,1	22,9	23,9		+1,0
Рыба и рыбопродукты	1,3	1,5	1,3	1,3	1,4	1,5	1,4	1,5	1,4	1,4		0,0
Масло растительное, маргарин и другие жиры	8,5	8,5	8,8	8,7	8,6	8,5	8,6	8,3	8,4	8,2		-0,2
Картофель	5,2	6,1	6,2	6,2	6	5,7	4,6	4,4	4,6	4,6		0,0
Овощи и бахчевые	2,8	3,2	3,2	3,2	3,1	3	2,7	2,6	2,7	2,7		0,0
Фрукты и ягоды	3,3	4	4	4,1	4,2	4,4	4,4	4,3	4,2	4,4		+0,2
Сахар и кондитерские изделия	9,1	8,7	8,9	9,4	9,5	9,7	9,8	9,7	9,8	9,6		-0,2
Прочие продукты питания	4,2	3,9	3,9	4,1	4,3	4,3	4,4	4,7	4,8	4,8		0,0

Примечание. Таблица составлена на основе данных Национального статистического комитета Республики Беларусь.

В 2023 г. по сравнению с 1995 г. потребление картофеля сократилось на 56,2 %, хлеба и хлебобулочных изделий – 41,7 %, молока и молочных продуктов – на 16 %. В структуре калорийности суточного рациона домашнего питания уменьшилось потребление хлеба и хлебобулочных изделий до 27,4 %, молока и молочных продуктов – до 13,0 %, масла растительного и других жиров – до 8,2 %, картофеля – до 4,6 %, овощей и бахчевых – до 2,7 %. Вместе с тем увеличилась доля сахара и кондитерских изделий до 9,6 %, фруктов и ягод – до 4,4 %; мяса и мясных продуктов – до 23,9 %, рыбы и рыбных продуктов – до 1,4 % (см. табл. 2) [5].

Энергетическая ценность суточного рациона питания по результатам выборочного обследования домашних хозяйств в 2023 г. составила 2 637 ккал на человека, что на 169 ккал меньше по сравнению с 1995 г. (см. табл. 1). Наименьшее значение показателя отмечено в г. Минске (2 438 ккал), максимальное – в Гродненской области (2 749 ккал). На продукты животного происхождения приходилось 38,7 % общей калорийности рациона (2022 г. – 37,4 %) [6, 7].

Однако основой здорового питания является не просто количество калорий для обеспечения энергии организма, а сбалансированное сочетание белков, жиров и углеводов. Согласно принципам рационального питания соотношение этих основных пищевых веществ в рационе должно составлять 1,0:1,2:4,0. Из общего объема жиров треть должны составлять насыщенные жиры, а две трети – ненасыщенные. При этом рекомендуется около двух третей насыщенных жиров получать из молочных продуктов (таких как молоко, йогурт, кефир и творог с жирностью 2,5 %), а оставшуюся треть – из мяса и птицы.

Ключевым аспектом рационального питания является высокая биологическая ценность белка. Белки являются незаменимыми веществами, необходимыми для жизнедеятельности, роста и развития организма. Они играют важную роль в структурировании и функционировании ферментов и гормонов, а также участвуют в пластических процессах, касающихся роста и регенерации тканей. Потребность в белке зависит от возраста, пола и климатических условий. Рекомендуемое суточное потребление белка для женщин составляет от 58 до 87 г, а для мужчин – от 65 до 117 г. Белки должны поступать как из животных, так и из растительных источников в соотношении приблизительно 2:1, т. е. 60–70 % белков должны быть животного происхождения и 30 % – растительного. В 2023 г. удельный вес в рационе белков животного происхождения составил 64,9 %, что на 0,4 п. п. выше уровня 2022 г.

Средняя суточная потребность в белке у здорового человека составляет 100 г, в углеводах, преимущественно сложных, – 350–450. Данные мониторинга питания белорусов свидетельствуют о том, что сохраняется несбалансированность рациона по белкам, жирам и углеводам. Общий дефицит белка обусловлен недостатком потребления молока, рыбы, яиц и не компенсируется за счет мясных продуктов. Причиной профицита жиров в рационе является сохраняющееся высокое потребление масла растительного. В то же время сохраняется дефицит жиров, поступающих из молочных продуктов. Дефицит

углеводов вызван недостаточным потреблением хлебопродуктов и не покрывается за счет высокого потребления сахара, овощей и фруктов. При этом основная часть углеводов поступает в рацион из сахара [7].

Преобладание в рационе в большей степени насыщенных животных жиров и легких углеводов приводит к возникновению избыточного веса, вплоть до ожирения. На начало 2024 г. удельный вес населения республики в возрасте 16 лет и старше, страдающего ожирением¹, составлял 28,9 %, что на 0,7 п. п. больше по сравнению с началом 2023 г. При этом в городах и поселках городского типа удельный вес населения с ожирением составлял 26,6 % (на 0,4 п. п. больше по сравнению с началом 2023 г.), в сельских населенных пунктах – 36,5 % (на 1,5 п. п. больше по сравнению с началом 2023 г.).

Согласно глобальной статистике, в 2022 г. каждый восьмой житель Земли страдал от ожирения. Избыточный вес отмечался у 2,5 млрд взрослых (43 %) в возрасте от 18 лет и старше, среди которых 890 млн (16 %) испытывали проблемы с ожирением. Кроме того, 37 млн детей младше 5 лет имели избыточную массу тела, а более 390 млн детей и подростков в возрасте от 5 до 19 лет также находились в этой категории, из них 160 млн страдали от ожирения. С 1990 г. уровень ожирения среди взрослых увеличился более чем в два раза, а среди подростков данный показатель возрос в четыре раза.

Согласно данным статистики избыточный вес в среднем снижает ожидаемую продолжительность жизни у мужчин при 10%-м превышении нормы веса на 13 %, при 20%-м – на 25 %, при 30%-м – на 43 %; а у женщин соответственно на 9, 21 и 40 %.

Заключение. Несмотря на положительную динамику в потреблении населением Республики Беларусь основных категорий продуктов, его питание все еще остается несбалансированным. Отмечается недостаток в рационе картофеля, овощей, фруктов, молока и молочных изделий, а также яиц, которые представляют собой жизненно важные источники белков, витаминов, пищевых волокон и минералов. В то же время наблюдается значительное, вплоть до избыточного, увеличение потребления мяса и сахара. Важной задачей является не только соблюдение рекомендаций по количественному составу основных групп продуктов в питании, но и внимание к их качественным характеристикам.

Вопрос сбалансированного питания, который является важным элементом здорового образа жизни, требует комплексного подхода, включая организацию, систематизацию, стандартизацию питания, а также разработку и внедрение национальной концепции повышения качества питания населения, объединяющей традиции и культуру здорового питания, вопросы просвещения населения с целью формирования навыков культуры здорового питания, меры пропаганды рационального потребительского выбора.

¹ Ожирение – индекс массы тела 30 кг/м² и более.

Список использованных источников

1. Global Report on Food Crises (GRFC) 2024 [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.fslnplatform.org/report/global-report-food-crises-2024/>. – Date of access: 15.07.2024.
2. Об утверждении Программы социально-экономического развития Республики Беларусь на 2021–2025 годы [Электронный ресурс] : Указ Президента Респ. Беларусь, 29 июля 2021 г., № 292 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=P32100292>. – Дата доступа: 08.07.2024.
3. О Государственной программе «Здоровье народа и демографическая безопасность» на 2021–2025 годы [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 19 янв. 2021 г., № 28 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C22100028>. – Дата доступа: 08.07.2024.
4. Мониторинг продовольственной безопасности – 2022 с учетом социально-экономических факторов / В. Г. Гусаков [и др.]. – Минск : Ин-т систем. исслед. в АПК НАН Беларуси, 2023. – 261 с.
5. Изменение структуры питания населения России за 100 лет [Электронный ресурс] / Е. А. Бурляева, А. О. Камбаров, Д. Б. Никитюк. – Режим доступа: [file:///C:/Users/User/Downloads/21188-55754-2-PB%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/21188-55754-2-PB%20(1).pdf). – Дата доступа: 11.07.2024.
6. Социальное положение и уровень жизни населения Республики Беларусь : стат. сб. – Минск : Нац. стат. ком. Респ. Беларусь, 2023. – 220 с.
7. Основные показатели уровня и качества жизни домашних хозяйств Республики Беларусь (выборочное обследование домашних хозяйств по уровню жизни) : стат. бюл. – Минск : Нац. стат. ком. Респ. Беларусь, 2024. – 85 с.

УДК 613.21

**Н. Н. Денисова, кандидат медицинских наук;
Э. Э. Кешабянц, кандидат медицинских наук**

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный
исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи»,
г. Москва, Российская Федерация*

ПОТРЕБЛЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ГРУПП ПРОДУКТОВ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ГОРОДСКИМ И СЕЛЬСКИМ НАСЕЛЕНИЕМ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Аннотация. Пищевые продукты растительного происхождения играют важную роль в сохранении здоровья человека и предупреждении развития алиментарно-зависимых заболеваний, однако в последние годы наблюдается снижение потребления некоторых групп растительных продуктов, что может привести к недостаточному содержанию в рационе необходимых пищевых веществ и неблагоприятно сказаться на состоянии здоровья населения Российской Федерации.

Цель работы – анализ потребления некоторых групп продуктов растительного происхождения городским и сельским населением РФ в динамике в 2012–2022 гг.

Ключевые слова: растительные продукты, потребление пищевых продуктов.

**N. N. Denisova, Candidate of Medical Sciences;
E. E. Keshabyants, Candidate of Medical Sciences**

*Federal State Budgetary Educational Institution “Federal Research Center of Nutrition,
Biotechnology and Food Safety”, Moscow, Russian Federation*

CONSUMPTION OF CERTAIN GROUPS OF PLANT PRODUCTS BY URBAN AND RURAL POPULATIONS OF THE RUSSIAN FEDERATION

Abstract. Food products of plant origin play an important role in maintaining human health and preventing the development of alimentary-dependent diseases, however, in recent years there has been a decrease in consumption of some groups of plant products, which can lead to insufficient intake of necessary nutrients and adversely affect the health of the population of the Russian Federation. The purpose of the work is to analyze the consumption of certain groups of plant products by urban and rural populations in dynamics over the period 2012–2022.

Keywords: vegetable products, food consumption.

Введение. Растительные продукты играют важную роль в питании человека, так как являются ценным источником пищевых и биологически активных веществ, необходимых для поддержания здоровья: растительного белка, пищевых волокон, витаминов, калия, минорных компонентов пищи (органических кислот, полифенолов, эфирных масел и др.). Рацион с достаточным содержанием зерновых продуктов и круп, овощей и фруктов способствует профилактике развития ожирения, сердечно-сосудистых заболеваний, некоторых видов он-

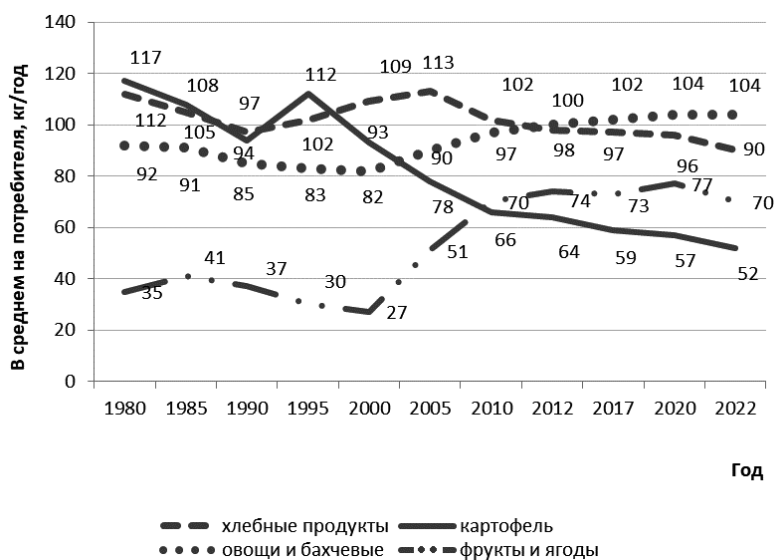
кологических заболеваний, желчнокаменной и мочекаменной болезни, являясь важным фактором сохранения здоровья и активного долголетия человека [1].

Материалы и методы исследования. Анализ проводили на основе результатов выборочного обследования бюджетов домашних хозяйств по материалам Федеральной службы государственной статистики в 2012, 2017 и 2022 гг. [2–4].

В РФ за период с 1980 по 2022 г. снизилось потребление хлебных продуктов в 1,2 раза, картофеля в 2,3 раза, тогда как овощей и бахчевых, фруктов и ягод возросло – в 1,1 и 2,0 раза соответственно (см. рисунок).

В соответствии с приказом Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 19 августа 2016 г. № 614 «Об утверждении рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания» (с изменениями от 30 декабря 2022 г. № 821) в настоящее время установлены следующие нормы потребления (кг/год/человек): хлебные продукты – 97; крупы, макаронные изделия и бобовые – 33 (из них рис – 7,0; прочие крупы – 12,0; макаронные изделия – 10,0; бобовые – 4,0); картофель – 90; овощи и бахчевые – 140; фрукты – 100 [5].

По данным Федеральной службы государственной статистики за 2022 г. потребление продуктов (в среднем на потребителя кг/год) в домохозяйствах, проживающих в городской и сельской местности составило, соответственно: хлебные продукты – 85,4 и 105,0; бобовые – 2,0 и 2,6; рис – 7,5 и 7,9; крупа прочая – 15,3 и 15,1; макаронные изделия – 10,7 и 11,5; картофель – 49,6 и 60,8; овощи и бахчевые – 103,3 и 106,1; фрукты – 72,3 и 64,4 [4]. Таким образом, наиболее близким к рекомендованным величинам было потребление хлебных



Динамика потребления некоторых растительных продуктов населением РФ (в среднем на потребителя кг в год)

продуктов в целом, за исключением отдельных его видов; картофеля, овощей и фруктов – значительно ниже рекомендованных величин как в домохозяйствах городской, так и сельской местности. В % от рекомендованных величин для городских и сельских домохозяйств это составило, соответственно: для картофеля 55 и 68 %; для овощей и фруктов – 74 и 76 %; для фруктов и ягод – 72 и 64 %.

В структуре потребления основных групп продуктов независимо от места проживания в группе хлебопродуктов преобладали пшеничный хлеб и мучные кондитерские изделия, меньше всего было бобовых; в группе овощей – больше всего огурцов и помидоров, но можно отметить и значительное количество овощных консервов; в группе фруктов и ягод – преимущественно фрукты в свежем виде и соки.

Потребление растительных продуктов в зависимости от места проживания представлено следующим образом: хлебопродуктов и картофеля в сельской местности было выше, чем в городской в 1,2–1,3 раза; а фруктов и ягод – ниже в 1,1–1,3 раза, тогда как овощей и бахчевых – не отличалось у городского и сельского населения.

Структура потребления различных видов растительных продуктов населением Российской Федерации за 2012–2022 гг. представлена в табл. 1.

Таблица 1. Структура потребления продуктов растительного происхождения в динамике (кг/год/человек)

Группа продуктов	2012 г.		2017 г.		2022 г.	
	Место нахождения домохозяйства					
	городская местность	сельская местность	городская местность	сельская местность	городская местность	сельская местность
Хлеб и хлебные продукты, в том числе:	91,7	116,4	91,3	118,6	85,4	105,0
хлеб пшеничный	29,7	43,7	25,3	41,5	22,7	37,0
хлеб ржаной и прочий	16,5	16,7	14,3	15,3	12,0	12,9
хлебобулочные изделия	3,9	3,4	4,0	3,9	4,5	4,1
другие мучные кондитерские изделия	15,6	15,1	15,4	15,5	14,1	14,5
мука	12,5	25,6	13,9	25,1	13,0	20,5
бобовые	1,3	1,8	2,0	2,4	2,0	2,6
рис	7,5	8,4	7,9	9,1	7,5	7,9
крупа прочая	12,8	12,3	14,5	14,6	15,3	15,1
макаронные изделия	11,1	12,7	11,2	13,5	10,7	11,5
Картофель	59,7	75,4	56,3	71,3	49,6	60,8
Овощи и бахчевые, в том числе:	99,6	99,6	103,3	101,5	103,3	106,1
капуста	14,8	14,2	14,8	14,7	13,8	13,5
огурцы и помидоры	19,4	17,0	20,7	18,6	23,2	20,2
корнеплоды	14,0	13,8	14,9	14,8	14,3	14,5
лук и чеснок	13,0	13,8	14,1	15,2	13,5	14,9
бахчевые и прочие овощи	8,3	6,7	8,9	7,6	9,3	8,7
овощные консервы	9,5	13,7	9,3	13,9	10,9	16,1

Окончание табл. 1

Группа продуктов	2012 г.		2017 г.		2022 г.	
	Место нахождения домохозяйства					
	городская местность	сельская местность	городская местность	сельская местность	городская местность	сельская местность
замороженные овощи, полу- фабрикаты и готовые изделия из овощей	5,2	5,4	5,4	5,4	1,8	1,3
арбузы и дыни	14,0	14,0	13,7	14,1	14,1	15,0
грибы	1,2	1,0	0,9	0,7	1,2	1,1
Фрукты и ягоды, в том числе:	78,7	61,8	75,9	67,8	72,3	64,4
фрукты и ягоды свежие	46,0	33,5	46,3	38,6	46,2	40,1
фрукты и ягоды сушеные, орехи	2,9	2,0	2,8	2,2	2,3	2,0
замороженные и консервиро- ванные фрукты	4,6	10,1	4,4	10,9	1,5	1,4
соки фруктовые и овощные	15,2	9,4	12,3	8,1	12,3	8,2

Потребление отдельных продуктов, входящих в основные группы, было следующим: в домохозяйствах сельской местности за весь период выше, чем в городе, по хлебу пшеничному в 1,5–1,6 раза, муке – в 1,6–2,0 раза, бобовым – в 1,2–1,4 раза, рису – в 1,1–1,2 раза, макаронным изделиям – в 1,1–1,2 раза; несколько ниже – по хлебобулочным изделиям; в группе «овощи и бахчевые» в домохозяйствах сельской местности отмечено более низкое потребление огурцов и помидоров – в 1,1 раза, бахчевых и прочих овощей – в 1,1–1,2 раза и более высокое – лука и чеснока – в 1,1 раза и консервированных овощей – в 1,4–1,5 раза; в группе «фрукты и ягоды» в домохозяйствах сельской местности отмечено более низкое потребление свежих и сушеных фруктов и ягод, орехов – в 1,2–1,4 раза; соков фруктовых и овощных – в 1,5–1,6 раза.

За последние 10 лет уменьшилось потребление пшеничного и ржаного хлеба, при этом можно отметить некоторое снижение по мучным кондитерским изделиям в 2022 г. Потребление овощей увеличилось, в первую очередь, за счет огурцов и помидоров, кроме того, в домохозяйствах сельской местности в 2022 г. в 1,2 раза – за счет консервированных овощей.

Согласно «Нормам физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации: методическим рекомендациям» (МР 2.3.1.0253-21), рекомендуемая доля растительного белка в рационе взрослого человека должна составлять 50 % от общего количества [6]. Отмечено снижение доли растительного белка в рационе домохозяйств как городской, так и сельской местности в 2012–2022 гг.: в 2012 г. – 35,8 и 43,1 %; в 2017 г. – 35,1 и 41,1 %; в 2022 г. – 32,2 и 37,8 % соответственно. Также выявлена тенденция к снижению вклада большинства продуктов растительного происхождения в энергетическую ценность суточных рационов за последние годы, кроме овощей и бахчевых (табл. 2).

Таблица 2. Структура энергетической ценности по продуктам растительного происхождения в динамике (% общей калорийности рациона)

Группа продуктов	2012 г.		2017 г.		2022 г.	
	Место нахождения домохозяйства					
	городская местность	сельская местность	городская местность	сельская местность	городская местность	сельская местность
Хлеб и хлебные продукты	34,7	39,5	34,6	38,5	32,7	35,6
Картофель	3,7	4,3	3,5	3,9	3,2	3,5
Овощи и бахчевые	2,7	2,6	2,7	2,6	2,8	2,8
Фрукты и ягоды	4,0	3,0	3,8	3,1	3,6	2,7

Закключение. За последние 10 лет наблюдается отрицательная динамика в потреблении населением РФ хлеба и хлебных продуктов, а также картофеля, что может привести к недостаточному поступлению с рационами необходимых пищевых веществ (растительный белок, пищевые волокна, некоторые витамины, минеральные и биологически активные вещества). В целом жители сельской местности потребляли больше хлебопродуктов и картофеля, но меньше фруктов и ягод, чем городские жители. Выявлено снижение доли растительного белка в общей калорийности рационов для всех жителей РФ, независимо от места проживания, что говорит о недостаточном потреблении продуктов растительного происхождения. Однако следует отметить, что у жителей сельской местности этот показатель выше, чем в городе.

Таким образом, несмотря на положительную тенденцию в динамике потребления овощей в 2012–2022 гг., можно отметить недостаточное содержание продуктов растительного происхождения в рационах как городского, так и сельского населения.

Список использованных источников

1. Диетотерапевтическая программа по снижению массы тела и оценка ее эффективности у лиц с избыточной массой тела и ожирением / Х. Х. Шарафетдинов [и др.] // Вопросы питания. – 2021. – Т. 90, № 3. – С. 84–92.
2. Потребление продуктов питания в домашних хозяйствах в 2012 году (по итогам выборочного обследования бюджетов домашних хозяйств) [Электронный ресурс] / Федеральная служба гос. статистики. – М., 2013. – 68 с. – Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13292>. – Дата доступа: 02.06.2024.
3. Потребление продуктов питания в домашних хозяйствах в 2018 году [Электронный ресурс] / БГД. – Режим доступа: https://rosstat.gov.ru/bgd/regl/b19_101/main.htm. – Дата доступа: 02.06.2024.
4. Потребление продуктов питания в домашних хозяйствах в 2022 году [Электронный ресурс] / Федеральная служба гос. статистики. Информационно-аналитические материалы. – Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13278>. – Дата доступа: 02.06.2024.
5. Об утверждении рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания [Электронный ресурс] : приказ Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 19 августа 2016 г. № 614 (с изменениями от 1 декабря 2020 г. № 1276 и от 30 декабря 2022 г. № 821) // КонсультантПлюс. Россия / ЗАО «Консультант Плюс». – М., 2022.
6. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации : метод. рекомендации. – М. : Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2021. – 72 с.

УДК 664:658.56

Е. З. Ловкис, кандидат экономических наук

*РУП «Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»,
г. Минск, Республика Беларусь*

ИДЕНТИФИКАЦИЯ И ПРОДВИЖЕНИЕ ПРОДУКЦИИ ДЕТСКОГО ПИТАНИЯ

Аннотация. Продукты питания для детей, как свидетельствуют результаты исследований, зачастую не соответствуют существующим стандартам и нормативам. Анализ способов идентификации продукции детского питания показывает, что уже имеющуюся систему контроля в дальнейшем необходимо совершенствовать во избежание фальсификации и манипулирования ее качеством.

Ключевые слова: детское питание, стандарты, маркировка, идентификация, пищевая ценность.

E. Z. Lovkis, Candidate of Economic Sciences

*RUE “Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food”
Minsk, Republic of Belarus*

IDENTIFICATION AND PROMOTION OF BABY FOOD PRODUCTS

Abstract. Abstract. Research shows that baby food products often do not meet existing standards and regulations. Analysis of the method of identifying baby food products shows that the existing control system needs to be improved in the future to avoid falsification and manipulation of its quality.

Keywords: baby food, standards, labeling, identification, nutritional value.

Растущая осведомленность об инновационных продуктах питания, увеличение числа работающих матерей, организованная розничная маркетинговая деятельность, снижение уровня детской смертности и растущая обеспокоенность родителей – все это является причиной роста рынка детского питания, который наблюдался даже во время пандемии 2020–2021 гг., несмотря на общенациональный карантин.

Сегодня в продаже находится множество пищевых продуктов для детей. Однако часто изготовители производят продукты, которые лишь внешне выглядят как продукты детского питания, а на самом деле не соответствуют требованиям к специализированной пищевой продукции для детей.

Вопросы вызывают не столько сами продукты, сколько последствия, к которым приводит их употребление. Неправильное питание способствует ожирению, что в дальнейшем может стать причиной развития сахарного диабета, сердечно-сосудистых и других заболеваний. Маркетинг нездорового питания

и напитков, в свою очередь, является значимым фактором, определяющим распространенность детского ожирения.

Первым шагом на пути решения этой проблемы стало европейское обязательство – соглашение, подписанное в 2007 г. 11 транснациональными компаниями, в том числе Burger King, Coca-Cola, Danone, Ferrero, General Mills, Kellogg's, Mars Inc., PepsiCo, Nestle. Поводом для этого стало обращение ВОЗ, а также представительств европейских стран к мировым производителям самостоятельно принять меры для изменения рекламы выпускаемых продуктов. В 2010 г. вышел «Свод рекомендаций о маркетинге пищевых продуктов и безалкогольных напитков». Но он не смог существенно изменить ситуацию.

На рынке преобладают сладкие пюре и снеки, для которых характерны высокая доля свободного сахара (включая фруктовые соки) как источника энергии и высвобождение сахаров, естественным образом присутствующих в стенках клеток, за счет интенсивных процессов мацерации (пюрирования). Кроме того, многие продукты не соответствуют рекомендации ВОЗ о введении прикорма начиная с шести месяцев и реализуются на рынке как подходящие для детей с четырех месяцев, что может приводить к замене ими грудного молока. Существующие нормативные документы, касающиеся продуктов питания для детей грудного и раннего возраста, уже устарели, в связи с чем на рынке ведется продвижение и реализация продуктов, не подходящих для детей раннего возраста.

Детям необходимы продукты питания и напитки с высокой энергетической ценностью. Важно достаточное поступление с пищей белка животного и растительного происхождения. Стандарты Кодекса Алиментариус устанавливают минимальный уровень содержания белка от 3 до 7 г на 100 ккал для некоторых категорий пищевых продуктов (мясные и рыбные блюда, крупы, некоторые молочные продукты). Модель профилей питательных веществ (ВОЗ, 2019) устанавливает пороговый уровень содержания белка, равный 3 г на 100 ккал для продуктов, готовых к употреблению, и менее 5 г на 100 ккал для продуктов из категории «сухие или быстрорастворимые хлопья/крахмалистые продукты»

Важно, чтобы рацион питания детей включал достаточное количество жира, который обеспечивает поступление в организм необходимых жирных кислот и жирорастворимых витаминов, а также способствует увеличению энергетической ценности. В то же время избыточное потребление жиров может способствовать избыточному потреблению энергии и повышать риск детского ожирения и алиментарных хронических неинфекционных заболеваний в более позднем возрасте.

Стандарты Кодекса Алиментариус устанавливают верхние пороговые значения для содержания общего жира в продуктах детского питания от 3 до 6 г на 100 ккал. Модель профилей питательных веществ (ВОЗ, 2019) устанавливает максимальные уровни содержания общего жира от 4,5 до 6 г на 100 ккал в зависимости от категории продуктов питания [1, 2].

Стандарты Кодекса Алиментариус и Модель профилей питательных веществ (ВОЗ, 2019) не устанавливают пороговых значений содержания насыщенных жиров в продуктах питания. Однако по рекомендации ВОЗ, общее потребление насыщенных жиров для детей старше 2 лет и взрослых не должно превышать 10 % от суточной калорийности рациона. Кроме того, продукты питания для детей грудного и раннего возраста не должны содержать транс-жирных кислот промышленного производства.

Соответствие ряда продуктов питания для детей грудного и раннего возраста установленным требованиям и их маркетинг в настоящее время вызывают ряд вопросов, связанных в том числе со следующими аспектами:

- высокое общее содержание сахара и ингредиенты, обеспечивающие сладкий вкус продукта: распространенная практика добавления свободных сахаров (например, моно- и дисахаридов, сиропов, меда, фруктовых соков или соковых концентратов и т. д.); зачастую высокое содержание фруктов (100 % фруктов), что приводит к высокому общему содержанию сахара (например, значительная доля фруктовых пюре, употребляемых на завтрак, десерты, овощные пюре, основные блюда и снеки); высвобождение естественных сахаров из стенок клеток растений в ходе мацерации (пюрирования), что приводит к увеличению содержания сахаров в легкодоступной форме и обеспечивает сладкий вкус;

- добавление соли или высокое содержание натрия;

- высокое содержание жиров, особенно в некоторых снеках;

- низкая плотность содержания питательных веществ или низкая энергетическая ценность пюре, предназначенных для детей раннего возраста / первых этапов введения прикорма: энергетическая ценность, как правило, ниже, чем у грудного молока (т. е. высокое содержание естественно присутствующей или добавленной воды); простые фруктовые или овощные пюре, не содержащие источника белка (молочные продукты) могут отличаться низким содержанием таких важных питательных веществ, как железо и йод;

- продажа продуктов питания как подходящих для прикорма детей в возрасте от четырех месяцев вопреки рекомендации ВОЗ об исключительно грудном вскармливании в течение первых шести месяцев жизни, с возможным замещением ими грудного молока;

- информация об «отсутствии в составе добавленных сахаров», несмотря на то, что существенная доля энергетической ценности продукта обеспечивается сахаром (например, за счет содержания фруктов);

- практика маркетинга очень мягких (пюрированных) продуктов питания как подходящих для детей в возрасте старше 12 месяцев, невзирая на то, что: введение в рацион продуктов более плотной консистенции имеет важное значение для формирования навыка жевания; большинство детей грудного возраста могут есть продукты с более плотной консистенцией начиная с 12 месяцев, продолжительное употребление пюре с высоким содержанием высвобождаемого сахара негативно отражается на здоровье полости рта и ведет к формированию у ребенка предпочтения сладкой пищи;

– частое использование вводящих в заблуждение названий, которые создают впечатление о продукте как об овощном, несладком, с высоким содержанием молочных компонентов, овощей или злаков, однако в действительности характеризуются высоким содержанием фруктов и сладким вкусом. Например: «пюре из сладких перцев, брокколи и яблок», в составе которого на яблоки приходится 80 %, а на сладкий перец и брокколи – по 10 %; «детская каша с манго», в составе которой 50 % приходится на яблоки, 20 % – на манго и 30 % – на восстановленные хлопья; «рис для детей с абрикосом и бананом», в составе которого рисовая мука составляет лишь 3 %;

– широкое использование маркетинговых утверждений, включая заявления о питательной ценности и пользе для здоровья, или иных рекламных сообщений, которые: противоречат информации органов здравоохранения, например о возрасте введения прикорма, важности увеличения плотности консистенции продуктов и их разнообразия, а также необходимости ограничения употребления снеков; приводят к возникновению сомнений в целесообразности домашней пищи или предполагают ее замену (например, заявления о «сбалансированном составе продукта, разработанном специалистами»); подразумевают, что те или иные особенности продукта являются желательными или полезными («удобно держать детскими пальцами», «не требует откусывания», «100%-я польза», «органический продукт» и т. д.); подразумевают, что такие продукты являются идеальными, или используют эффект «ореола здоровья» – распространенного представления о том, что продукты питания, предназначенные для детей грудного возраста, по умолчанию более полезны, чем продукты, предназначенные для взрослых, или продукты домашнего приготовления [3, 4].

Другой важной проблемой является отсутствие в сведениях о продуктах, предназначенных для детей более старшего возраста, указания на рекомендуемый минимальный возраст употребления продукта (три года), в связи с чем такой продукт с большой вероятностью может быть предложен детям грудного и раннего возраста. В отсутствие учета правил, касающихся пищевой ценности, или требования об обязательном указании минимального рекомендуемого возраста на лицевой стороне упаковки продуктов, предназначенных для детей более старшего возраста, существует вероятность употребления таких продуктов детьми разных возрастов, т. е. дети раннего возраста будут получать не подходящие для них продукты питания. Такая ситуация приведет к снижению пользы от применения требований, предусмотренных моделью профилей питательных веществ и продвижения продуктов питания [5–7]. Более того, для продуктов питания, предназначенных для детей раннего возраста, но не подходящих для них (например, снеков, полностью состоящих из сухофруктов и продвигаемых среди детей в возрасте 12 месяцев и старше), существует возможность просто исключить из информации о продукте указание возраста, после чего производитель может утверждать, что такой продукт предназначен для детей более старшего возраста. Поэтому крайне важно обе-

спечить наличие на лицевой стороне упаковки продуктов, предназначенных для детей более старшего возраста, четкого указания такого возраста – это позволит избежать пренебрежения правилами регулирования продуктов питания для детей грудного и раннего возраста как таковых, а также будет способствовать защите здоровья и корректному развитию детей.

Согласно проведенному в России и странах СНГ исследованию по оценке доступности и состава готовых продуктов питания для детей до трех лет выявлена высокая доля отсутствующей информации о количественном содержании добавленного сахара, соли, насыщенных жиров на этикетке большей части продуктов питания. В частности, 95 % продуктов питания не имели информации о содержании добавленного сахара, 78 % – о содержании соли или натрия, а 95 % продуктов – насыщенных жиров. Для сравнения, в других странах (Польша, Австрия, Венгрия, Болгария, Израиль) такая информация присутствует на этикетке от 96 до 100 % продуктов.

Результаты исследования выявили важную проблему – необходимость совершенствования требований к информации, содержащейся на этикетках продуктов питания.

Маркировка продуктов питания в России и Республике Беларусь осуществляется в соответствии с нормами и требованиями Евразийского экономического союза (ЕАЭС) и национальными нормативными правовыми актами. Требования к маркировке в странах – членах ЕАЭС (Россия, Казахстан, Армения, Беларусь и Киргизия) в целом согласованы для продуктов, ввозимых на территорию, в соответствии с техническими регламентами Таможенного союза (ТР ТС) для каждой категории продуктов. В соответствии с ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки» в общих требованиях к указанию в маркировке пищевой ценности продуктов питания является обязательным обозначение энергетической ценности, количества белков, жиров, углеводов, витаминов и минеральных веществ. Однако ни в ТР ТС 022/2011, ни в СТБ 1100-2016 «Продукты пищевые. Информация для потребителя. Общие требования», не прописана обязанность производителя пищевой продукции детализировать информацию о количестве добавленного сахара, соли и насыщенных жиров.

Существующая система контроля пищевой продукции в Российской Федерации и странах ЕАЭС в основном акцентирована на вопросах безопасности пищевой продукции, позволяя, таким образом, изготовителям манипулировать ее качеством [2]. Анализ данных ЕАЭС показал, что с целью улучшения качества пищевой продукции, снижения количества реализуемой на рынках ЕАЭС фальсифицированной пищевой продукции необходимо: ввести в технические регламенты ЕАЭС понятие *фальсифицированной пищевой продукции*; расширить перечень методов, подтверждающих подлинность пищевых продуктов, наличие в них веществ, не разрешенных для использования в детском питании; на законодательном уровне закрепить принцип ответственности всех участников обращения пищевой продукции, не соответствующей обяза-

тельным требованиям; ввести показатели качества пищевой продукции в технические регламенты ЕАЭС; ввести обязательное выполнение требований к качеству пищевых продуктов, приведенных в межгосударственных и государственных стандартах.

Список использованных источников

1. Мониторинг продовольственной безопасности – 2022: с учетом социально-экономических факторов / В. Г. Гусаков [и др.]. – Минск : Ин-т систем. исслед. в АПК НАН Беларуси, 2023. – 261 с.
2. Исследование маркировки и продвижения готовых продуктов питания для детей до 3 лет в Российской Федерации / Д. К. Муканеева // Профилактическая медицина. – 2022. – № 25 (1). – С. 54–62.
3. Физическое развитие, заболеваемость и фактическое питание детей дошкольного возраста / Ф. И. Саломова // Профилактическая медицина. – 2024. – № 27 (2). – С. 72–76.
4. Ловкис, З. В. Детское питание: наука, технологии, продукты / З. В. Ловкис. – Минск : ИВЦ Минфина, 2023. – 355 с.
5. Ловкис, З. В. Стратегия повышения качества и безопасности пищевой продукции в Республике Беларусь до 2030 года / З. В. Ловкис, Е. М. Моргунова, Е. З. Ловкис // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2017. – № 1 (35). – С. 8–17.
6. Проект Концепции государственной политики в области здорового питания населения Республики Беларусь на период до 2030 года (с дополнениями и изменениями) / З. В. Ловкис [и др.] // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2023. – Т. 16, № 2 (60). – С. 8–14.
7. Детское питание : руководство для врачей / под ред. В. А. Тутельяна, И. Я. Коня. – М. : МИА, 2017. – 784 с.

УДК 641.56

**Е. С. Семенова; С. В. Симоненко, доктор технических наук;
Е. С. Симоненко, кандидат технических наук;
А. В. Бегунова, кандидат технических наук**

*Научно-исследовательский институт детского питания – филиал Федерального
исследовательского центра питания, биотехнологии и безопасности пищи,
г. Истра, Московская область*

ОПТИМИЗАЦИЯ ГЕРОДИЕТИЧЕСКИХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ В ПРОФИЛАКТИКЕ ЗДОРОВОГО СТАРЕНИЯ

Аннотация. Учитывая растущее стареющее население, наблюдается острая необходимость вмешательств для улучшения продолжительности здоровой жизни при старении. Диета и питание являются важными детерминантами траектории старения. Сегодня актуален переход к позитивной модели старения, которая фокусируется на сохранении функциональных способностей, а не на акценте на отсутствии болезней. В этом обзоре рассматривается влияние геродиетических пищевых продуктов на старение, с акцентом на перспективные биоактивные нутриенты, и их потенциал влияния на снижение риска заболеваемости возрастными заболеваниями.

Ключевые слова: геродиетическое питание, старение, витамины, полиненасыщенные жирные кислоты, полифенолы.

**E. S. Semenova; S. V. Simonenko, Doctor of Technical Sciences;
E. S. Simonenko, Candidate of Technical Sciences;
A. V. Begunova, Candidate of Technical Sciences**

*Research Institute of Child Nutrition – Branch of the Federal Research Center of Nutrition,
Biotechnology and Food Safety, Istra, Moscow Region*

OPTIMIZATION OF GERODIETIC FOOD PRODUCTS IN HEALTHY AGING PREVENTION

Abstract. Given the growing aging population, there is an urgent need for interventions to improve healthy life expectancy during aging. Diet and nutrition are important determinants of the aging trajectory. Today, the transition to a positive model of aging is relevant, which focuses on maintaining functional abilities, rather than emphasizing the absence of diseases. This review examines the impact of gerodietetic foods on aging, with a focus on promising bioactive nutrients and their potential to reduce the risk of age-related diseases.

Keywords: gerodietetic nutrition, aging, vitamins, polyunsaturated fatty acids, polyphenols.

В последнее время количество лет, прожитых в хорошем физическом, когнитивном и эмоциональном здоровье, вышло на первый план в исследованиях здорового старения.

Старение – многофакторный процесс, обусловленный сложным взаимодействием многочисленных молекулярных механизмов, которые в совокупности способствуют постепенному снижению физиологических функций и повышению восприимчивости к возрастным заболеваниям.

Идеальный сценарий здорового старения заключается в том, что увеличение продолжительности жизни сопровождается пропорциональным увеличением продолжительности здоровой жизни, что приводит к тому, что пожилое население живет дольше в хорошем физическом, когнитивном и эмоциональном состоянии.

Правильное питание является краеугольным камнем профилактической геронтологии. Диета и образ жизни выделяются как ключевые факторы в этом направлении, причем питание играет решающую роль в модуляции множественных процессов клеточного старения [1].

Связь между *питанием* и здоровым *старением* становится все более очевидной в ходе недавних исследований. Эффективной стратегией для поддержания оптимального здоровья и функционирования в пожилом возрасте может стать принятие сбалансированной диеты, включающей богатые питательными веществами продукты с адекватным содержанием белка, клетчатки, витаминов, омега-3 жирных кислот и флавоноидов для улучшения физической функции, здоровья костей, мышечной силы, когнитивной функции и снижения риска хронических заболеваний и инвалидности [2].

Белок. С возрастом синтез мышечного белка притупляется, что в настоящее время широко считается ключевым фактором, ответственным за возрастную потерю мышечной массы. Умеренно высокое потребление белка в диапазоне обычно считается одной из краеугольных мер питания у пожилых людей из-за его способности стимулировать синтез белка и предотвращать физическую слабость. Однако исследования показали, что, в частности, на формирование микробиоты кишечника оказывает влияние не только количество потребляемого белка, но и его качество, время потребления, доступность азота и уровень потребления других питательных веществ, включая углеводы и волокна. С точки зрения здорового старения потребление белка не должно превышать 1–1,2 г/кг массы тела в день, поддерживаться в основном белками с высокой биологической ценностью, такими как казеин и сывороточные белки, и быть связано с адекватным потреблением углеводов и волокон [3].

Витамины. И ожирение, и недоедание часто наблюдаются в пожилом возрасте и являются важными детерминантами функциональных нарушений и слабости. Ожирение, особенно вместе с низкой мышечной массой, может быть связано со многими негативными последствиями для здоровья, такими как повышенный риск падений, остеоартрит и мышечная слабость, сопровождающимися повышенным риском физической инвалидности у пожилых людей. С другой стороны, недостаточное потребление пищи также является основным фактором риска когнитивных или функциональных нарушений и смертности у пожилых пациентов [3].

Витамин D. Меры по изменению образа жизни для борьбы с ожирением у пожилых людей в основном сосредоточены на диетических подходах (например, ограничение калорийности, диета с высоким содержанием белка). Однако диета с ограничением калорийности и потерей веса является первым терапевтическим вариантом для лечения ожирения, она связана с потерей мышечной и костной массы, что может еще больше усугубить саркопению и увеличить риск переломов. Имеются доказательства, что адекватное потребление белка (~1,2 г/кг веса тела/день) в сочетании с витамином D и добавками кальция было рекомендовано пожилым людям с ожирением, которые придерживались ограничения калорийности в сочетании с физической нагрузкой, что позволило сохранить мышечную массу и минеральную плотность костей во время потери веса [4].

Несколько исследований проиллюстрировали потенциальную роль витамина D в поддержании хорошей физической функции в пожилом возрасте [5, 6]. Недостаточность витамина D и его дефицит распространены у пожилых людей еще и вследствие низкого потребления пищи и уменьшенного воздействия солнечного света, что предполагает добавление витамина D в качестве дополнительного способа предотвратить саркопению.

Большинство витаминов не вырабатываются в организме человека, поэтому их назначают с пищей.

Витамин C. Витамин C (L-аскорбиновая кислота или L-аскорбат) является очень важным водорастворимым антиоксидантом и, вероятно, наиболее распространенным водорастворимым витамином, известным на сегодняшний день. Роль витамина C в старении изучалась, в частности, для здоровья кожи [7] и иммунитета, особенно при воспалительных и дегенеративных заболеваниях [8, 9].

Витамин A. Витамин A можно найти в природе в двух формах: витамин A как таковой, также называемый ретинолом, и провитамин A, известный как каротин, который содержится как в животных, так и в растительных продуктах. Ретинол является высокоэффективным антиоксидантом. Ретиноиды недавно были представлены в качестве возможных профилактических средств для предотвращения старения кожи, особенно фотостарения [10, 11].

Витамин E. Витамин E является еще одним антиоксидантом, исследования показывают, что витамин E может предотвращать перекисное окисление липидов под действием УФ-излучения и оказывает очень положительное влияние на защиту кожи [12].

Роль витамина E в профилактике старения может быть связана с предотвращением снижения когнитивных способностей во время старения, особенно при болезни Альцгеймера [13].

Полиненасыщенные жирные кислоты. Незаменимые длинноцепочечные полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК) являются ключевыми питательными веществами для предотвращения аномалий, связанных со ста-

рением. ПНЖК важны для регулирования уровня холестерина и выступают предшественниками простагландинов.

Жирные кислоты омега-3 (ω -3) и омега-6 (ω -6) служат важными компонентами клеточных мембран и предшественниками многих других веществ в организме, таких как те, которые участвуют в регуляции артериального давления и воспалительных реакциях. Человеческий организм способен вырабатывать все необходимые ему жирные кислоты, за исключением двух: линолевой кислоты – омега-6 жирной кислоты – и альфа-линоленовой кислоты – омега-3 жирной кислоты. Они должны поступать с пищей и называются «незаменимыми жирными кислотами». Обе эти жирные кислоты необходимы для роста и заживления, но их также можно использовать для производства других жирных кислот.

Омега-3 ПНЖК. Омега-3 ПНЖК могут модулировать агрегацию тромбоцитов и гипертонию и защищать от старческого слабоумия. Было обнаружено, что микробиом кишечника человека частично опосредует антивозрастные механизмы омега-3 жирных кислот [14, 15].

Кроме того, сообщалось, что низкий уровень омега-3 ПНЖК у женщин среднего возраста (40–60 лет) был связан с повышенным риском сердечно-сосудистых заболеваний [16]. Кроме того, данные последних отчетов описывают тесную связь между омега-3-ПНЖК и когнитивными расстройствами, омега-3 ПНЖК у пожилых людей демонстрируют противовоспалительные эффекты, связанные с улучшением когнитивной деятельности [16–18].

Полифенолы. Фрукты и овощи, основные пищевые источники клетчатки, также содержат большое количество полифенолов, которые метаболизируются кишечными микробными видами. Режим питания, богатый полифенолами, также может способствовать модулированию окислительного стресса и противодействовать возрастному дисбактериозу кишечной микробиоты [19].

Множество полифенолов оказывают существенное положительное влияние на здоровье, поскольку являются мощными антиоксидантами.

В растениях обнаружено более 8 тыс. полифенольных структур, и эти соединения могут быть представлены в форме антоцианов, флавоноидов, кверцетина, ресвератрола и др.

Растительные полифенолы являются одной из важнейших категорий природных активных начал с антиоксидантным эффектом, все чаще используются в терапии против старения кожи, обладают замечательными свойствами в борьбе с вредным воздействием солнечной радиации и атмосферных загрязнителей, предотвращая и облегчая симптомы преждевременного старения кожи. В частности, полифенолы известны своим антиоксидантным, противовоспалительным, антибактериальным, противовирусным, противоопухолевым и антиатерогенным действием. Основное действие антиоксидантов заключается в предотвращении образования свободных радикалов [2].

Таким образом, оптимизация геродиетических пищевых продуктов с помощью различных нутриентов имеет широкий потенциал положительного

влияния на траекторию старения. Это подчеркивает необходимость смены парадигмы в сторону профилактического питания, интегрируя геродиетические пищевые продукты в основные практики здравоохранения для поддержки здоровья и благополучия стареющего населения.

Финансирование. Научно-исследовательская работа по подготовке рукописи проведена за счет средств субсидии на выполнение государственного задания № FGMP-2022-0007 по направлению «Оценка пищевого статуса детей и подростков и разработка состава, рецептур и технологий специализированных продуктов детского и геродиетического питания с использованием региональной сырьевой базы».

Список использованных источников

1. Использование растительных ингредиентов при разработке профилактических продуктов для геродиетического питания людей, страдающих сердечно-сосудистыми заболеваниями / Е. С. Семенова [и др.] // Пищевая промышленность. – 2023. – № 10. – С. 46–49.
2. Флавоноиды: антиоксидантные свойства и профилактический потенциал / Е. С. Семенова [и др.] // Пищевая промышленность. – 2024. – № 6. – С. 64–67.
3. Разработка специализированных молочных продуктов в комплексном лечении ожирения и белково-энергетической недостаточности / Е. С. Симоненко [и др.] // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2023. – Т. 16, № 2 (60). – С. 43–48.
4. Effect of a high protein diet and/or resistance exercise on the preservation of fat free mass during weight loss in overweight and obese older adults: a randomized controlled trial / A. M. Verreijen [et al.] // Nutrition journal. – 2017. – Vol. 16. – P. 1–8.
5. Vitamin D deficiency and sarcopenia in older persons / F. Remelli [et al.] // Nutrients. – 2019. – Vol. 11. – № 12. – P. 2861.
6. Vitamin D supplementation and its influence on muscle strength and mobility in community-dwelling older persons: a systematic review and meta-analysis / H. Rosendahl-Riise [et al.] // Journal of human nutrition and dietetics. – 2017. – Vol. 30. – № 1. – P. 3–15.
7. Pullar, J. M. The roles of vitamin C in skin health / J. M. Pullar, A. C. Carr, M. Vissers // Nutrients. – 2017. – Vol. 9. – № 8. – P. 866.
8. Harrison, F. E. A critical review of vitamin C for the prevention of age-related cognitive decline and Alzheimer's disease / F. E. Harrison // Journal of Alzheimer's Disease. – 2012. – Vol. 29. – № 4. – P. 711–726.
9. Aging and its treatment with vitamin C: a comprehensive mechanistic review / S. Mumtaz [et al.] // Molecular biology reports. – 2021. – C. 1–13.
10. Retinoids in the treatment of skin aging: an overview of clinical efficacy and safety / S. Mukherjee [et al.] // Clinical interventions in aging. – 2006. – Vol. 1. – № 4. – P. 327–348.
11. Zasada, M. Retinoids: active molecules influencing skin structure formation in cosmetic and dermatological treatments / M. Zasada, E. Budzisz // Advances in Dermatology and Allergology / Postępy Dermatologii i Alergologii. – 2019. – Vol. 36. – № 4. – P. 392–397.
12. Keen, M. A. Vitamin E in dermatology / M. A. Keen, I. Hassan // Indian dermatology online journal. – 2016. – Vol. 7. – № 4. – P. 311–315.
13. La Fata, G. Effects of vitamin E on cognitive performance during ageing and in Alzheimer's disease / G. La Fata, P. Weber, M. H. Mohajeri // Nutrients. – 2014. – Vol. 6. – № 12. – P. 5453–5472.
14. The role for dietary omega-3 fatty acids supplementation in older adults / A. Molfino [et al.] // Nutrients. – 2014. – Vol. 6. – № 10. – P. 4058–4072.
15. Omega-3 fatty acids and brain resistance to ageing and stress: body of evidence and possible mechanisms / I. Denis [et al.] // Ageing research reviews. – 2013. – Vol. 12. – № 2. – P. 579–594.

16. Gellert, S. Low long chain omega-3 fatty acid status in middle-aged women / S. Gellert, J. P. Schuchardt, A. Hahn // *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids*. – 2017. – Vol. 117. – P. 54–59.
17. Cutuli, D. Functional and structural benefits induced by omega-3 polyunsaturated fatty acids during aging / D. Cutuli // *Current neuropharmacology*. – 2017. – Vol. 15. – № 4. – P. 534–542.
18. Effect of long-term omega 3 polyunsaturated fatty acid supplementation with or without multidomain intervention on cognitive function in elderly adults with memory complaints (MAPT): a randomised, placebo-controlled trial / S. Andrieu [et al.] // *The Lancet Neurology*. – 2017. – Vol. 16. – № 5. – P. 377–389.
19. Potential implications of polyphenols on aging considering oxidative stress, inflammation, autophagy, and gut microbiota / M. Wu [et al.] // *Critical reviews in food science and nutrition*. – 2021. – Vol. 61. – № 13. – P. 2175–2193.

УДК 636.39-637.138

**Е. М. Щетинина, доктор технических наук;
И. Ю. Тармаева, доктор медицинских наук, профессор**

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный
исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи»,
г. Москва, Российская Федерация*

ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ СЫРЬЯ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ПРИ СОЗДАНИИ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ ДЛЯ ПРОФИЛАКТИКИ ОЖИРЕНИЯ

Аннотация. Нарушение структуры питания населения и, как следствие, – рост числа больных с алиментарно-зависимыми заболеваниями на протяжении последнего десятилетия приводят к поиску и выявлению перспективных источников животного и растительного сырья для производства инновационных пищевых продуктов. В статье рассмотрен вопрос о поиске и использовании в молочной промышленности различных видов сырьевых ресурсов для создания специализированной продукции. Изучен ассортимент современных обогащенных пищевых продуктов, а также рынок продовольственной продукции на основе молока-сырья различных видов сельскохозяйственных животных с учетом структуры потребления населением Российской Федерации.

Ключевые слова: сырьевые ресурсы, специализированные продукты, тенденции развития рынка, молочная промышленность, молоко.

**E. M. Shchetinina, Doctor of Technical Sciences;
I. Yu. Tarmaeva, Doctor of Medical Sciences, Professor**

*Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Research Center of Nutrition, Biotechnology
and Food Safety”, Moscow, Russian Federation*

THE POSSIBILITY OF USING VARIOUS SOURCES OF RAW MATERIALS OF ANIMAL ORIGIN IN THE CREATION OF SPECIALISED FOOD PRODUCTS FOR THE PREVENTION OF OBESITY.

Abstract. The disruption of the population's nutrition structure and, as a consequence, the growth in the number of patients with alimentary-dependent diseases over the past decade has led to the search for and identification of promising sources of animal and plant raw materials for the production of innovative food products. The article examines the issue of searching for and using various types of raw materials in the dairy industry to create specialized products. The range of modern fortified food products, as well as the market for food products based on milk-raw materials of various types of farm animals, is studied, taking into account the structure of consumption by the population of the Russian Federation.

Keywords: raw materials, specialized products, market development trends, dairy industry, milk.

Человечество за период своего существования сталкивалось с различными болезнями. В настоящее время отмечается рост алиментарно-зависимых заболеваний, которые связаны с проблемами углеводного и липидного обмена [1–4]. Одним из возможных путей решения данных проблем является корректировка рациона питания с использованием специализированных продуктов на молочной основе [5]. Следует отметить, что на протяжении последнего десятилетия исследователи и технологи-практики активно занимаются поиском новых сырьевых ресурсов животного и растительного происхождения, природный состав которых может стать основой для создания инновационных, в том числе специализированных пищевых продуктов.

Одним из наиболее инвестиционно-привлекательных и динамично развивающихся сегодня в мире является рынок промышленного производства козьего молока. Мировые лидеры производства пищевых продуктов не только расширяют линейки традиционных молочных продуктов, но и увеличивают выпуск ингредиентов и компонентов для создания специализированных продуктов питания на молочной основе. Расширяется ассортимент и увеличиваются объемы выпуска детских молочных продуктов на основе козьего молока. К участию в данных процессах активно подключились компании системы HoReCa [6–9].

За последнее десятилетие происходил динамичный рост населения с метаболическим синдромом, а также фиксировалось увеличение количества людей с непереносимостью животных белков, в частности белков коровьего молока. Человек, сталкиваясь одновременно с несколькими проблемами, лишает себя прямого источника белка, а также ряда витаминов, минеральных веществ, необходимых для правильной жизнедеятельности организма. Таким образом, возможность использования козьего молока для создания специализированных продуктов питания сегодня, как никогда, актуальна.

Аналитики Research and Markets [8] оценивают рынок козьего молока в 12,5 млрд долл. США и прогнозируют рост до 19 млрд долл. США к 2028 г. По данным Минсельхоза РФ, общая численность коз в хозяйствах всех категорий составила около 1,75 млн голов на 2022 г., а с учетом того, что козоводство на территории Российской Федерации активно развивается, начиная с 2017 г. наблюдается активная динамика снижения доли импорта козьего молока.

На протяжении последних десяти лет в Российской Федерации (по данным ФАО) стабильно производится около 250 тыс. т козьего молока, однако товарным является лишь его малая часть. Одной из основных проблем, сохраняющихся в козоводстве на протяжении последних пятнадцати лет, является сосредоточенность животных в основном в хозяйствах населения.

Особый интерес при производстве того или иного вида пищевой продукции представляет структура рынка, которая отчасти оказывает свое влияние на дальнейшую ее реализацию. Пищевые продукты на основе козьего молока являются весьма молодой продукцией, и сегодня структура рынка выглядит следующим образом: основным производимым продуктом выступает сыр

(44,6 %), молоко – 36,8 %, творог, йогурты и прочая продукция – 18,6 %. Причем производимые продукты в основном поставляются в организации системы HoReCa, которые сегодня очень часто при создании новых блюд, рецептов и воспроизводства зарубежной кулинарии в составе используют козы сыры. Специализированная продукция в данной структуре отсутствует на рынке. Продукция, представленная в фермерских и магазинах молочной продукции, отличается: сыры занимают всего 14 %, молоко составляет большую часть – 68 % и творог, йогурты и прочие продукты – чуть более 18 %. Это говорит о том, что на долю общего потребления больше уходит молоко, творог, йогурты и прочие продукты. Также необходимо уточнить, что доля продукции из козьего молока, которая представлена на прилавках крупных федеральных торговых сетей, не превышает одного процента.

Безусловно, важным участником формирования структуры рынка является потребитель. Сегодня основные потребители козьего молока и продуктов его переработки – граждане с непереносимостью коровьего молока, в частности дети, люди с заболеваниями желудочно-кишечного тракта, а также сторонники здорового образа жизни. Согласно прогнозу динамики развития рынков продукции из козьего молока на период до 2028 г., несмотря на всплеск интереса в 2019 г., сегодня и в ближайшей перспективе рынок будет стабилен [8].

Для того чтобы иметь представление, можно ли использовать козье молоко как сырье для создания специализированной продукции, на базе ФГБУН «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи» проводились исследования его состава (табл. 1).

Таблица 1. Пищевая ценность коровьего и козьего молока

Показатель	Коровье молоко	Козье молоко
Содержание белка, г/100 мл	3,4	3,2
Содержание жира, г/100 мл	3,6	4,0
Содержание углеводов, г/100 мл	4,8	4,5
Пищевая ценность, ккал/100 мл	64,0	65,7

Оценивая пищевую ценность молока, необходимо констатировать, что при незначительных различиях по содержанию белка, жира и углеводов, между молоком коровьим и козьим пищевая ценность последнего составляет 65,7 ккал/100 мл, что на 1,7 ед. превышает аналогичный показатель коровьего молока.

Большое значение при создании специализированной пищевой продукции имеет не только возможность внесения функциональных пищевых ингредиентов, но и состав исходного сырья, в первую очередь витаминный, минеральный, аминокислотный [10–12].

Козье молоко богато минеральными веществами, в нем содержатся калий, кальций, фосфор, натрий, магний, медь, железо. По содержанию фосфора,

кальция и магния продукция на основе козьего молока может удовлетворить суточную потребность организма [7]. Также стоит отметить, что козье молоко содержит большое количество аминокислот, которые формируют биологическую ценность данного сырья. Аминокислотный состав козьего и коровьего молока представлен в табл. 2.

Таблица 2. Содержание свободных аминокислот в козьем и коровьем молоке, мг/100 см³

Показатель	Фактическое значение	
	Козье молоко	Коровье молоко
Лейцин + изолейцин	430,42 ± 0,13	484,21 ± 0,08
Пролин	354,54 ± 0,08	325,89 ± 0,14
Лизин	265,30 ± 0,11	275,90 ± 0,16
Валин	191,70 ± 0,14	216,11 ± 0,07
Аргинин	184,95 ± 0,06	94,12 ± 0,08
Серин	175,78 ± 0,08	198,37 ± 0,15
Треонин	168,06 ± 0,15	140,68 ± 0,09
Фенилаланин	161,98 ± 0,18	170,56 ± 0,13
Тирозин	114,78 ± 0,07	137,35 ± 0,11
Аланин	102,18 ± 0,06	112,05 ± 0,10
Гистидин	95,62 ± 0,12	98,64 ± 0,04
Метионин	89,42 ± 0,05	87,21 ± 0,08
Глицин	62,80 ± 0,21	63,65 ± 0,19

Согласно полученным результатам, можно отметить, что содержание лейцина и изолейцина, валина и серина в козьем молоке меньше, чем в коровьем на 11,3 %, тирозина – на 16,4 %, лизина – на 3,8 %, в то время как содержание пролина выше на 8,8 %, треонина – на 19,4 %, а аргинина содержится фактически в два раза больше. По остальным аминокислотам различия составляют от 2 до 3 %.

За последние десять лет козоводство получило активное развитие на территории Российской Федерации: увеличилась численность стада, вырос уровень профессионализма специалистов данной области. Параллельно стал развиваться выпуск ингредиентов и оборудования, специализирующихся по виду используемого сырья. В сфере промышленной переработки молока произошло расширение ассортимента молочной продукции на основе козьего молока, активно развивается рынок продукции детского питания. Медико-биологическими исследованиями установлено, что при коррекции питания людей, страдающих ожирением, возможно употребление специализированных продуктов на молочной основе [1–6].

Таким образом, незначительные отличия в пищевой ценности козьего молока от коровьего, его богатый аминокислотный, витаминный и минеральный состав позволяют рассматривать козье молоко в качестве сырья животного происхождения, для создания специализированной пищевой продукции с целью коррекции питания при ожирении.

Финансирование. Исследование выполнено в рамках средств, выделяемых для реализации государственного задания ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» № FGMF-2022-0002.

Список использованных источников

1. Тутельян, В. А. Ключевые проблемы в структуре потребления пищевой продукции и прорывные технологии оптимизации питания для здоровьесбережения населения России / В. А. Тутельян, Д. Б. Никитюк // Вопросы питания. – 2024. – Т. 93, № 1 (551). – С. 6–21.
2. Оценка факторов риска развития избыточной массы тела у детей школьного возраста / О. Г. Богданова [и др.] // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. – 2023. – Т. 31. – № 4. – С. 594–599.
3. Нутрициология и клиническая диетология: национальное руководство / под ред. В. А. Тутельяна, Д. Б. Никитюка. – 2-е изд. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2021. – 1008 с.
4. Здоровье России: атлас. – 8-е изд. / под ред. Л. А. Бокерея. – М. : НЦССХ им. А. Н. Бакулева РАМН, 2012. – 408 с.
5. Новокшанова, А. Л. Исследование возможности применения функциональных пищевых ингредиентов в составе молочных продуктов для употребления при метаболическом синдроме [Электронный ресурс] / А. Л. Новокшанова, Е. М. Щетинина, А. С. Билялова // Ползуновский вестник, 2024. – № 2. – С. 73–78. – Режим доступа: <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2024.02.009>. – Дата доступа: 01.08.2024.
6. Разработка продуктов на основе козьего молока: органолептическая оценка экспериментальных образцов / А. Ю. Золотин [и др.] // Пищевая промышленность. – 2023. – № 10. – С. 66–70.
7. Survival of lactic acid bacteria when using the developed yogurt from the milk of small cattle under in-vitro conditions / A. Ospanov [et al.] // Food Science and Technology. – Brazil. – 2023. – № 43. – P. e117722.
8. Global Goat Milk Product Market Overview, 2023–28 // Research And Markets. – Dublin, 2023.
9. Прогноз развития научно-технологического развития Российской Федерации на период до 2030 года / Министерство образования и науки РФ. – М., 2013. – 72 с.
10. О безопасности пищевой продукции [Электронный ресурс] : ТР ТС 021/2011 : принят 09.12.2011 : вступ. в силу 01.07.2013 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/902320560>. – Дата доступа: 25.07.2024.
11. О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического лечебного и диетического профилактического питания : ТР ТС 027/2012 : принят 15.06.2012 : вступ. в силу 01.07.2013 / Евраз. экон. комис. – М., 2012. – 21 с.
12. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 45-2017 «Производство напитков, молока и молочной продукции» // Бюро НДТ. – М., 2017. – 190 с.

УДК 577.16

¹**В. М. Коденцова, доктор биологических наук, профессор;**

²**Д. В. Рисник, кандидат биологических наук**

¹*ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии
и безопасности пищи», г. Москва, Российская Федерация*

²*ФГБОУ ВО «Московский государственный университет
имени М. В. Ломоносова»,
г. Москва, Российская Федерация*

ПРОБЛЕМЫ МИКРОНУТРИЕНТНОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ДЕТСКОГО И ВЗРОСЛОГО НАСЕЛЕНИЯ И СПОСОБЫ ИХ РЕШЕНИЯ

Аннотация. Множественная микронутриентная недостаточность характерна для населения России. Приоритетными дефицитами являются дефицит витамина D и группы B, кальция, магния, йода и других микронутриентов. Самым удобным способом восполнения недостатка микронутриентов является употребление взамен обычных продуктов, обогащенных эссенциальными микронутриентами, пищевых продуктов массового потребления промышленного производства. Индивидуальным решением проблемы является постоянный прием витаминно-минеральных комплексов, содержащих недостающие микронутриенты в дозах, соответствующих возрастной физиологической потребности.

Ключевые слова: витамины, минеральные вещества, дети, взрослые, обогащенные пищевые продукты, витаминно-минеральные комплексы.

¹**V. M. Kodentsova, Doctor of Biological Sciences, Professor;**

²**D. V. Risnik, Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher**

¹*FSBOS “Federal Research Center of Nutrition, Biotechnology and Food Safety”,
Moscow, Russian Federation*

²*FSBEI HE “Moscow State University M. V. Lomonosov”,
Moscow, Russian Federation*

PROBLEMS OF MICRONUTRIENT PROVISION OF CHILDREN AND ADULTS AND WAYS TO SOLVE THEM

Abstract. Multiple micronutrient deficiencies are typical for the population of Russia. The priority deficiencies are vitamin D and group B, calcium, magnesium, iodine and other micronutrients. The most convenient way to replenish the lack of micronutrients is to use industrially produced food-stuffs enriched with essential micronutrients instead of regular products. An individual solution to the problem is the constant intake of vitamin and mineral supplements containing the missing micronutrients in doses corresponding to the age-related physiological needs.

Keywords: vitamins, minerals, children, adults, fortified foods, vitamin-mineral supplements.

Введение. Гиповитаминозные состояния являются фактором риска многих заболеваний, адекватный уровень витаминов в питании может способствовать предотвращению/снижению риска прогрессирования некоторых болезней.

Цель исследования – характеристика обеспеченности населения микронутриентами и способов ее коррекции.

Анализ литературы за последние годы осуществляли с использованием баз данных Росстата, РИНЦ, а также систем Google Scholar.

Потребление микронутриентов с рационом. Результаты расчета потребления витаминов и минеральных веществ по данным выборочных наблюдений питания взрослого населения во всех субъектах России на основе регистрации суточного рациона с использованием «Альбома блюд и продуктов» со слов респондентов, проведенной Росстатом в 2018 г., показали, что содержание в рационе витамина С и витаминов группы В не достигает рекомендуемых норм потребления (РНП) у 48–58 % опрошенных мужчин и 58–77 % женщин [1]. У 45–78 % лиц обоего пола имелся недостаток кальция, калия и магния, тогда как содержание в рационе натрия и фосфора, наоборот, превышало РНП. Суммарное потребление витамина А за счет ретинола и β -каротина у женщин не достигало величины РНП чаще, чем у мужчин. Недостаточное содержание железа имело место у 2/3 обследованных женщин.

Результаты онлайн-опроса 862 взрослых обоего пола, проживающих на территории 19 субъектов России, о частоте потребления отдельных групп пищевых продуктов с применением бутстреп-метода показали, что при адекватном потреблении витамина Е, фосфора и железа почти у 73 % респондентов не достигает уровня РНП потребление витамина D, у 16,9–33,3 % – витаминов С, В₂, В₁, РР и А, у 40 % – кальция [2].

По данным фактического питания (24-часовое воспроизведение) относительное количество лиц (в %), в рационе которых содержание большинства изучаемых микронутриентов не достигает возрастных РНП, варьирует, но выявляется как у детей, так и у взрослых во всех регионах, в которых было проведено исследование.

Причины недостаточной обеспеченности населения микронутриентами. Главной причиной развития гипомикронутриентных состояний является нарушение сбалансированности питания, что приводит к уменьшению потребления многих микронутриентов. Определенными факторами являются утрата рационом разнообразия, узкий набор нескольких основных пищевых продуктов и готовых блюд, увеличение потребления рафинированных, высококалорийных, но обедненных микронутриентами в результате интенсивной технологической обработки пищевых продуктов (хлеб из пшеничной муки высшего сорта, макаронные, кондитерские изделия), недостаточное потребление овощей, фруктов, мяса, рыбы, молока. Значительную роль играют низкий уровень знаний населения о здоровом питании, влиянии микронутриентов,

а также основных продуктах – носителях тех или иных микронутриентов [3]. Распространены устойчивые заблуждения, наподобие того, что «основным источником витаминов являются свежие овощи и фрукты», мифы о том, что организм может летом запастись витаминами и т. д.

Потребление хлебных продуктов (хлеб в пересчете на муку, мука, крупа, макаронные изделия) населением России за предыдущие 100 лет уменьшилось в 2 раза [4], что привело к снижению поступления витаминов группы В на 20–30 %. В структуре питания детей отмечается существенная недостаточность молока и молочных продуктов, которые являются источником кальция и витамина В₂. Обеспеченность витамином D напрямую ассоциируется с частотой потребления рыбы.

Для питания значительного количества детей и взрослых в России независимо от возраста, места проживания в течение всего года характерна множественная микронутриентная недостаточность – одновременное малое содержание в пище витаминов D, группы В, кальция, магния, цинка, йода и других микронутриентов. Одновременный дефицит витамина D и группы В (полигиповитаминоз) выявляется более чем у 1/3 обследованных.

Таким образом, зафиксированная в начале века проблема множественной микронутриентной недостаточности, характерная для населения России, продолжает сохраняться и в настоящее время.

Способы восполнения недостаточного потребления микронутриентов.

Самым удобным способом является включение в рацион обогащенных эссенциальными микронутриентами пищевых продуктов массового потребления промышленного производства, так как их употребляют взамен обычных традиционных продуктов. Суточная порция обогащенных микронутриентами пищевых продуктов массового спроса промышленного производства содержит от 15 до 50 % от РНП витаминов и (или) минеральных веществ, что позволяет восполнить недостающее количество в рационе. Эффективность этого способа зависит от охвата населения, что подразумевает целесообразность подвергать обогащению микронутриентами продукты, которые повсеместно используются в питании всеми слоями населения. К ним относятся хлебобулочные изделия; соки, нектары, напитки; молочные продукты (молоко, йогурты, творожки), йодированная соль, зерновые продукты (каши, мюсли, хлопья) и др. К сожалению, недостаточное производство в настоящее время обогащенных по инициативе изготовителя пищевых продуктов не позволяет решить проблему.

Витаминно-минеральные комплексы (ВМК). Поскольку в России обогащение пищевых продуктов массового потребления не носит обязательный характер, а осуществляется по инициативе производителя, эффективным способом оптимизации витаминного статуса является использование витаминно-минеральных комплексов (ВМК), официально зарегистрированных в качестве биологически активных добавок к пище, огромный ассортимент которых имеется в аптечной сети. Основные критерии выбора и достижения

максимальной эффективности ВМК сводятся к следующим основным положениям [5].

Выбор ВМК должен производиться на основе соответствия дозы микронутриента возрастным потребностям и набора витаминов и минеральных веществ в их составе, обязательными компонентами которых должны быть те микронутриенты, дефицит которых реально обнаруживается у населения (витамины D, все витамины группы B, Ca, Mg, Zn). Повышенные дозы витаминов быстрее устраняют их дефицит в организме, что важно учитывать при выборе комплекса для коррекции дефицита микронутриентов. После прекращения дополнительного приема ВМК происходит достаточно быстрое (от 1 до нескольких недель) «вымывание» витаминов (wash-out), т. е. снижение концентрации в крови и возврат к исходному дефицитному состоянию организма, которое существовало до начала приема ВМК. Для устранения или профилактики множественной микронутриентной недостаточности необходим круглогодичный (без перерывов) прием ВМК, содержащих витамины и минеральные вещества в количествах, близких к РНП, что послужит надежной профилактикой заболеваний, обусловленных дефицитом витаминов. Однако реальная частота приема ВМК недостаточна для улучшения микронутриентного статуса населения.

По данным Росстата, ВМК принимают не более 20 % женщин и менее 10 % мужчин [1]. По результатам выборочного онлайн-анкетирования 875 кормящих женщин в возрасте от 18 до 40 лет, во время беременности витамины принимали 83 % женщин, а продолжили прием витаминов во время кормления грудью – 56 % [6].

Заключение. Для большинства как детского, так и взрослого населения характерна множественная микронутриентная недостаточность витаминов D, группы B, Ca, Mg, Zn. Недостаток микронутриентов в питании устраняют путем включения в рацион обогащенных витаминами и минеральными веществами пищевых продуктов, производство которых недостаточно, или приема многокомпонентных ВМК, содержащих недостающие микронутриенты, в дозах, сопоставимых с возрастной физиологической потребностью организма. Витамины в организме функционально взаимосвязаны между собой, поэтому их необходимо применять не индивидуально, а именно в форме ВМК для их синергетического действия. Дефицит одних микронутриентов тормозит усвоение других (дефицит витаминов группы B и (или) Ca и Mg затрудняет устранение дефицита витамина D). Мировой тренд – производство и использование многокомпонентных ВМК.

Список использованных источников

1. Выборочные наблюдения рациона питания населения в 2018 году [Электронный ресурс] // Федеральная служба гос. статистики (Росстат). – 2019. – Режим доступа: https://rosstat.gov.ru/free_doc/new_site/food18/index.html. – Дата доступа: 19.08.2024.

2. Оценка потребительских предпочтений россиян: «ловушка среднего рациона» / В. В. Горбачёв [и др.] // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2022. – № 6 (390). – С. 90–98. doi:10.26297/0579- 3009.2022.6.3
3. Потребление витаминов: вклад отдельных пищевых продуктов и последствия различных диет / В. М. Коденцова [и др.] // Медицинский оппонент. – 2021. – № 1. – С. 48–56.
4. Изменение структуры питания населения России за 100 лет / Е. А. Бурляева [и др.] // Клиническое питание и метаболизм. – 2020. – Т. 1. – № 1. – С. 17–26. doi:10.17816/clinutr21188
5. Алгоритм эффективного применения витаминно-минеральных комплексов [Электронный ресурс] / В. М. Коденцова [и др.] // Журнал Гродненского гос. мед. ун-та. – 2024. – Т. 22. – № 2. – С. 177–184. – Режим доступа: <https://doi.org/10.25298/2221-8785-2024-22-2-177-184>. – Дата доступа: 19.08.2024.
6. Грудное вскармливание в РФ: результаты анкетирования кормящих матерей / О. Б. Ладодо [и др.] // Кремлевская медицина. Клинический вестник. – 2022. – Т. 4. – С. 9–15. doi:10.48612/cgma/a5tm-hp4b-6xf5

УДК 613.2-047.43

**О. О. Величко; Е. В. Федоренко, кандидат медицинских наук, доцент;
Н. В. Цемборевич, кандидат медицинских наук**

*Научно-исследовательский институт гигиены, токсикологии,
эпидемиологии, вирусологии и микробиологии государственного учреждения
«Республиканский центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья»
г. Минск, Республика Беларусь*

МЕТОДЫ ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА РЕПРЕЗЕНТАТИВНЫХ РАЦИОНОВ

Аннотация. Разработанные методы гигиенической оценки химического состава репрезентативных рационов (скрининговый и углубленный) позволяют с использованием современных аналитических методов получить объективные данные об уровнях и тенденциях в алиментарном хроническом поступлении химических веществ (как нутриентов, так и контаминантов химической природы) в составе рационов, максимально соответствующих типичной структуре потребления с учетом ее вариабельности (т. е. на уровне низкого, среднего и высокого потребления пищевых продуктов среди различных групп населения).

Ключевые слова: питание, пищевые продукты, неинфекционные заболевания, репрезентативный рацион, методы изучения фактического питания, нутриенты.

**O. O. Velichko; E. V. Fedorenko, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor;
N. V. Tsemborevitch, Candidate of Medical Sciences**

*Scientific-Research Institute of Hygiene, Toxicology, Epidemiology, Virology and Microbiology
of the State Institution "Republican Center of Hygiene, Epidemiology and Public Health",
Minsk, Republic of Belarus*

METHODS OF HYGIENIC ASSESSMENT OF CHEMICAL COMPOSITION OF REPRESENTATIVE DIETS

Abstract. The developed methods of hygienic assessment of chemical composition of representative diets (screening and in-depth) allow using modern analytical methods to obtain objective data on the levels and trends in alimentary chronic intake of chemical substances (both nutrients and contaminants of chemical nature) in the composition of diets, maximally corresponding to the typical consumption structure, taking into account its variability (i.e. at the level of low, medium and high consumption of food products among different groups of people).

Keywords: nutrition, food, non-communicable diseases, representative diet, methods for studying actual nutrition, nutrients.

Введение. Питание является основой жизнедеятельности человека и обеспечивает поступление в организм необходимых пищевых веществ и энергии. Сбалансированному и адекватному снабжению организма макро- и микронутриентами принадлежит важная роль в формировании и поддержании здоро-

вья населения. Однако ряд потенциально опасных химических веществ также может поступать в организм человека в составе рационов. Поэтому необходимо использовать различные методы изучения химического состава рационов для оценки экспозиции, и, в последующем – риска здоровью.

Вопросы профилактики неинфекционных заболеваний, связанных с несбалансированным питанием, являются одним из приоритетных вопросов общественного здравоохранения. При этом в настоящее время имеются данные о национальном профиле нутригенных рисков для здоровья, которые характеризуются дисбалансами или дефицитами. Например, наблюдается избыточное потребление соли, добавленных сахаров, можно предположить дефицит йода, селена, цинка и витамина D.

Для оценки фактического питания населения применяются различные методы (метод 24-часового воспроизведения (опросно-анкетный), метод анализа частоты потребления пищевых продуктов, балансовый, весовой, аналитический (по меню раскладкам), статистический и другие), изучающие уровни потребления отдельных пищевых продуктов, которые для целей оценки экспозиции соотносятся с количеством в них изучаемых химических веществ и позволяют получать информацию о теоретических (расчетных) суточных рационах [1, 2]. Наиболее распространенными из них являются метод 24-часового воспроизведения и метод анализа частоты потребления пищевых продуктов [3].

Каждый метод имеет свои преимущества и недостатки, выбор определяется в зависимости от целей научного исследования. Однако, так как в приведенных методах используются справочные данные о химическом составе пищевых продуктов, не позволяющие в полной мере учесть потери пищевых веществ в процессе тепловой и кулинарной обработки пищи, они имеют погрешности и характеризуются рядом неопределенностей. С учетом указанного возникла необходимость применения методов, позволяющих получать данные о поступлении как нутриентов, так и контаминантов химической природы в составе рационов, соответствующих типичной структуре потребления с учетом уровней потребления пищевых продуктов среди различных групп населения.

На международном уровне для изучения фактического питания населения предлагается использовать методы, основанные на исследовании полного рациона (Total diet study), рекомендованные для включения в национальные программы мониторинга питания (EFSA, FAO, WHO, 2011) [4, 5]. При этом предложенный указанными организациями подход описан в виде общих принципов, которые требуют методической адаптации в зависимости от национальной системы нормирования, мониторинга, методов оценки фактического питания населения, оценки рисков здоровью и имплементации в национальное законодательство.

Основная часть. В рамках реализации задания «Разработать и внедрить методы гигиенической оценки рационов» подпрограммы «Безопасность сре-

ды обитания человека» ГНТП «Научно-техническое обеспечение качества и доступности медицинских услуг», 2021–2025 гг., выполняемого научно-исследовательским институтом гигиены, токсикологии, эпидемиологии, вирусологии и микробиологии государственного учреждения «Республиканский центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья», разработаны методы гигиенической оценки химического состава репрезентативных рационов (скрининговый и углубленный).

Для целей указанной научно-исследовательской работы под *репрезентативным рационом* (далее – РР) понимается гомогенная смесь пищевых продуктов и блюд, качественная и количественная характеристика которой максимально соответствует типичной структуре суточного потребления в изучаемой группе населения, полученной с использованием расчетных методов, с учетом потерь и превращений химических веществ, происходящих в процессе реальной кулинарной обработки используемой питьевой воды.

Применение методов гигиенической оценки химического состава репрезентативных рационов позволяет получить объективную информацию об алиментарном поступлении химических веществ с рационом (нутриентов и загрязняющих веществ) и может использоваться в отношении:

нутриентов, в том числе эссенциальных;

химических веществ, намеренно добавляемых в продукты питания (например, пищевые добавки и обогащающие компоненты);

остатков химических веществ, преднамеренно применяемых на начальных этапах пищевой цепи (например, остатки пестицидов и ветеринарных препаратов);

антропогенных контаминантов (например, тяжелые металлы, полихлорированные бифенилы и диоксины);

контаминантов природного происхождения (например, микотоксины и алкалоиды);

технологических контаминантов – вещества, образующиеся в процессе обработки продуктов питания (например, полиароматические углеводороды, фураны и акриламид);

«мигрантов» – вещества, мигрирующие из упаковки пищевых продуктов или материалов, контактирующих с пищевыми продуктами (например, фталаты и бисфенол А).

Перечень химических веществ, подлежащих оценке в РР, влияет на отбираемые для анализа пищевые продукты и их объединение. При их выборе руководствовались следующими минимальными критериями:

научный (международный) консенсус относительно негативного влияния избыточного или недостаточного поступления вещества на здоровье – использовались оценки/заключения международных и региональных организаций в области безопасности пищевой продукции и здорового питания (например, ФАО, ВОЗ и ассоциированные с ними комитеты, EFSA);

релевантные данные о влиянии на здоровье – использовались статистические данные о состоянии здоровья и (или) эпидемиологические исследования, связывающие заболевания с конкретными химическими веществами, результаты биомониторинга;

предположения о потенциальном негативном влиянии на здоровье – использовались токсикологическая информация, данные о случаях интоксикаций или риске для здоровья, полученные в иных регионах.

Указанные методы позволяют отобрать значимые для целей исследования пищевые продукты, провести их термическую и кулинарную обработку как средний потребитель и объединить соответствующие группы продуктов питания; проанализировать объединенные образцы на содержание выбранных питательных веществ и загрязняющих веществ; сопоставить данные о потреблении и аналитические данные для оценки потребления питательных веществ и воздействия загрязняющих веществ.

Разработанные подходы к гигиенической оценке химического состава РР включают следующие этапы:

- определение значимых для целей исследования в РР химических веществ (целевые химические вещества);
- выявление целевой популяции (население в целом или отдельные его группы, например, новорожденные, дети отдельных возрастных групп, взрослые в целом, пожилые, беременные и др.) и изучение структуры потребления пищевых продуктов в ней;
- определение основных пищевых продуктов – потенциальных источников целевых химических веществ;
- отбор проб пищевых продуктов – основных источников целевых химических веществ;
- подготовка объединенных образцов пищевых продуктов;
- приготовление блюд из объединенных образцов пищевых продуктов и воды в соответствии со структурой потребления;
- формирование РР с учетом уровня потребления среди отдельных групп населения;
- лабораторные исследования содержания целевых химических веществ в РР;
- гигиеническая оценка содержания целевых химических веществ в РР.

Разработаны скрининговый и углубленный методы химического состава репрезентативных рационов.

Скрининговый метод включает в себя оценку агрегированных групп пищевых продуктов, как правило, от 10 до 30. Это означает, что перечень составляется для относительно обобщенных категорий, а не для отдельных групп пищевых продуктов.

Выбор химических веществ, подлежащих анализу, должен основываться на том, какие вещества широко распространены в рационе и имеют относительно однородные уровни встречаемости. Если ожидается, что уровни встре-

чаемости в различных категориях продуктов питания будут различаться, образцы не следует объединять, поскольку это может ограничить достоверность оценки.

С помощью скринингового метода возможно получить ориентировочные уровни алиментарного воздействия, однако они не предоставляют информацию о конкретных пищевых продуктах, которые вносят значительный вклад в экспозицию, о воздействии на отдельные субпопуляции, и в последующем определяют направление и объем проведения дополнительного отбора проб и углубленных исследований, в том числе в отношении конкретных групп потребителей, учета региональных особенностей или сезона.

Использование скрининговых исследований не позволяет выявить основные факторы, способствующие общему воздействию на уровне отдельных пищевых продуктов или групп продуктов питания за пределами используемого объединения. В случае, если скрининг указывает на высокую экспозицию, возможно проведение дальнейших оценок для выявления ее источника. Это может включать в себя проведение углубленных исследований или, если образцы пищевых продуктов и (или) блюд, которые вошли в объединенные образцы, были сохранены, возможен дополнительный анализ.

Для целей апробации скринингового метода в объединенных пробах пищевых продуктов (мясные, в том числе колбасные изделия, молочные, рыбные продукты, фрукты, овощи, мучные и сахаристые кондитерские изделия, нектары, соки, сахаросодержащие напитки, крупы, яйца, орехи, хлебобулочные изделия) с использованием лабораторных методов определено фактическое содержание селена, цинка, витамина D, жирнокислотного состава, в том числе трансизомеров жирных кислот, жиров, индивидуальных сахаров (глюкозы, фруктозы, сахарозы, мальтозы, лактозы), пищевых волокон, клетчатки.

При углубленных оценках химического состава РР группировка и объединение пищевых продуктов осуществляется более дифференцированно и позволяет определить пищевые продукты, вносящие основной вклад в алиментарную экспозицию. В таких случаях в оценку включают до 300 различных групп продуктов питания, часто отбираемых в разных регионах и сезонах, и анализируемых отдельно. При этом используются различные критерии. Например, предполагается охват около 80–95 % продуктов питания в рационе, однако их отбор может проводиться с учетом различных критериев: например, пищевые продукты, потребляемые в количестве >1 г/день на человека или >10 г/день на человека или потребляемые >5 %, или не менее 10 % потребителей. Очевидно, что указанное должно основываться на более точных данных о потреблении.

Для определения фактического содержания приоритетных для республики нутриентов сформированы и подготовлены 45 репрезентативных рационов взрослого населения Республики Беларусь в возрасте 18–69 лет, учитывающих дезагрегацию по половозрастным группам и уровням потребления.

Заключение. Методы гигиенической оценки химического состава репрезентативных рационов (скрининговый и углубленный) позволяют с использованием современных аналитических методов получить объективные данные об уровнях и тенденциях в алиментарном хроническом поступлении химических веществ в составе рационов, максимально соответствующих типичной структуре потребления с учетом ее вариабельности. Разработанные методы будут формализованы в Инструкцию по применению.

Список использованных источников

1. Методы оценки фактического питания и пищевого статуса взрослых : инструкция по применению : утв. Гл. гос. санитар. врачом Респ. Беларусь 20.03.2015, № 001-0215 / разраб.: И. И. Кедрова [и др.]. – Минск : [б. и.], 2015. – 33 с.
2. Изучение фактического питания на основе метода частоты потребления пищевых продуктов : инструкция по применению : утв. Гл. гос. санитар. врачом Респ. Беларусь 15.12.2011, № 017-1211 / разраб.: Е. В. Федоренко [и др.]. – Минск : [б. и.], 2011. – 21 с.
3. Bailey, R. L. Overview of dietary assessment methods for measuring intakes of foods, beverages, and dietary supplements in research studies / R. L. Bailey // Curr. Opin. in Biotechnol. – 2021. – Vol. 70. – P. 91–96.
4. Towards a harmonised Total Diet Study approach: a guidance document [Electronic resource] / J. Alexander [et al.] // EFSA J. – 2011. – Vol. 9, iss. 11. – Mode of access: <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2011.2450>. – Date of access: 27.06.2024.
5. Food standards agency guidelines for undertaking analytical surveys [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.yumpu.com/en/document/view/21057103/guidelines-for-undertaking-surveys-food-standards-agency>. – Date of access: 27.06.2024.

УДК 616-056.52

**А. Е. Светлый;
Е. И. Слезко, кандидат биологических наук, доцент**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Брянский государственный аграрный университет»,
Брянская область, Российская Федерация*

ПОДРОСТКОВОЕ ОЖИРЕНИЕ КАК ПРОБЛЕМА НАСТОЯЩЕГО И БУДУЩЕГО

Аннотация. Проблема не просто лишнего веса в допустимых пределах, а в избыточном количестве всегда является центральной темой сферы питания и здоровья человека. Особенно остро данная проблема имеет значение в переходном возрасте, так как в это время формируется организм человека. Очень важно обращать внимание на проблему ожирения именно в отроческие годы, чтобы заранее попытаться искоренить ее и предотвратить последующие рецидивы.

Ключевые слова: ожирение, подростковое ожирение, режим питания, продукты питания, сети быстрого питания, фастфуды, здоровье молодежи, пути решения подросткового ожирения.

**A. E. Svetliy;
E. I. Slezko, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor**

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Bryansk State Agrarian
University", Bryansk Region, Russian Federation*

ADOLESCENT OBESITY AS A PROBLEM OF THE PRESENT AND THE FUTURE

Abstract. The problem of not just excess weight within acceptable limits, but in excess is always the central theme of the field of nutrition and human health. This problem is especially acute in the transition age, since at this time the human body is being formed. It is very important to pay attention to the problem of obesity in adolescence in order to try to eradicate it in advance and prevent subsequent relapses.

Keywords: obesity, adolescent obesity, diet, food, fast food chains, fast food, youth health, ways to solve adolescent obesity.

Введение. Питание является одним из важнейших факторов, определяющих здоровье подрастающего поколения, поскольку именно с нарушением его структуры и качества связана наибольшая опасность снижения показателей здоровья [3]. Однако, чтобы питание приносило пользу здоровью, важно соблюдать комплекс правил и рекомендаций. В настоящее время большое распространение получило такое заболевание, как ожирение, причем связанное именно с нерациональным потреблением продуктов питания. Ожирение, являясь самым по себе заболеванием или, по крайней мере, нарушением в орга-

низме, порождает ряд заболеваний органов и систем органов человека, которые могут развиваться продолжительное время и не подавать долгое время явных сигналов сбой.

Наиболее остра и значима ситуация с распространением ожирения среди подрастающего поколения. Переходный возраст – один из переломных и значимых этапов в жизни человека буквально во всех аспектах. Именно поэтому важно приучаться следить за своим здоровьем [8]. Нам необходимо помнить, что подростки – будущее поколение, будущее страны. Если мы хотим, чтобы в стране была здоровая нация, то необходимо об этом позаботиться заранее, чтобы глобальная проблема ожирения в подростковом возрасте плавно не переходила в глобальную проблему ожирения взрослого трудоспособного населения.

Основная часть. Е. Д. Амбросьева отмечает: «Грамотно организованное питание в детском возрасте – это залог здоровья человека на протяжении всей его жизни. У детей и подростков происходят интенсивные процессы роста, сложная гормональная перестройка организма, адаптация всех систем организма – нервной, сердечно-сосудистой, пищеварительной, выделительной, дыхательной и др.» [1]. С мнением автора нельзя не согласиться, так как именно в период полового созревания роль питания как никогда имеет ярко выраженное значение для функционирования организма. В данный период развития особенно важно следить за питанием и за различными отклонениями, которые могут проявляться в период этапа взросления. К сожалению, в наше время весьма широко распространилась проблема лишнего веса среди населения. Проблема лишнего веса носит комплексный характер, ибо проявляется во многих аспектах: здоровье человека, внешний вид, различные психологические комплексы, т. е. можно смело сказать, что ожирение – это социально негативное явление. Среди различных групп населения, страдающих избыточным весом, самой незащищенной, самой рискованной и самой главной являются дети подросткового возраста. Распространение ожирения среди подрастающего поколения – самая тревожная проблема не только настоящего, но и будущего. К сожалению, не всегда можно объяснить однозначно причины лишнего веса у подростков и не всегда можно сразу найти выход из ситуации.

«Избыточная масса тела и ожирение – наиболее распространенные эндокринные нарушения у детей и подростков. Самый распространенный вид ожирения, связанный с избыточным поступлением калорий в условиях гиподинамии и наследственной предрасположенности – конституционально-экзогенное (идиопатическое) ожирение. Снижение двигательной активности приводит к нарушению равновесия между накопительной и расходуемой энергией, что влечет за собой нарушение механизмов адаптации. У подростков с избыточной массой тела метаболические нарушения формируются на ранней стадии заболевания и всегда ассоциируются с инсулинорезистентностью. Последствиями развития подросткового ожирения могут стать сердечно-сосудистые заболевания и сахарный диабет второго типа», – указывает в своей статье В. В. Костяева [5, 7].

В качестве генезиса и причинно-следственного появления такого заболевания и феномена, как ожирение, в том числе и среди подростков, А. Р. Бахтиярова отмечает: «Ожирение – это прогрессирующее мультифакторное нейроповеденческое расстройство обмена веществ, приводящее к развитию множества коморбидных патологий. Основная причина пандемии ожирения представлена доступностью аппетитной высококалорийной пищи с низким количеством питательных веществ, стрессовым заеданием и частыми перекусами по привычке. Постоянное воздействие данных пищевых сигналов, переедание в нескольких поколениях изменяет чувствительность гипоталамических центров голода и насыщения к внутренним и внешним стимулам, смещая точку гомеостаза в сторону большего индекса массы тела. Более того, у детей подросткового возраста отмечается феномен отсроченного сна, ведущий к изменению циркадианных ритмов и меняющий секрецию аппетит-регулирующих гормонов» [2].

Похожие суждения о сущности подросткового ожирения, его проявлениях и причинах можно встретить в статье Ж. Козыбаевой, А. Султановой, А. Кенжехановой: «Ожирением является повышение массы тела на 20 % и более от нормы из-за роста жировой ткани. Заболевание приносит не лишь психофизический дискомфорт, но также активизирует заболевания позвоночника, суставов, остальные расстройства. Ожирение увеличивает риск формирования подобных тяжелых для жизни подростков заболеваний, как атеросклероз, гипертония, диабет, инсульт, инфаркт миокарда, заболевания почек и печени. Кроме того, ожирение способно привести человека к инвалидизации. Такие болезни, как грипп, ОРВИ, пневмония и многие другие заболевания, у пациентов с ожирением протекают тяжелее и продолжительнее, часто с рядом осложнений. Развитию ожирения способствуют: частое переедание; неправильное питание (прием пищи на ночь, избыточное потребление углеводов, жиров, соли, газировок, алкоголя и других малополезных и вредных продуктов питания); малоактивный образ жизни (например, сидячая работа); наследственная предрасположенность; болезни нервной системы (повреждение области мозга, которая отвечает за пищевое поведение); болезни эндокринных желез (опухоли, гипотиреоз, гипогонадизм); прием некоторых лекарственных препаратов (гормонов, антидепрессантов); бессонница, стресс; физиологические состояния» [6].

Немного иначе к пониманию причин подросткового ожирения в своем исследовании приводит А. В. Трофимов: «Главным фактором развития ожирения у детей и подростков является неадекватное питание и гиподинамия. Анализ питания детей России выявил, что нарушения питания заключаются в избытке потребления жиров, насыщенных жирных кислот, потребления большого количества сахара и соли. Проведенное исследование аспектов питания детей и подростков в России выявило, что питание в домашних условиях превышает адекватное и достигает до 90 % суточной нормы питания. Основной причиной данного факта является неадекватное оценивание калорийности продуктов, потребляемых детьми. Наряду с этой причиной выделя-

ют также недоверие родителей к питанию в образовательных организациях. Другое исследование, изучающее рационы школьного питания, свидетельствовало о том, что в большинстве школ с повышенной калорийностью рациона число детей с избыточным весом выше, чем в школах со сбалансированным питанием. Также большое влияние на развитие ожирения оказывает неадекватное распределение потребления пищи в течение дня. По некоторым исследованиям нарушенный режим питания оказывает в некоторых случаях большее влияние, чем неадекватное потребление калорий.

Одним из факторов развития риска избыточной массы тела и ожирения является употребление продуктов с высокой энергетической ценностью, продуктов с большим содержанием сахара, а также блюд быстрого приготовления. Все это обусловлено высокой популярностью фастфудов. Негативный эффект от употребления продуктов быстрого приготовления обусловлен их большой энергетической ценностью и значительным содержанием насыщенных жирных кислот, а также соли» [9].

Анализируя различные мнения ученых, можно обобщить, что основная проблема подросткового ожирения связана с такими факторами, как малоподвижный образ жизни и переедание или же употребление в пищу высококалорийных продуктов. Однако, на наш взгляд, такие суждения верны лишь отчасти. По идее, зная причины набора лишнего веса у детей подросткового возраста, можно решить эту проблему, исключив источники, которые являются таковыми причинами. Среди причин набора веса были указаны и употребление различных медицинских препаратов. Мы считаем, что такое обстоятельство является частным случаем, а потому подобного рода обстоятельства следует рассматривать отдельно. Более того, такие типовые причины, как переедание, нарушение сна и режима питания, в какой-то степени могут иметь свои основания. Получается, что перед нами присутствуют «причины в причинах», вследствие чего мы считаем целесообразным пересмотреть ряд факторов и попытаться выстроить некую классификацию причин и обстоятельств, способствующих набору веса.

Так, все причинно-следственные факторы набора лишнего веса у подростков мы делим на *частные* и *общие*. К *частным* причинам относятся различного рода заболевания, нарушающие обмен веществ, употребление специализированных медицинских препаратов, которые оказывают влияние на метаболизм и физиологическое развитие организма, наследственность, т. е. данная категория требует специализированного лечения. *Общие* факторы и причины, приводящие к ожирению, можно разделить на две ступени: *первичные* и *вторичные*. К *первичным* общим факторам относятся: личные вкусовые предпочтения к продуктам питания (пристрастие к сладким и мучным кондитерским изделиям, потребление чипсов, сухариков и снеков вместо первых и вторых блюд); личная самоорганизованность, самосознание и самодисциплина в питании; национально-этнические традиции; семейные нравы и привычки (в том числе, кого-то из конкретных членов семьи, оказывающих прямое или кос-

венное влияние на всех остальных); финансовые возможности планирования и приобретения различных товаров для потребления и (или) готовых блюд; наличие ассортимента в выборе продуктов питания и географическая близость расположения продуктовых магазинов и предприятий общественного питания. *Вторичные* общие факторы являются отражением первых, так как они формируются на их основе. Среди этих причинно-следственных факторов как раз можно выделить: нерациональное употребление продуктов питания (в том числе неправильно выстроенное количество перекусов, смещение большого потребления еды на позднее время, недостаточное потребление дневной нормы воды); нарушение режима дня (сна и отдыха в том числе); легкодоступность продуктов быстрого приготовления (в том числе картофель и лапша быстрого приготовления, продаваемые во многих супермаркетах и ларьках) и фастфудов (пиццы, бургеры, сэндвичи, чебуреки, наггетсы), большое количество потребления так называемых жидких углеводов (лимонады, соки, газированные и тонизирующие напитки). Такой фактор, как *эмоционально-психологическое состояние*, стоит выделять отдельно, так как он может быть и первичным, и вторичным, т. е. появляется под каким-либо воздействием, обстоятельством или окружением и приводит к неправильному (нездоровому питанию). Все эти причинно-следственные факторы применимы не только к проблемам ожирения в переходном возрасте, но и, как правило, для любого возраста человека.

Однако стоит помнить, что переходному возрасту ввиду развития и роста организма свойственны те или иные «скачки» в изменении роста и веса, которые не всегда могут соответствовать установленным типовым параметрам нормального развития.

На это в своем научном исследовании указывают Н. П. Гончаров, Г. В. Кация, А. Ф. Вербовой, Е. В. Митрошина: «Ожирение у детей в пубертатном возрасте наиболее часто связано с развитием нейроэндокринного синдрома возрастной перестройки организма, который в отечественной литературе описывается как пубертатно-юношеский диспитуитаризм, или гипоталамический синдром пубертатного периода. В период полового созревания у детей активизируется система гипоталамус – гипофиз – гонады, усиливается секреция надпочечниковых андрогенов, гормона роста и ИФР-1, снижается чувствительность к инсулину и развивается компенсаторная гиперинсулинемия. Последняя подавляет синтез глобулина, связывающего половые гормоны, что повышает концентрацию биодоступного тестостерона. В норме физиологическая инсулинорезистентность исчезает по завершении периода полового созревания. Однако у детей с ожирением в пубертатном периоде развивается более выраженная инсулинорезистентность, а компенсаторная гиперинсулинемия сохраняется и после завершения пубертатного периода» [4].

Вывод. Подводя итог исследованию подросткового ожирения, сущности ожирения, причинно-следственных факторов не остается никаких сомнений, что проблема лишнего веса заключается не только в эстетических недостатках, но и перерастает в серьезные физиологические и психоэмоциональ-

ные нарушения и расстройства. Также очевидно, что решать проблему лишнего веса надо уже в подростковом возрасте, причем решать грамотно и комплексно.

Эпидемиологические исследования показывают, что почти половина из взрослых людей с избыточной массой тела имели излишнюю массу тела в детстве, а 2/3 детей с ожирением переходят в группу молодых людей с ожирением [4]. Ввиду этого очень важно предотвратить распространение ожирения как хронического заболевания у детей в подростковом возрасте, чтобы впоследствии получить здоровую молодежь, которая также сможет передать своим будущим детям здоровые гены, а не хронические наследственные заболевания, которыми являются ожирение и болезни, порожденные им.

Бороться с ожирением надо грамотно: нельзя только лишь механически ограничивать молодых людей в питании и направлять их на спортивные секции. Ввиду этого нами были разработаны следующие теоретико-практические методы борьбы с ожирением: прежде всего важно предупреждать подрастающее поколение об опасности ожирения, при этом объяснять это таким образом, чтобы у подростков возникал к этому интерес и осознанное понимание проблемы. Более того, важно показывать на своем примере или даже на примере всей семьи то, как правильно соблюдать режим питания, как принимать пищу примерно в одно и то же время, какие продукты питания стоит употреблять чаще, а от каких следует отказаться или хотя бы сократить их потребление в своем рационе. Наша концепция основывается на том, что вся семья не должна употреблять фастфуды, полуфабрикаты высокой готовности и продукты быстрого приготовления, вызывающие привыкание из-за большого количества ароматизаторов и усилителей вкуса, подавляющие естественные вкусовые рецепторы человека. В семье на постоянной основе должен присутствовать режим питания именно как норма, а не как временной (диетический) период или демонстрационное пособие по воспитанию и обучению.

Определенную сложность в борьбе с лишним весом вызывает финансовый вопрос: давать или не давать так называемые «карманные» деньги ребенку? С одной стороны, отсутствие денежных средств не позволит молодым людям что-либо приобрести ни в магазине, ни в заведении быстрого питания, но с другой – такое полное ограничение может отрицательно воздействовать на неокрепшее сознание подростка и косвенно способствовать нарушению режима питания, если подросток долгое время находится вне дома. По нашему мнению, здесь опять же надо проводить тщательные беседы, находить компромиссы, приводить безоговорочные доводы, что для питания не обязательно покупать фастфуды или газированные напитки: достаточно сходить в столовую и приобрести первое и (или) второе блюдо, которое будет гораздо полезнее для организма.

Отдельным методом борьбы с ожирением являются, конечно же, силовые нагрузки, т. е. занятия какими-либо видами спорта. Этот метод известен достаточно давно и является, как правило, весьма действенным и проверенным. Однако относительно результативности данного метода у нас имеется своя

точка зрения, которая заключается в рационализации применения спортивной нагрузки. Суть нашей идеи состоит в том, что подростку необходимо предложить на выбор разные секции, дать возможность попробовать и проявить себя в них, обсудить с ним, а также с тренерами и врачами, что будет целесообразно, а не принудительно записывать его в секцию борьбы или атлетики. Принудительное давление и отсутствие личной заинтересованности и мотивации может не дать должного эффекта, или результат будет действовать лишь в течение какого-либо небольшого времени и велика вероятность регресса. Также важно учитывать состояние здоровья подростка, т. е. к какой категории здоровья он относится и какие нагрузки для него допустимы.

Таким образом, следует отметить, что если мы хотим заботиться о здоровье молодежи и сокращении распространения ожирения среди подрастающего поколения, то изучение причинно-следственных факторов набора веса и методов борьбы с ожирением будет недостаточным в полной мере. Не менее важной нам представляется просветительская работа по предупреждению об опасности и вреде ожирения родителей подростков. К сожалению, многие родители обращаются за советами на все возможные форумы и сайты, где им могут дать далеко не профессиональные советы и рекомендации. Ввиду этого, по нашему мнению, важно содействовать развитию справочных медицинских бюро и консультаций, чтобы родители подростков, а в частности и сами подростки, могли обратиться к профессионалам за квалифицированным советом.

Список использованных источников

1. Амбросьева, Е. Д., Физиология питания: учебник / Е. Д. Амбросьева. – М. : КноРус, 2019. – 305 с.
2. Бахтиярова, А. Р. Проблема ожирения у пациентов подросткового возраста / А. Р. Бахтиярова // Фундаментальная наука и клиническая медицина – человек и его здоровье : материалы XXV Междунар. медико-биологической конф. молодых исследователей, Санкт-Петербург, 16 апреля 2022 г. Т. XXV. – СПб. : Сциентиа, 2022. – С. 393–394.
3. Васюкова, А. Т. Физиология питания: учебное пособие / А. Т. Васюкова. – М. : КноРус, 2022. – 236 с.
4. Возрастные особенности гормонально-метаболического дисбаланса у юношей и взрослых мужчин с ожирением / Н. П. Гончаров [и др.] // Проблемы эндокринологии. – 2015. – Т. 61, № 3. – С. 30–36.
5. Костяева, В. В. Современное хореографическое искусство как средство лечения и профилактики ожирения лиц подросткового возраста / В. В. Костяева // Рос. журнал спортивной науки. – 2023. – Т. 2, № 1 (5).
6. Ожирение в подростковом возрасте / Ж. Козыбаева [и др.] // Sciences of Europe. – 2021. – Т. 2, № 85. – С. 8–11.
7. Пищевое поведение у детей подросткового возраста с ожирением / Ю. А. Грызлова [и др.] // Смоленский медицинский альманах. – 2023. – № 3. – С. 203–206.
8. Позняковский, В. М. Физиология питания / В. М. Позняковский, Т. М. Дроздова, П. Е. Влощинский. – 6-е изд., стер. – СПб. : Лань, 2022. – 432 с.
9. Трофимов, А. В. Современное положение проблемы детского и подросткового ожирения / А. В. Трофимов // Инновационные идеи молодых исследователей : сб. науч. ст. : материалы V Междунар. науч.-практ. конф., Уфа, 11 мая 2021 г. – Уфа : Вестн. науки, 2021. – С. 166–172.

УДК 613.2+641.1+57.083.32

С. А. Дурманова; Н. В. Цемборевич, кандидат медицинских наук

*Научно-исследовательский институт гигиены, токсикологии, эпидемиологии, вирусологии и микробиологии государственного учреждения «Республиканский центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья»,
г. Минск, Республика Беларусь*

ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К УПРАВЛЕНИЮ ПИЩЕВЫМИ АЛЛЕРГЕНАМИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ

Аннотация. В статье приведены подходы по управлению пищевыми аллергенами на этапах жизненного цикла специализированной пищевой продукции – от процесса производства до потребителя (анализ состава пищевой продукции, вероятность перекрестной контаминации, лабораторные исследования аллергенов в пищевой продукции и на технологических поверхностях, оценка программы производственного контроля, эффективность процесса деkontаминации пищевой продукции, вынесение на маркировку информации о непреднамеренной контаминации аллергенами, оценка обоснованности маркируемой информации об отнесении пищевой продукции к гипоаллергенной).

Ключевые слова: аллергены, специализированная пищевая продукция, контаминация, производственный контроль.

S. A. Durmanava; N. V. Tsemborevitch, Candidate of Medical Sciences

*Scientific-Research Institute of Hygiene, Toxicology, Epidemiology, Virology and Microbiology
of the State Institution “Republican Center of Hygiene, Epidemiology and Public Health”,
Minsk, Republic of Belarus*

HYGIENIC APPROACHES TO FOOD ALLERGEN MANAGEMENT IN THE PRODUCTION OF SPECIALIZED FOOD PRODUCTS

Abstract. The article presents approaches to food allergen management at the stages of the life cycle of specialized food products from the production process to the consumer (analysis of the composition of food products, the probability of cross-contamination, laboratory studies of allergens in food and on technological surfaces, evaluation of the production control program, the effectiveness of the process of decontamination of food products, putting information on labeling about unintentional contamination with allergens, assessment of the validity of the labeling).

Keywords: allergens, specialized food products, contamination, production control.

Введение. Проблема пищевой аллергии актуальна для многих стран, в том числе и для Республики Беларусь. Около 30 % населения в мире имеют *аллергические заболевания*. Значительную долю среди лиц с аллергическими заболеваниями составляют дети и подростки. Сенсибилизация к одному или нескольким широко распространенным аллергенам встречается у 40–50 % детей

школьного возраста [1]. У лиц, подверженных пищевым аллергиям, появляются симптомы различной степени выраженности в результате употребления продуктов, которые для большинства населения являются частью здорового рациона [2]. В структуре хронических аллергических заболеваний детского населения республики преобладает *атопический дерматит*. При этом у 80 % детского населения с атопическим дерматитом установлена связь данного заболевания с реакцией организма на пищевые продукты.

Национальными нормативными правовыми актами Республики Беларусь и Техническим регламентом Таможенного союза «Пищевая продукция в части ее маркировки» (ТР ТС 022/2011) [3] определен перечень из 15 групп наиболее распространенных компонентов пищевой продукции, употребление которых может вызвать аллергические реакции или противопоказано при отдельных видах заболеваний. К таким компонентам относятся: аспартам и аспартам-ацесульфама соль, диоксид серы и сульфиты, арахис, горчица, злаки, содержащие глютен, кунжут, люпин, моллюски, молоко (в том числе лактоза), орехи, ракообразные, рыба, сельдерей, соя, яйца и продукты их переработки. В случае применения при изготовлении продукции такие пищевые компоненты указываются на маркировке продукции в ингредиентном составе. При этом отсутствие в пищевой продукции ингредиентов, способных вызвать аллергию, не исключает риск непреднамеренной перекрестной контаминации (кросс-контаминации) аллергенами пищевой продукции в процессе ее производства. Наиболее актуальна проблема кросс-контаминации пищевыми аллергенами при производстве специализированной пищевой продукции, предназначенной для лиц, страдающих от непереносимости отдельных компонентов пищи.

Согласно Специфическим санитарно-эпидемиологическим требованиям к объектам промышленности по переработке сельскохозяйственной продукции, продовольственного сырья и производству пищевой продукции, утвержденным постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 5 марта 2019 г. № 146 [4], на объектах по производству пищевой продукции должен осуществляться производственный контроль, в том числе лабораторный, за соблюдением установленных требований в процессе производства, реализации, хранения, транспортирования продукции с учетом определения критических контрольных точек. При осуществлении производственного контроля производства отдельных видов специализированной пищевой продукции (безглютеновые продукты питания, безлактозные продукты питания, низколактозные продукты питания, продукты питания на основе полных или частичных гидролизатов белка, продукты питания со сниженным содержанием фенилаланина) должны приниматься меры по предотвращению попадания в готовую продукцию отдельных компонентов, употребление которых может вызвать аллергические реакции или противопоказано при отдельных видах заболеваний (глютен, лактоза, молоко, аспартам и аспартам-ацесульфама соль). При этом в Республике Беларусь в настоящее время нет четко установ-

ленных требований к обращению с ингредиентами, обладающими аллергенными свойствами или вызывающими непереносимость, при изготовлении пищевой продукции.

Основная часть. Для оценки риска кросс-контаминации специализированной пищевой продукции аллергенами в процессе ее производства в научно-исследовательском институте гигиены, токсикологии, эпидемиологии, вирусологии и микробиологии государственного учреждения «Республиканский центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья» (далее – Институт) в рамках реализации задания 06.03 «Разработать и внедрить комплекс мер по снижению риска здоровью, ассоциированного с контаминацией специализированной пищевой продукции ингредиентами, обладающими аллергенными свойствами или вызывающими непереносимость, при ее производстве» подпрограммы «Безопасность среды обитания человека» ГНТП «Научно-техническое обеспечение качества и доступности медицинских услуг», 2021–2025 гг., проведены исследования содержания белков-аллергенов (сои, яйца, горчицы, орехов, молока, ракообразных и др.) в специализированной пищевой продукции и на поверхностях объектов технологического окружения (технологическое оборудование, системы вентиляции и водоснабжения, материалы и изделия, контактирующие с пищевой продукцией). Исследования показали наличие остаточных количеств аллергенов, информация о которых отсутствовала на маркировке специализированной пищевой продукции, что указывает на необходимость внедрения на пищевых предприятиях мер по предотвращению кросс-контаминации специализированной пищевой продукции аллергенами.

Установлено, что основными путями кросс-контаминации аллергенами в процессе производства специализированной пищевой продукции являются: совместное хранение сырья, содержащего аллерген, и ингредиентов, не содержащих такие вещества; одновременное или последовательное использование оборудования; неэффективная очистка производственного окружения и оборудования; нерациональное размещение помещений, производственных линий, способствующих перекрестной контаминации аллергенами; повторное использование при производстве гипоаллергенных пищевых продуктов готовой продукции, содержащей аллергены (переработка); несоблюдение работниками правил личной гигиены, низкий уровень осведомленности в области рисков здоровью, связанных с пищевыми аллергенами.

Для целей разработки программ по минимизации непредумышленного попадания аллергенов в продукты питания на предприятиях пищевой промышленности Институтом разработан алгоритм лабораторного контроля содержания в пищевой продукции и технологическом окружении приоритетных аллергенов в процессе производства специализированной пищевой продукции (далее – Алгоритм), включающий анализ состава пищевой продукции, оценку вероятности перекрестной контаминации пищевой продукции аллергенами в процессе ее производства, анализ необходимости контроля наличия

аллергенов в пищевой продукции и на поверхностях объектов среды технологического окружения, лабораторные исследования на наличие аллергенов в пищевой продукции и на поверхностях объектов среды технологического окружения, обоснование необходимости дополнительной оценки программы производственного контроля, эффективности процесса деконтаминации пищевой продукции, вынесения на маркировку пищевой продукции информации о непреднамеренной контаминации аллергенами, оценку возможности вынесения на маркировку информации об отсутствии аллергенов в пищевой продукции, в том числе об отнесении пищевой продукции к гипоаллергенной. Объектами лабораторного контроля являются компоненты пищевой продукции, пищевая продукция, объекты среды технологического окружения.

При организации лабораторного контроля для определения критических контрольных точек составляется перечень аллергенов и пищевой продукции, их содержащей, проводится анализ производственного процесса, определяются технологические этапы и операции, которые представляют риск перекрестной контаминации аллергенами, оценивается уровень риска.

Планирование и оценка эффективности лабораторного контроля проводятся на основе следующей информации: перечень используемых при производстве пищевой продукции компонентов, содержащих аллергены; термостабильность белков, обладающих аллергенными свойствами; агрегатное состояние компонента, содержащего аллерген (твердое, жидкое, пастообразное); технологические операции, на которых используется компонент, включающий аллерген; количество компонента, содержащего аллерген, в готовой пищевой продукции; при производстве специализированной пищевой продукции – категория лиц, для которых предназначена пищевая продукция.

При оценке вероятности перекрестной контаминации пищевой продукции аллергенами учитываются использование при производстве пищевой продукции компонентов, обладающих аллергенными свойствами или вызывающих непереносимость; разработка и реализация требований к контролю содержания аллергенов в поставляемых компонентах пищевой продукции и их маркировке в части содержания аллергенов; обеспечение раздельного хранения компонентов пищевой продукции, содержащих и не содержащих аллергены; использование общих технологических линий для производства пищевой продукции, включающей аллергены, и гипоаллергенной пищевой продукции; реализация процедур очистки помещений, оборудования, инвентаря, спецодежды от остаточных количеств аллергенов; эффективность программы производственного контроля в части управления аллергенами, в том числе ее лабораторное подтверждение; уровень знаний работников объектов промышленности по переработке сельскохозяйственной продукции, продовольственного сырья и производству пищевой продукции в области рисков для здоровья, ассоциированных с аллергенами, и мер по управлению риском.

Согласно разработанному Алгоритму для контроля содержания аллергенов в пищевой продукции и среде технологического окружения используются

физико-химические методы анализа (титриметрический, высокоэффективной газовой хроматографии с диодно-матричным детектированием, высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием, жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием), метод иммуноферментного анализа, метод полимеразной цепной реакции.

Выбор метода контроля содержания приоритетных аллергенов в пищевой продукции и среде технологического окружения зависит от природы аллергена и его физико-химических свойств.

Заключение. С целью минимизации непредумышленного попадания аллергенов в продукты питания на предприятиях пищевой промышленности необходима разработка комплекса мероприятий по управлению аллергенами, который должен рассматриваться как расширение существующей системы управления безопасностью пищевой продукции. Разработанные подходы к организации лабораторного контроля содержания приоритетных аллергенов при производстве пищевой продукции направлены на профилактику заболеваний населения, ассоциированных с непереносимостью отдельных видов пищевой продукции, и могут использоваться при оценке обоснованности маркируемой информации об отнесении продукции к гипоаллергенной, а также при оценке эффективности программ производственного контроля на объектах промышленности по переработке сельскохозяйственной продукции, продовольственного сырья и производству пищевой продукции, в том числе специализированной.

Список использованных источников

1. Паттерсон, Л. К. Аллергические болезни. Диагностика и лечение / под ред. Л. К. Паттерсон, Л. К. Греммер, П. А. Гринберг. – М. : Гэотар-медиа, 2000. – 733 с.
2. Белая книга WAO по аллергии 2011–2012: резюме / под ред. Р. И. Сепиашвили, Т. А. Славянской. – М. : Медицина-Здоровье, 2011. – 12 с.
3. Пищевая продукция в части ее маркировки [Электронный ресурс] : ТР ТС 022/2011 : утв. решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. № 881 : вступ. в силу 01.07.2013 / Евраз. экон. комис. – Режим доступа: <http://www.eurasiancommission.org/ru/act/txnreg/deptexreg/tr/Documents/TrTsPishevkaMarkirovka.pdf> – Дата доступа: 12.07.2024.
4. Об утверждении специфических санитарно-эпидемиологических требований к объектам промышленности по переработке сельскохозяйственной продукции, продовольственного сырья и производству пищевой продукции [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 5 марта 2019 г., № 146 // КонсультантПлюс. Беларусь // ООО «Юр-Спектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2021.

УДК 613.2.038:616.12:577.118

**А. Г. Мойсеёнок, член-корреспондент НАН Беларуси,
профессор, доктор биологических наук;
А. А. Токарева, Т. В. Марочинская**

*Республиканское научно-исследовательское унитарное предприятие
«Институт биохимии биологически активных соединений
Национальной академии наук Беларуси»,
г. Гродно, Республика Беларусь*

**ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ КОРРЕКЦИИ ДИСБАЛАНСА
МИКРОНУТРИЕНТНОГО И МЕТАЛЛОПРОТЕОМНОГО
СТАТУСА В ПРЕДУПРЕЖДЕНИИ
МЕТАБОЛИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ ПРИ ХРОНИЧЕСКОЙ
СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ**

Аннотация. Приведена общая оценка эффективности диет (средиземноморская, DASH, низкокалорийные и др.) в предупреждении развития факторов риска и осложнений хронической сердечной недостаточности (ХСН). Представлены основные нутрицевтики, оказывающие влияние на формирование защитных факторов, предупреждающих воспалительное и токсическое поражение миокарда. Указана роль микробиоценоза в реализации эффекта диетических технологий и различных метаболитов (производных жирных и аминокислот) микроорганизмов кишечника на метаболический статус организма хозяина и пациентов ХСН. Обращено внимание на прогностическое значение биомаркера триметиламинооксида. Приведены основные результаты в коррекции дефицита железа и раскрытии функций ферропротеинов в предупреждении и лечении ХСН, обоснована необходимость комплексного подхода в устранении полимикронутриентной недостаточности в питании.

Ключевые слова: микронутриенты, микроэлементы, металлопротеом, биоценоз кишечника, сердечная недостаточность, диеты, кардиопротекция.

**A. G. Moiseenok, Corresponding Member of the National Academy of Sciences
of Belarus, Professor, Doctor of Biological Sciences;
H. A. Tokarava, T. V. Marachynskaya**

*Republican Research Unitary Enterprise "Institute of Biochemistry of Biologically Active
Compounds of the National Academy of Sciences of Belarus",
Grodno, Republic of Belarus*

**POSSIBLE WAYS TO CORRECT THE IMBALANCE OF MICRONUTRIENT
AND METALLOPROTEOMIC STATUS IN THE PREVENTION
OF METABOLIC DISORDERS IN CHRONIC CARDIOVASCULAR FAILURE**

Abstract. The article provides a general assessment of the effectiveness of diets (Mediterranean, DASH, low-calorie, etc.) in preventing the development of risk factors and complications of chronic heart failure (CHF). The main nutraceuticals that influence the formation of protective factors that prevent inflammatory and toxic damage to the myocardium are presented. The role of microbiocenosis

sis in implementing the effect of dietary technologies and various metabolites (derivatives of fatty and amino acids) of intestinal microorganisms on the metabolic status of the host organism and CHF patients is indicated. Attention is drawn to the prognostic value of the trimethylamineoxide biomarker. The main results in the correction of iron deficiency and the identification of the functions of ferroproteins in the prevention and treatment of CHF are presented, and the need for an integrated approach to eliminating polymicronutrient deficiency in nutrition is substantiated.

Keywords: micronutrients, trace elements, metalloproteome, intestinal biocenosis, heart failure, diets, cardioprotection.

Введение. Проблема профилактики и лечения хронической сердечной недостаточности (ХСН), несмотря на углубление знаний кардиологической науки и совершенствования лечебно-профилактических технологий, расширение спектра кардиологических средств, остается напряженной и характеризуется ростом распространенности и отягощенности различными видами осложнений. Усилия системы здравоохранения и кардиологического сообщества все более концентрируются на предупреждении декомпенсации ХСН, снижении госпитализации больных и смертности, которая у пациентов с клинически выраженной ХСН достигает 12 %. В связи с этим возникает необходимость углубленного анализа базисного уровня метаболического статуса организма, зависящего от особенностей питания человека, его индивидуальных особенностей, генетически детерминированных форм адаптации к изменению условий обитания, питания и места в социуме. В концентрированной форме это реализуется задачами кардионутрициологии, направленной на оптимизацию питания в целях профилактики и лечения сердечно-сосудистых заболеваний человека. Этой цели служит цикл лекций Российского кардиологического общества (РКО) в виде специализированных семинаров, а также всероссийские конгрессы «Нутрициология и диетология для здоровьесбережения населения России». Тематика аналогичных форумов в Беларуси близка к решению задач в области питания населения Союзного государства и СНГ, но требует углубленного и расширенного рассмотрения с точки зрения роли питания в первичной профилактике ХСН, обоснования проведения региональных мониторинговых исследований, оценки роли биоценоза в сохранении метаболической гармонии организма для различных групп населения Беларуси.

Цель исследований – провести сравнительную оценку распространенных диетических подходов в коррекции метаболического статуса пациентов с ХСН, определить роль баланса микроэлементов и факторов биоценоза кишечника в достижении лечебно-профилактического эффекта, обосновать необходимость стабилизации металлопротеома пациентов с ХСН для предупреждения осложнений и улучшения качества жизни.

Результаты и их обсуждение. Усилия отечественных ученых-нутрициологов сосредоточены на обосновании рекомендаций по диетологии сердечно-сосудистой патологии, на разработке новых критериев (биомаркеров) оценки нутритивного статуса, выявлении новых факторов риска патологии и ее осложнений, изучении особенностей функционирования микробиома и его

взаимодействия с метаболизмом организма хозяина. В нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Союзного государства внесены существенные изменения, уточняющие уровни физиологических потребностей, а также рекомендации по снижению потребления критически значимых для здоровья нутриентов (пищевой соли, добавленных сахаров, транс-изомерных жирных кислот), разработан комплекс показателей эталонного кишечного микробиома [1, 2]. Эти знания, подкрепленные развивающейся нутригеномикой, открывают новые возможности для совершенствования нутритивной поддержки пациентов с ХСН и формируют перспективу изучения и обоснования комплексного популяционного и индивидуального подхода к стабилизации метаболического статуса организма с использованием микронутриентных технологий. Как известно, роль микронутриентов в питании человека неоспорима и сохраняет свою актуальность для предупреждения дефицита витаминов D, группы B, антиоксидантных факторов, ряда микроэлементов, таких как железо, цинк, селен [3]. Установлена критическая роль дефицита железа в декомпенсации ХСН, преодолеваемой внутривенными инъекциями мальтозата железа. Сопутствующий дисбаланс микроэлементов, отчасти определяющий эффективность ферро-профилактики, изучен недостаточно, несмотря на то, что металлопротеомика охватывает не менее 30 % функционально активных белков в организме человека [4].

Общепринятый путь предупреждения нарушений микронутриентного статуса при ХСН, ключевой элемент первичной профилактики сердечно-сосудистой патологии – это здоровое питание, реализуемое в виде широко распространенных диет: средиземноморской (MedDiet, MediterraneanDiet), DASH-диеты (Dietary Approach to Stop Hypertension – диетические подходы для борьбы с гипертонией), низкокалорийные диеты и др. [5].

В оценке эффективности диетических подходов основная роль принадлежит данным эпидемиологических наблюдений и выяснению важнейших ингредиентов (нутрицевтиков), которые играют существенную роль в поддержании метаболического здоровья. На рис. 1 иллюстрируется эффективность основных нутриентов, обеспечивающих их профилактическое действие в отношении возникновения и прогрессирования сердечно-сосудистой патологии.

При этом имеется в виду существенное ограничение суточного потребления натрия до рекомендованного ВОЗ уровня – 2–2,5 г (но не ниже) с доказанным положительным эффектом (по результатам метаанализа) на симптомы заболевания и качество жизни пациентов, без заметного влияния на смертность и частоту госпитализаций [6]. Очевидный эффект приверженности к средиземноморской диете и некоторым ее модификациям заключается в снижении риска сердечной недостаточности, особенно у мужчин [7]. Предпочтение диеты DASH также уменьшает риск развития сердечной недостаточности, что связывают преимущественно с заменой красного и обработанного мяса на диетические продукты [8]. В оценке нутритивного подхода все большее значение



Рис. 1. Основные механизмы эффективности отдельных нутрицевтиков, обеспечивающих защиту организма от патогенного действия факторов риска развития ХСН [5].

Принятые сокращения: РААС – Ренин-ангиотензин-альдостероновая система;

ТМАО – триметиламиноксид

приобретают эффекты различных диет на микробиом кишечника, нарушения которого характерны для развития и прогрессирования ХСН. Было показано, что метаболиты микробов кишечника, включая короткоцепочечные жирные кислоты (КЦЖК), желчные кислоты, триметил-N-оксид (триметиламиноксид, ТМАО) и метаболиты аминокислот играют существенную роль в патогенезе нарушений метаболического гомеостаза при ХСН. Например, ТМАО – продукт микробного катаболизма карнитина, холина, бетаина или лецитина, неоднократно подтвержден как независимый предиктор неблагоприятного прогноза при ХСН и даже как терапевтическая мишень для предупреждения ремоделирования миокарда в комплексном лечении пациентов. Подчеркивается исключительная роль этого биомаркера для персонализированного диетического подхода [9].

С учетом метаболических взаимосвязей продуцентов микробиоценоза и общеорганизменного обмена веществ могут быть определены целевые эффекты различных диетических технологий, существенные для коррекции метаболических нарушений у пациентов с ХСН и их предупреждения (рис. 2).

Представленные данные указывают на роль метаболитов микробиоценоза, модифицированных диетическим фактором, в развитии системной воспалительной реакции, эндотоксемии, дисфункции кишечного барьера, эндо-

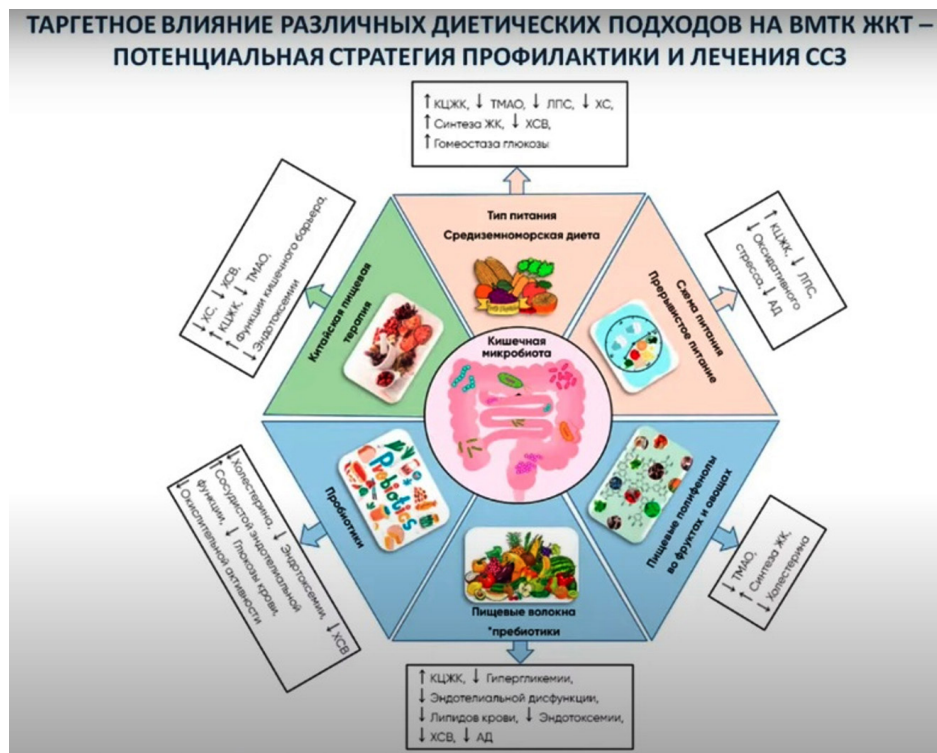


Рис. 2. Сравнительный эффект различных типов питания на вирусно-микробно-тканевой комплекс (ВМТК) желудочно-кишечного тракта, направленных на уменьшение факторов риска и неблагоприятных биомаркеров в стратегии профилактики и лечения сердечно-сосудистых заболеваний. Рисунок изменен и подготовлен на основании публикации [10].

Принятые сокращения: КЦЖК – короткоцепочечные жирные кислоты;

ЛПС – липополисахарид; ТМАО – триметиламиноксид;

ХСВ – хроническое системное воспаление, ХС – холестерин

телиальной системы, дислипидемии и нарушений антиоксидантного потенциала [10]. Фактически намечаются предпочтительные диеты, потенциально обладающие способностью предупреждения и коррекции метаболических нарушений при ХСН и сопутствующих заболеваниях (полиморбидность) или их осложнениях [10]. Тем не менее результаты клинических исследований, нацеленных на изучение метаболитов кишечной флоры, требуют дальнейшего изучения, хотя по показателю ТМАО получен убедительный ответ по его нормализации при потреблении низкокалорийных диет и кисломолочных продуктов [9].

Диетические подходы имеют решающее значение в изменении состава микробиоты или концентрации метаболитов микроорганизмов. По данным сравнительных исследований, только диетический подход модулирует кишечный микробиом в 70 % наблюдений и уступает только назначению пребиотиков (82 %) [11]. Обстоятельное исследование потребления омега-3 полиненасы-

щенных жирных кислот (в частности альфа-линоленовой кислоты) показало уменьшение частоты повторных госпитализаций пациентов с ХСН. Требуют дальнейшего уточнения данные о влиянии полифенолов на модуляцию сердечной недостаточности [12].

Важнейшим вопросом диетических стратегий при ХСН является нормализация микронутриентного статуса и в целом системы металлопротеома. Насколько это существенно в патогенезе и лечении ХСН в условиях полиморбидности и сопутствующих нарушений кровообращения, показывает ситуация с дефицитом микроэлемента железа, функциональная активность которого связывается с гемоглобином (синтез гема), многочисленных ферропротеинов, в частности, железо-серных кластеров – компонентов электронно-транспортной цепи митохондрий. Многофункциональная роль железа при развитии анемий, в том числе при ХСН, общеизвестна. Более распространен и признаетсяотягощающим фактором риска осложнений ХСН дефицит железа (ДЖ). ДЖ – это ключевой элемент в патогенезе сердечной недостаточности и ее прогрессировании, что предполагает прямую патогенетическую ассоциацию с возникновением ХСН с учетом причастности ферропротеинов в энергетике миокарда [13]. Исходя из неудовлетворительного опыта применения пищевого железа в диете пациентов с осложненной ХСН, сформирована стратегическая цель предупреждения и коррекции неанемического дефицита железа [14]. Существенным отягощающим фактором является системное воспаление, модифицирующее железопротеиновые системы и ограничивающее биодоступность микроэлемента. Новые подходы могут быть с использованием хеллатированных форм железа, в том числе наноформ, а также функциональных комплексов микроэлементов [13].

Для ХСН характерен многостадийный полимикроэлементный дефицит. Почти каноническим является низкий статус селена и селенопротеинов, в частности селенопротеина Р и глутатионпероксидаз – важнейших ферментов антиоксидантной защиты. Данные последних исследований указывают на роль селена в иммуномодуляции белков у пациентов с сердечной недостаточностью [15]. Развитие окислительной кардиомиопатии предупреждается металлотионеином посредством регуляции ферроптоза в миокарде [16]. Как ишемическое, так и атеросклеротическое поражение миокарда опосредованы нарушением функций матриксных металлопротеиназ, определяющих характер ремоделирования мышцы сердца. С учетом полиморфизма этих протеиназ обосновывается необходимость применения ингибиторов, исследование которых только начинается [17]. К сожалению, отсутствуют данные, позволяющие провести комплексную оценку роли металлопротеома в развитии ХСН, однако не вызывает сомнения необходимость сбалансированной коррекции микроэлементного статуса пациентов с сердечной недостаточностью для предупреждения осложнений заболевания и улучшения качества их жизни.

Список использованных источников

1. Тутельян, В. А. Международные и российские механизмы интеграции инноваций и опыта для оптимизации питания населения / В. А. Тутельян, Д. Б. Никитюк // Вопросы питания. – 2023. – Т. 92, № 3. – С. 5–14.
2. Тутельян, В. А. Ключевые проблемы в структуре потребления пищевой продукции и прорывные технологии оптимизации питания для здоровьесбережения населения России / В. А. Тутельян, Д. Б. Никитюк // Вопросы питания. – 2024. – Т. 93, № 1. – С. 6–21.
3. Коденцова, В. М. Витамины / В. М. Коденцова. – 2-е изд., перераб. – М. : Медицинское информационное агентство, 2023. – 528 с.
4. Окислительный стресс в интерактоме реактивных видов, интегрированных газотрансмиттерами, редокс-регуляцией, металлопротеинами при развитии хронической сердечной недостаточности / А. Г. Мойсеёнок [и др.] // Кислород и свободные радикалы : сб. материалов республиканской науч.-практ. конф. с междунар. участием, 16 мая 2024 г. [Электронный ресурс] / под ред. проф. В. В. Зинчука. – Электрон. текст. дан. и прогр. (объем, Мб). – Гродно : ГрГМУ, 2024. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – С. 86–89.
5. Nutraceuical support in heart failure: a position paper of the International Lipid Expert Panel (ILEP) / A. F. G. Cicero [et al.] // Nutrition Research Reviews. – 2020. – Vol. 33, № 1. – P. 155–179. doi:10.1017/S0954422420000049
6. Sodium Restriction in Patients With Heart Failure: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Clinical Trials / E. Colin-Ramirez [et al.] // Circ Heart Fail. – 2023. – Vol. 16, № 1. – P. e009879. doi:10.1161/CIRCHEARTFAILURE.122.009879.
7. The association of the Mediterranean diet with heart failure risk in a Dutch population / J. G. Strengers [et al.] // Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis. – 2021. – Vol. 31, № 1. – P. 60–66. doi:10.1016/j.numecd.2020.08.003.
8. The DASH diet is associated with a lower risk of heart failure: a cohort study / D. B. Ibsen [et al.] // Eur. J. Prev. Cardiol. – 2022. – Vol. 29, № 7. – P. 1114–1123. doi:10.1093/eurjpc/zwac003
9. Chaikijurajai, T. Gut Microbiome and Precision Nutrition in Heart Failure: Hype or Hope? / T. Chaikijurajai, W. H. W. Tang // Curr. Heart. Fail. Rep. – 2021. – Vol. 18, № 2. – P. 23–32. doi:10.1007/s11897-021-00503-4
10. Zhang, X. Diet-gut microbiota interactions on cardiovascular disease / X. Zhang, P. Gérard // Comput. Struct. Biotechnol. J. – 2022. – Vol. 20. – P. 1528–1540. doi:10.1016/j.csbj.2022.03.028
11. Ghosh, T. S. Evidence for clinical interventions targeting the gut microbiome in cardiometabolic disease / T. S. Ghosh, A. M. Valdes // BMJ. – 2023. – Vol. 383. – P. e075180. doi:10.1136/bmj-2023-075180
12. Impact of polyphenols on heart failure and cardiac hypertrophy: clinical effects and molecular mechanisms / N. Hedayati [et al.] // Front Cardiovasc Med. – 2023. – Vol. 10. – P. 1174816. doi:10.3389/fcvm.2023.1174816
13. Эссенциальность и дефицит железа в питании: углубление известной проблемы нутрициологии / А. Г. Мойсеёнок [и др.] // Пищевая промышленность и наука. – 2023. – Т. 16, № 2 (60). – С. 31–39.
14. Lakhal-Littleton, S. Iron deficiency and supplementation in heart failure / S. Lakhal-Littleton, J. G. F. Cleland // Nat. Rev. Cardiol. – 2024. – Vol. 21, № 7. – P. 463–486. doi:10.1038/s41569-024-00988-1
15. Biomarker and transcriptomics profiles of serum selenium concentrations in patients with heart failure are associated with immunoregulatory processes / A. A. Al-Mubarak [et al.] // Redox Biol. – 2024. – Vol. 70. – P. 103046. doi:10.1016/j.redox.2024.103046
16. Metallothionein Alleviates Glutathione Depletion-Induced Oxidative Cardiomyopathy through CISD1-Dependent Regulation of Ferroptosis in Murine Hearts / F. J. Li [et al.] // Am. J. Pathol. – 2024. – Vol. 194, № 6. – P. 912–926. doi:10.1016/j.ajpath.2024.02.009
17. Matrix metalloproteinases in coronary artery disease and myocardial infarction / H. Bräuninger [et al.] // Basic Res. Cardiol. – 2023. – Vol. 118, № 1. – P. 18. doi:10.1007/s00395-023-00987-2

УДК 664.8

¹М. Л. Зенькова, кандидат технических наук, доцент;

²В. Н. Тимофеева, кандидат технических наук, доцент;

²С. В. Волкова, кандидат технических наук, доцент

¹*Учреждение образования «Белорусский государственный
экономический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь*

²*Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий,
г. Могилёв, Республика Беларусь*

ВЫЯВЛЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ВИДОВ ЗЕРНОВОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КОНСЕРВИРОВАННЫХ ПРОДУКТОВ

Аннотация. Проведение исследований по выявлению перспективных видов зернового сырья для консервного производства, позволяющих обеспечивать получение новых пищевых продуктов высокого качества.

Ключевые слова: тритикале, пшеница, рожь.

¹M. L. Zenkova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

²V. N. Timofeeva, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

²S. V. Volkova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

¹*Educational Institution “Belarusian State Economic University”, Minsk, Republic of Belarus*

²*Belarusian State University of Food and Chemical Technologies,
Mogilev, Republic of Belarus*

IDENTIFICATION OF PROMISING TYPES OF GRAIN RAW MATERIALS FOR THE PRODUCTION OF CANNED PRODUCTS

Abstract. Conducting research to identify promising types of grain raw materials for canning production, allowing for the production of new high-quality food products.

Keywords: triticale, wheat, rye.

В настоящее время в консервной промышленности усиливается тенденция перехода на современные технологии с целью повышения эффективности производства в целом и получения продуктов питания с заданными качественными и органолептическими показателями. В частности, одним из прогрессивных направлений является использование в качестве основного сырья различных видов зерновых культур. Повсеместно распространенной и возделываемой зерновой культурой в Республике Беларусь является в основном рожь. Это обусловлено тем, что рожь является культурой, которая наиболее адаптирована к климатическим условиям Беларуси. Рожь содержит меньше крахмала, чем пшеница. Крахмал очень близок по свойствам к крахмалу пше-

ницы, однако рожь содержит большее количество свободных сахаров (до 7 %, остальные злаки – от 2 до 4 % от общего содержания углеводов), частично распадающихся при тепловой обработке. Однако повышенное содержание аминокислот, по сравнению с другими культурами, делает продукты переработки ржи более ценными [1].

Тритикале, которая является пшенично-ржаным гибридом, также популярна среди возделываемых культур. В зависимости от состава исходных форм различают двухвидовые (пшеница + рожь) и трехвидовые (озимая твердая пшеница + озимая мягкая пшеница + рожь) гибриды [2].

У ржи и тритикале прослеживается общая тенденция – последовательное увеличение показателя содержания белка в зерне от нижней части колоса к верхней и рост массы одного зерна от нижней части колоса к средней и верхней. У пшеницы содержание белковых веществ увеличивается при движении снизу колоса к середине и постепенно уменьшается к его вершине. Так изменяется белковость и масса одного зерна у некоторых злаковых культур, в зависимости от местоположения зерен в колосе.

Питательная биологическая ценность белка зависит от содержания в нем незаменимых аминокислот. В зерне тритикале, так же как и в других зерновых культурах, содержится важнейшая, незаменимая аминокислота – *лизин*, которой в белке чаще всего не хватает. Поэтому содержание лизина в зерне тритикале может служить показателем общего качества белка. По содержанию лизина тритикале значительно превосходит пшеницу, в зерне которого его имеется около 3 % от общего количества белка. Тритикале по своим пищевым качествам превосходит пшеницу, а по хлебопекарным качествам превосходит рожь [3].

С целью выявления перспективных видов зернового сырья для производства консервированных продуктов использовали выращенные в Республике Беларусь зерновые культуры – тритикале, пшеницу и рожь.

В начале работы определяли основные показатели химического состава данных зерновых культур и проводили их сравнительную оценку. В исследуемом зерне выявляли следующие показатели: натуру, абсолютную массу, влажность, содержание крахмала, белка, аминный азот, редуцирующие сахара, титруемую кислотность, энергию и способность прорастания. Результаты исследований представлены в таблице.

Как следует из данных таблицы, такие показатели, как натура и абсолютная масса, выше были у пшеницы, что говорит о хорошей ее выполненности.

Значения влажности представленных зерновых культур находились в пределах допустимых норм. Это дает основание предполагать, что эти культуры могут храниться длительное время без протекания каких-либо биохимических процессов внутри зерна.

Содержание крахмала было наиболее высоким в пшенице – 58,48 %, наименьшим – во ржи – 51,30 %. Зерно тритикале по содержанию крахмала имело промежуточное значение между пшеницей и рожью.

Показатели качества зернового сырья

Показатель	Тритикале	Пшеница	Рожь
Натура, г/дм ³	716,00	731,00	675,00
Абсолютная масса, г	51,40	52,92	46,80
Влажность, %	11,4	11,9	12,1
Содержание крахмала, %	52,36	58,48	51,30
Содержание белка, %	12,8	13,2	11,4
Содержание аминного азота, мг/100 г	2,16	1,92	2,74
Титруемая кислотность, град.	1,42	2,00	1,51
Содержание редуцирующих сахаров, %	0,60	0,52	1,93
Способность прорастания, %	91,8	93,0	92,1
Энергия прорастания, %	95,6	96,8	96,5

Содержание белка с технологической точки зрения является важным составляющим в производстве пищевых продуктов. По количеству данного нутриента превосходила пшеница, чуть меньше белка было у тритикале и наименьшим значением характеризовалась рожь.

Аминным азотом было наиболее богато зерно ржи – 2,74 мг/100 г. Меньше всего аминного азота содержалось в пшенице – 1,92 мг/100 г.

Титруемая кислотность характеризует интенсивность физиолого-биохимических процессов, происходящих в зерновых культурах при их хранении. Увеличение данного параметра свидетельствует об активизации процессов жизнедеятельности зерна, приводящих к изменению его химического состава и ухудшению качества. Данные зерновые культуры характеризовались титруемой кислотностью в пределах допустимых норм.

Наибольшее содержание редуцирующих сахаров было выявлено у ржи – 1,93 %, наименьшее – в пшенице – 0,51 %.

Самая высокая жизнеспособность наблюдалась у пшеницы, так как способность прорастания и энергия были выше, чем у других культур и составили 93,0 и 96,8 % соответственно. Самая низкая жизнеспособность у зерна тритикале, так как способность прорастания и энергия имели самые низкие значения и составили 91,8 и 95,6 % соответственно.

Таким образом, основные показатели химического состава данных зерновых культур удовлетворяют требованиям, предъявляемым для продовольственного зерна, и могут быть использованы в производстве консервированных продуктов.

Следующим этапом исследований являлось определение оптимальных параметров проращивания зернового сырья для использования в консервной промышленности.

Зерно трижды промывали в водопроводной воде, затем замачивали, чередуя воздушные и водяные паузы. Проращивали зерно при разных температурах – 15 и 20 °С. Через 24, 48 и 72 ч в зерне определяли содержание белка и крахмала.

Результаты исследований представлены на рис. 1–4.

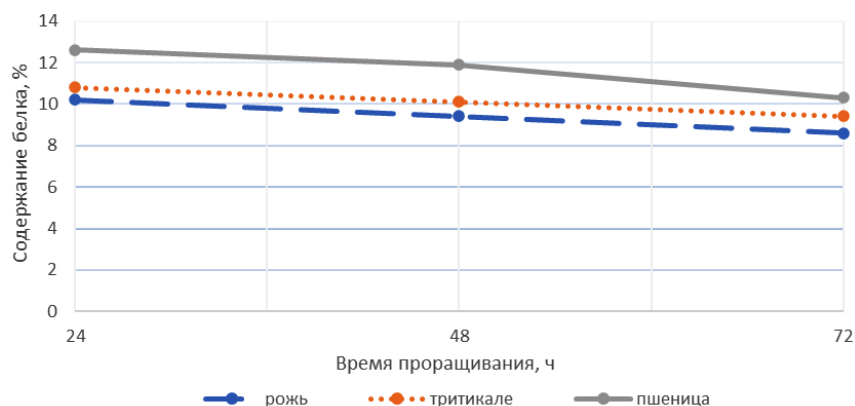


Рис. 1. Изменение содержания белка в процессе проращивания зерна при температуре 15 °C

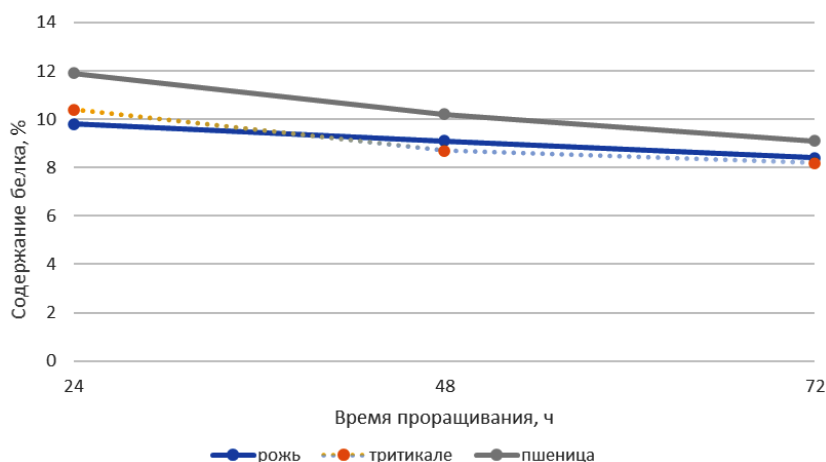


Рис. 2. Изменение содержания белка в процессе проращивания зерна при температуре 20 °C

В соответствии с данными, представленными на рис. 1–4, во время проращивания содержание таких важных нутриентов, как белок и крахмал, снижалось. Причем интенсивность уменьшения зависела от температуры проращивания. С повышением температуры с 15 до 20 °C содержание белка в пшенице и тритикале уменьшалось на 1–2 %, во ржи – в среднем на 0,5 %. Содержание крахмала с повышением температуры снижалось на 3–6 %.

Таким образом, анализируя полученные данные, можно сделать вывод о том, что использование зернового сырья в производстве консервированной продукции является перспективным направлением. Подбор зернового сырья зависит от моделирования процесса проращивания, качества и нутриентного состава готового консервированного продукта. Возможным направлением в консервной промышленности является обогащение продуктов сложными углеводами и растительным белком.

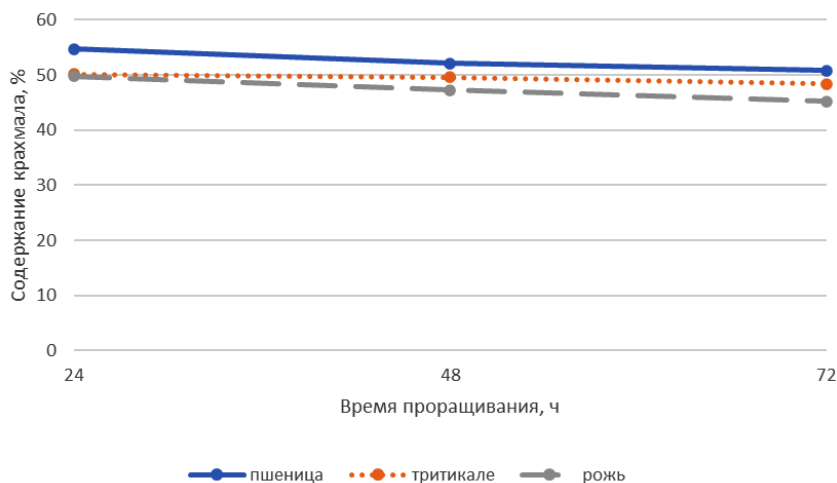


Рис. 3. Изменение содержания крахмала в процессе проращивания зерна при температуре 15 °C

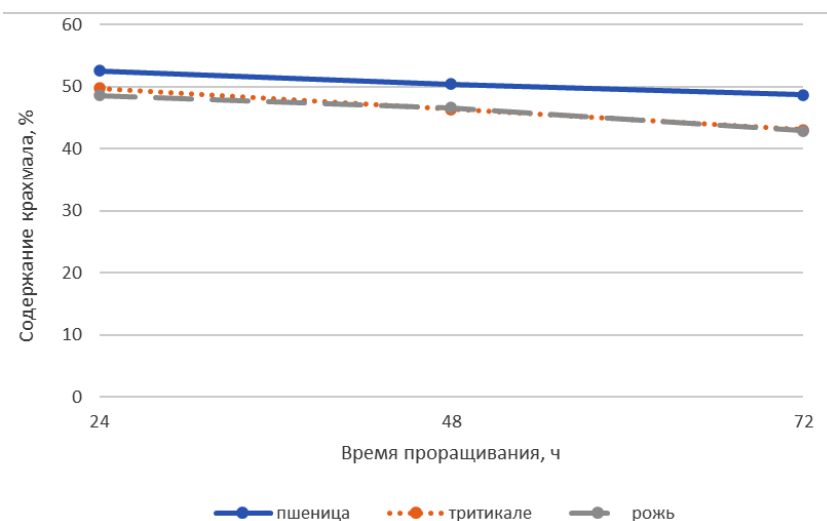


Рис. 4. Изменение содержания крахмала в процессе проращивания зерна при температуре 20 °C

Список использованных источников

1. Казаков, Е. Д. Биохимия зерна и хлебопродуктов / Е. Д. Казаков, Г. П. Карпиленко. – М. : Пищепромиздат, 2005. – 512 с.
2. Козьмина, Н. П. Зерноведение (с основами биохимии растений) / Н. П. Козьмина, В. А. Гунькин, Г. М. Сусянок. – М. : Пищепромиздат, 2006. – 464 с.
3. Жмакина, О. А. Сравнение биологической ценности белков зерна пшеницы, ржи и тритикале / О. А. Жмакина, В. Г. Рядчиков, В. Л. Кретович // Прикладная биохимия и микробиология. – 1977. – Т. XIII, вып. 4. – 595 с.

УДК 577.16

Е. Е. Бородина;
О. В. Козлова, доктор технических наук, доцент

*Федеральное государственное бюджетное общеобразовательное учреждение
высшего образования «Кемеровский государственный университет»,
г. Кемерово, Российская Федерация*

МИКРОВОДОРОСЛИ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ВИТАМИНОВ

Аннотация. Микроводоросли могут синтезировать все необходимые для здоровья человека водорастворимые (витамины группы В и витамин С) и жирорастворимые витамины (витамины А, Е, К₁ и D), в некоторых случаях в них находится больше витаминов, чем во многих растениях. На сегодняшний день широкий интерес представляют такие роды, как *Chlorella* и *Nannochloris*.

Ключевые слова: микроводоросли, *Chlorella*, *Nannochloris*, витамин А, витамин К₁, витамин Е, витамин D, витамин С, витамины группы В.

Е. Е. Borodina;
O. V. Kozlova, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
“Kemerovo State University”, Kemerovo, Russian Federation*

MICROALGAE AS PROMISING SOURCES OF VITAMINS

Abstract. Microalgae can synthesize all the water-soluble (B vitamins and vitamin C) and fat-soluble vitamins (vitamins A, E, K₁ and D) necessary for human health, in some cases they contain even more vitamins than in many plants. Today, such genera as *Chlorella* and *Nannochloris* are of wide interest.

Keywords: microalgae, *Chlorella*, *Nannochloris*, vitamin A, vitamin K₁, vitamin E, vitamin D, vitamin C, vitamins B.

Микроводоросли – вид микроорганизмов, которые могут являться потенциальными источниками возобновляемого питания, а также диетическими добавками на основе водорослей в виде цельной биомассы [1]. Они синтезируют многочисленные вторичные метаболиты, включая потенциально полезные биологически активные вещества, такие как антиоксиданты, жирные кислоты, белки, растительные пигменты, витамины и др. В результате различных исследований у данных видов микроорганизмов определены более 1000 биологически активных метаболитов, предсказанных у этих видов микроорганизмов [2]. Так, например, род *Chlorella* и *Arthrospira* или их очищенные экстракты содержат жирные кислоты (например, омега-3), а также растительные пигменты (хлорофилл и каротиноиды) [1].

Витамины – органические соединения, необходимые для жизни и здоровья человека микроэлементы. Они являются коферментами, гормонами, антиоксидантами, медиаторами клеточной сигнализации и регуляторами роста или дифференцировки клеток и тканей. Витамины можно разделить на две большие группы [3, 4]: водорастворимые (С, группы В); жирорастворимые (А, D, Е и К).

Большинство витаминов синтезируются только растениями, однако некоторые витамины группы В и витамин К в основном производятся бактериями [5]. Таким образом, витамины имеют большое значение для здоровья человека, однако они либо мало синтезируются, либо не синтезируются в организме, поэтому необходимо получать их вместе с пищей [3].

Микроводоросли потенциально могут быть чрезвычайно полезны в качестве производителей витаминов. В последнее время большой интерес в качестве источников витаминов представляют микроводоросли родов *Chlorella* и *Nannochloris* [3]. В таблице представлено содержание витаминов в данных родах микроводорослей.

Содержание отдельных витаминов в родах *Chlorella* и *Nannochloris*

Род микроводоросли	Витамин	Содержание	Источник
<i>Chlorella</i>	Витамин А	От 0,01 до 0,65 мг/г сухой массы	[3]
	Витамин D	В среднем 0,004 мкг/г сухой массы	
	Витамин Е	От 0,01 до 2 мг/г сухой массы	
	Витамин К ₁	В среднем 0,73 мкг/г сухой массы	
	Витамин В ₁	От 18 до 23 мкг/г сухой массы	
	Витамин В ₂	От 20 до 68 мкг/г сухой массы	
	Витамин В ₃	От 0,15 до 250 мкг/г сухой массы	
	Витамин В ₅	От 21,4 до 190 мкг/г сухой массы	
	Витамин В ₆	От 1,9 до 25 мкг/г сухой массы	
	Витамин В ₇	От 0,45 до 1,1 нг/г сухой массы	
	Витамин В ₉	От 3,4 до 34 мкг/г сухой массы	
	Витамин В ₁₂	От 0,08 до 2,5 нг/г сухой массы	
	Витамин С	От 0,10 до 15,0 мг/г сухой массы	
<i>Nannochloris</i>	Витамин А	От 0,05 до 0,08 мг/г сухой массы	[3]
	Витамин D	От 0,2 до 3,0 мкг/г сырой массы	[6]
	Витамин Е	От 0,02 до 4,72 мг/г сухой массы	[3]
	Витамин К ₁	В среднем 0,17 мкг/г сухой массы	
	Витамин В ₁	В среднем 70 мкг/г сухой массы	
	Витамин В ₂	От 22 до 25 мкг/г сухой массы	
	Витамин В ₃	В среднем 0,12 мкг/г сухой массы	
	Витамин В ₅	Информация отсутствует	
	Витамин В ₆	В среднем 3,6 мкг/г сухой массы	
	Витамин В ₇	В среднем 1,1 нг/г сухой массы	
	Витамин В ₉	От 17 до 22 мкг/г сухой массы	
	Витамин В ₁₂	От 0,3 до 1,7 нг/г сухой массы	
	Витамин С	В среднем 5,24 мг/г сухой массы	

Данные микроводоросли содержат следы витаминов В₇ и В₁₂, в то время как в сухой массе рода *Nannochloris* обнаружены только следы витамина В₃, а про содержание витамина В₅ информация отсутствует. Роды микроводорослей *Chlorella* и *Nannochloris* в 1 г сухой биомассы содержат до 65 и 8 % от суточной нормы витамина А соответственно; до 0,13 и 60 (в сырой биомассе) % витамина D; до 8,3 и 20 % витамина Е; до 1,6 и 0,4 % витамина К₁; до 2,1 и 6,4 % витамина В₁; до 5,7 и 2,1 % витамина В₂; до 2,0 % витамина В₃; до 4,8 % витамина В₅; до 1,7 и 0,24 % витамина В₆; до 12,4 и 7,9 % витамина В₉; до 30 и 10,5 % витамина С. Исследователи A. Del Mondo et al. не определяли содержание витамина В₅ в роде *Nannochloris*.

Таким образом, использование биомассы микроводорослей для разработки продуктов, полезных для здоровья, таких как функциональные и специализированные продукты питания, содержащие большое количество витаминов и других нутриентов, является перспективным направлением в пищевой биотехнологии.

Список использованных источников

1. Barkia, I. Microalgae for High-Value Products Towards Human Health and Nutrition [Electronic resource] / I. Barkia, N. Saari, S. R. Manning // Mar. Drugs. – 2019. – Vol. 17. – P. 304. – Mode of access: <https://doi.org/10.3390/md17050304>. – Date of access: 15.08.2024.
2. Manning, S. R. Impact of Global Warming on Water Toxicity: Cyanotoxins / S. R. Manning, D. R. Nobles // Curr. Opin. Food Sci. – 2017. – Vol. 18. – P. 14–20.
3. Challenging microalgal vitamins for human health [Electronic resource] / A. Del Mondo [et al.] // Microb. Cell. Fact. – 2020. – Vol. 19. – P. 201. – Mode of access: <https://doi.org/10.1186/s12934-020-01459-1>. – Date of access: 15.08.2024.
4. Создание функционального творожного продукта с добавлением нетрадиционного сырья [Электронный ресурс] / Е. Е. Воробьева [и др.] // Вестн. Воронежского гос. ун-та инженерных технологий. – 2022. – Т. 84, № 4. – С. 80–88. – Режим доступа: <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2022-4-80-88>. – Дата доступа: 15.08.2024.
5. Croft, M. T. Algae need their vitamins [Electronic resource] / M. T. Croft, M. J. Warren, A. G. Smith // Eukaryot Cell. – 2006. – Vol. 5, № 8. – P. 1175–1183. – Mode of access: <https://doi.org/10.1128/EC.00097-06>. – Date of access: 15.08.2024.
6. UVB exposure stimulates production of vitamin D3 in selected microalgae [Electronic resource] / A. Ljubic [et al.] // Algal Research. – 2021. – Vol. 59. – P. 102472. – Mode of access: <https://doi.org/10.1016/j.algal.2021.102472>. – Date of access: 15.08.2024.

УДК 637.049:668.411

¹Е. В. Хайдукова, кандидат технических наук, доцент;

²А. Л. Новокшанова, доктор технических наук, доцент

¹ФГБОУ «Вологодская государственная академия имени Н. В. Верещагина»,
г. Вологда, Российская Федерация

²ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии
и безопасности пищи», г. Москва, Российская Федерация

АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ ПОБОЧНОГО МОЛОЧНОГО СЫРЬЯ С АРАБИНОГАЛАКТАНОМ

Аннотация. Методом перманганатометрии изучена антиоксидантная активность молочно-растительных систем из обезжиренного молока, пахты и сыворотки в присутствии арабиногалактана. Количество добавленного арабиногалактана варьировали от 1,5 до 10,0 % от массы молочного сырья. В качестве контроля использованы водные растворы арабиногалактана. Установлена положительная корреляция между антиоксидантной активностью и количеством добавленного арабиногалактана, как в контрольных, так и в опытных образцах. Также установлено, что антиоксидантная активность зависела от содержания белка в молочном сырье.

Ключевые слова: арабиногалактан, обезжиренное молоко, пахта, сыворотка, антиоксидантная активность.

¹E. V. Khaidukova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

²A. L. Novokshanova, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

¹FSBEI "The Vereshchagin Vologda State Dairy Farming Academy",
Vologda, Russian Federation

²FSBOS "Federal Research Center of Nutrition, Biotechnology and Food Safety",
Moscow, Russian Federation

ANTIOXIDANT ACTIVITY OF DAIRY BY-PRODUCTS WITH ARABINOGALACTAN

Abstract. The antioxidant activity of dairy-vegetable systems from skim milk, buttermilk and whey in the presence of arabinogalactan was studied using permanganatometry. The amount of added arabinogalactan varied from 1,5 to 10,0 % by weight of milk raw materials. Aqueous solutions of arabinogalactan were used as a control. A positive correlation was established between antioxidant activity and the amount of added arabinogalactan, both in control and experimental samples. It was also found that antioxidant activity depended on the protein content of milk raw materials.

Keywords: arabinogalactan, skimmed milk, buttermilk, whey, antioxidant activity.

Введение. Медико-биологические исследования указывают на существование взаимосвязи между окислительным стрессом в клеточных структурах различных тканей и множественными заболеваниями человека. Результатами окислительного стресса в организме человека под действием свободных ради-

калов могут быть: нарушение целостности клеточных мембран, повреждение органелл, деструкция важных регуляторных структур и потеря ими биологической активности.

Все живые организмы имеют собственные системы защиты от нерегулируемых окислительных процессов. Такие системы получили название *антиоксидантные*, их основная функция заключается в снижении активности и блокировании свободных радикалов – главных метаболитов свободно-радикального окисления. Например, у человека и сельскохозяйственных животных антиоксидантные системы подразделяют на *ферментные* и *неферментные*.

По данным эпидемиологических наблюдений нутритивные факторы имеют большое значение в формировании антиоксидантной защиты человека. Установлено, что рационы, богатые антиоксидантами, положительно коррелируют с лучшим качеством жизни в пожилом возрасте и с большей продолжительностью жизни человека. Природные источники антиоксидантов – это, прежде всего, растительные продукты.

Химическая природа антиоксидантов весьма разнообразна. Многие из них содержат первично окисленные ароматические группировки. Именно благодаря дегидрированию фенольного гидроксила до карбонильного атома происходит обрыв цепи свободно-радикального окисления. Основными полифенолами растительного сырья являются антоцианы, фенольные и гидроксibenзойные кислоты, танины [1]. Кроме фенольных соединений антиоксидантную активность (АОА) могут проявлять и другие вещества. Например, известно о нативных антиоксидантных системах молока, отличающихся большим разнообразием.

К антиоксидантной системе молока относятся витамины, каротиноиды, флавоноиды, ферменты (ксантинооксидаза, каталаза, лактопероксидаза), серо-содержащие аминокислоты (цистеин), пептиды, белки (лактоферрин), небелковые азотистые соединения (мочевая кислота) и др. Эти соединения имеют гидрофильную (витамин С), липофильную (витамин А, Е, каротиноиды) или амфифильную (флавоноиды) природу. Поэтому химизм антиоксидантных свойств этих веществ существенно отличается: связывание активных форм кислорода, нейтрализация радикалов различного строения, блокирование ионов металлов в виде солей хелатного типа, окисление сульфгидрильных групп (-SH), инактивации микроорганизмов [2].

Как показали некоторые исследования, казеин, его фосфопептиды и сывороточные белки способны проявлять АОА путем связывания железа в липидных и водных фазах пищевых систем [3, 4]. Хелатирование свободных ионов металла аминокислотными остатками, а также захват свободных радикалов SH-группами сывороточных белков считаются ключевыми факторами АОА белков молока [5]. Антиоксидантная способность сывороточных белков обусловлена также тем, что они увеличивают уровень фермента глутатионпероксидазы в организме, который считается одним из наиболее сильных антиоксидантных белков [6].

В технологических процессах, например, при ферментации молочных продуктов, из α -лактальбумина, β -лактоглобулина и казеина образуется большое количество антиоксидантных пептидов, что определяет рост антиоксидантной активности в этих продуктах [7].

Однако у россиян на протяжении многих лет существует недостаток молочных продуктов, овощей и фруктов в рационе. К тому же при технологической и кулинарной обработке нативные антиоксиданты могут утратить свою активность. Поэтому разработка специализированных пищевых продуктов (СПП) антиоксидантного профиля путем комбинирования молочного и растительного сырья – это активно обсуждаемая тема.

Объектом исследования в данной работе служила АОА побочного молочного сырья (обезжиренное молоко, пахта, сыворотка) с арабиногалактаном.

Арабиногалактан активно используется в пищевой промышленности в качестве загустителя и стабилизатора. В Российской Федерации налажено промышленное производство данного пищевого ингредиента. Сырьем для получения арабиногалактана служит лиственница, в состав древесины которой входит до 35 % этого вещества. Арабиногалактан относится к группе пищевых волокон, является полисахаридом разветвленного строения. Его основная цепь построена из остатков β , D-галактопиранозы, соединенных гликозидными связями в позициях 1 $\rightarrow$ 3. В качестве боковых ответвлений в позициях 1 $\rightarrow$ 6 присутствуют моносахариды (β , D-галактопираноза и β , D-арабинофураноза) и уроновые кислоты (глюкуроновая) [8]. Свою химическую активность арабиногалактан проявляет благодаря наличию функциональных гидроксильных (-ОН) и карбоксильных (-COOH) групп.

Гипотетически можно предположить, что арабиногалактан способен не только усиливать антиоксидантные свойства молочного сырья, но и впоследствии оказать положительное влияние на хранимостпособность готовой продукции.

Материалы и методы исследования. В эксперименте использовали коммерческий препарат арабиногалактана торговой марки «Лавитол» промышленного производства, производитель – ЗАО «Аметис», г. Благовещенск, Россия. При идентификации по внешнему виду ингредиент представлял собой сухое порошкообразное вещество кремового цвета, без запаха и вкуса.

Контрольные образцы готовили, растворяя арабиногалактан в питьевой воде, соответствующей требованиям действующих гигиенических нормативов [9].

Опытные образцы готовили с использованием вторичного молочного сырья:

- молоко обезжиренное, полученное в результате сепарирования молока коровьего по ГОСТ 31658-2012 «Молоко обезжиренное – сырье. Технические условия», не подвергалось термической обработке и предназначено для промышленной переработки;

- пахта, полученная при производстве масла сладкосливочного и соответствующая требованиям ГОСТ 34354-2017 «Пахта и напитки на ее основе. Технические условия», непастеризованная;

– сыворотка, полученная при производстве творога и соответствующая ГОСТ 34352-2017 «Сыворотка молочная – сырье. Технические условия», непастеризованная.

В опытных образцах анализировали массовые доли белка, жира и углеводов инструментальным экспресс-методом [10]. Содержание сухих веществ в образцах определяли методом высушивания [11]. Для определения АОА использовали метод перманганатометрии [12].

Результаты и их обсуждение. Массовая доля белка в обезжиренном молоке составляла $(3,36 \pm 0,02) \%$, в пахте и сыворотке, соответственно $(3,09 \pm 0,01) \%$ и $(0,46 \pm 0,04) \%$. Массовая доля жира в обезжиренном молоке составляла $(0,05 \pm 0,01) \%$, в пахте и сыворотке, соответственно $(0,42 \pm 0,04) \%$ и $(0,05 \pm 0,020) \%$. Содержание сухих веществ в образцах возрастало с увеличением количества добавленного арабиногалактана, как показано в таблице.

Содержание арабиногалактана и сухих веществ в образцах

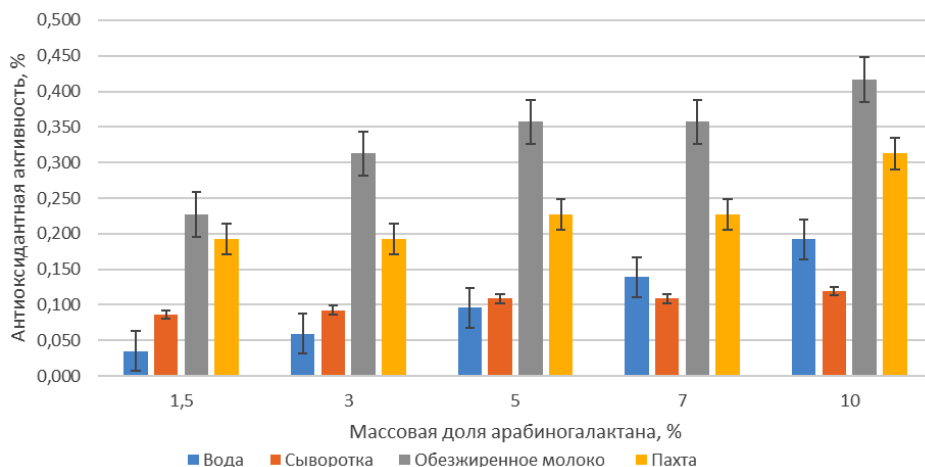
Массовая доля арабиногалактана, %	Массовая доля сухих веществ, %			
	Вода	Обезжиренное молоко	Пахта	Сыворотка
0,0	–	$9,08 \pm 0,52$	$8,09 \pm 0,21$	$5,72 \pm 0,04$
1,5	$1,50 \pm 0,01$	$10,58 \pm 0,52$	$9,59 \pm 0,21$	$7,22 \pm 0,04$
3,0	$3,00 \pm 0,01$	$12,08 \pm 0,52$	$11,09 \pm 0,21$	$8,72 \pm 0,04$
5,0	$5,00 \pm 0,01$	$14,08 \pm 0,52$	$13,09 \pm 0,21$	$10,72 \pm 0,04$
7,0	$7,00 \pm 0,01$	$16,08 \pm 0,52$	$15,09 \pm 0,21$	$12,72 \pm 0,04$
10,0	$10,00 \pm 0,01$	$19,08 \pm 0,52$	$18,09 \pm 0,21$	$15,72 \pm 0,04$

На основании того, что используемое молочное сырье классифицируется как низкожирное, при определении его АОА использовали методику, применяемую в исследованиях фруктовых сиропов натуральных и идентичных натуральным [12]. Химизм этого метода включает взаимодействие биологически активных веществ (БАВ) восстанавливающего характера с перманганатом калия в кислой среде. В основе превращения лежит окислительно-восстановительная реакция, в которой перманганат-анион MnO_4^- восстанавливается до катиона Mn^{2+} :



Атомарный кислород реагирует с веществами-восстановителями, присутствующими в исследуемом субстрате. Чем меньший объем исследуемого субстрата расходуется на восстановление перманганата калия, тем выше содержание БАВ восстанавливающего характера. АОА контрольных и опытных образцов рассчитывали в пересчете на 1 мг кварцетина в 1 мл исследуемого субстрата [12].

Судя по водным образцам арабиногалактана, полученные данные указывают на наличие в составе данного пищевого ингредиента биологически активных веществ, отвечающих за АОА (см. рисунок). При этом установлена положительная корреляция между содержанием арабиногалактана в образцах



Антиоксидантная активность, мг/мл в пересчете на кверцетин

и величиной АОА водных растворов. Также установлено, что в опытных образцах, приготовленных с использованием побочного молочного сырья, АОА была, как правило, выше, чем в соответствующих контрольных растворах. Исключение составили образцы сыворотки с массовой долей арабиногалактана 7 и 10 %.

Судя по величине АОА образцов с обезжиренным молоком и пахтой, можно утверждать, что решающую роль в формировании антиокислительных свойств этих модельных систем вносили молочные белки. Более низкие значения АОА образцов сыворотки с арабиногалактаном в условиях эксперимента можно объяснить относительно невысоким содержанием белка в исходной сыворотке по сравнению с обезжиренным молоком и пахтой.

По мнению ряда авторов, АОА молочного сырья варьирует в широком диапазоне в зависимости от выбранного метода, поскольку компоненты антиоксидантной системы обладают разными физико-химическими характеристиками [2].

Учитывая возможности перманганатометрического метода, можно предположить, что в условиях эксперимента в молочном сырье была определена АОА, обусловленная, главным образом, водорастворимыми антиоксидантами соединениями, к числу которых относят белки молока, пептиды и свободные аминокислоты.

Более высокие значения АОА в обезжиренном молоке также могут быть обусловлены преобладанием гидрофильных антиоксидантов по сравнению с пахтой, в частности высоким содержанием в ней фосфолипидов. Вероятно, для определения АОА пахты следует подключить метод, учитывающий содержание липофильных антиокислительных соединений.

Заключение. В условиях эксперимента АОА положительно коррелировала с количеством добавленного арабиногалактана, как в контрольных, так

и в опытных образцах. Также установлено, что АОА зависела от содержания белка в молочном сырье.

В дальнейшем запланировано продолжить изучение АОА молочного сырья с арабиногалактаном в производстве молочных продуктов. Это направление исследований представляет научный интерес в нескольких аспектах:

- изменение АОА продуктов по ходу технологического процесса;
- изучение возможного влияния арабиногалактана на процесс молочно-кислого сквашивания;
- выявление взаимосвязи АОА и хранимостпособности продукта и пр.

Список использованных источников

1. Ягоды: химический состав, антиоксидантная активность. Влияние потребления ягод на здоровье человека / А. Я. Яшин [и др.] // Аналитика. – 2019. – Т. 9. – № 3. – С. 222–231.
2. Добрян, Е. И. Антиоксидантная система молока / Е. И. Добрян // Вестн. Воронежского гос. ун-та инженерных технологий. – 2020. – Т. 82. – № 2. – С. 101–106.
3. Caseins and casein hydrolysates. Lipoxxygenase inhibitory properties / S. G. Rival [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2001. – № 49. – P. 287–294.
4. Kitts, D. D. Antioxidant properties of casein phosphopeptides / D. D. Kitts // Trends in Food Science and Technology. – 2005. – № 16. – P. 549–554.
5. Carthy, T. L. M. Evaluation of the antioxidant potential of natural food/ plant extracts as compared with synthetic antioxidants and vitamin E in raw and cooked pork patties / T. L. M. Carthy, J. P. Kerry, J. F. Kerry // Meat Science. – 2015. – № 1. – P. 45–52.
6. Davoodi, S. Health-Related Aspects of Milk Proteins / S. Davoodi, R. Shahbazi, A. Taslimi // Iranian Journal of Pharmaceutical Research. – 2016. – № 15. – P. 573–591.
7. Park, Y. W. Bioactive peptides in milk and dairy products: a review / Y. W. Park, M. S. Nam // Korean Journal for Food Science of Animal Resources. – 2015. – № 35. – P. 831–840.
8. Медведева, Е. Н. Арабиногалактан лиственницы – свойства и перспективы использования (обзор) / Е. Н. Медведева, В. А. Бабкина, Л. А. Остроухова // Химия растительного сырья. – 2003. – № 1. – С. 27–37.
9. Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [Электронный ресурс] : постановление Главного гос. санитарного врача РФ, 28 янв. 2021 г., № 2 // КонсультантПлюс. Россия / ЗАО «Консультант Плюс». – М., 2021.
10. Молоко и молочные продукты. Инструментальный экспресс-метод определения физико-химических показателей идентификации с применением инфракрасного анализатора : ГОСТ 32255-2013. – Введ. 01.07.15. – М. : Стандартинформ, 2014. – 8 с.
11. Молоко и молочные продукты. Методы определения массовой доли влаги и сухого вещества : ГОСТ Р 54668-2011. – Введ. 13.12.11. – М. : Стандартинформ, 2013. – 10 с.
12. Способ определения антиокислительной активности : пат. РФ 2170930 / Т. В. Максимова [и др.]. – Оpubл. 20.07.2001.

УДК 613.2

**А. С. Съедугина; А. С. Уткина, кандидат технических наук;
В. П. Карагодин, доктор биологических наук, доцент**

*Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова,
г. Москва, Российская Федерация*

ЦЕЛЕВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ НОВОГО ПРОДУКТА СПОРТИВНОГО ПИТАНИЯ ДЛЯ ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ

Аннотация. Роль рационального сбалансированного питания в жизни юных спортсменов огромна, однако плотный график тренировочного процесса и другой деятельности, пищевые предпочтения и избирательный аппетит данной группы потребителей приводят к нарушениям режима питания, что способствует недостатку микро- и макронутриентов в рационе. Данные тенденции подчеркивают релевантность разработки нового специализированного продукта питания для детей и подростков (ПСП-Д), имеющего улучшенные потребительские характеристики, наряду с упрощенной технологией получения и низкой себестоимостью производства.

Ключевые слова: продукт спортивного питания, функциональные ингредиенты, пищевой рацион, сенсорная приемлемость, детское питание.

**A. S. Sedugina; A. S. Utkina, Candidate of Technical Sciences;
V. P. Karagodin, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor**

Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russian Federation

TARGETED DESIGN AND THE POSSIBILITY OF OBTAINING A NEW SPORTS NUTRITION PRODUCT FOR CHILDREN AND ADOLESCENTS

Abstract. The role of a balanced diet in the life of young athletes is enormous, however, the busy schedule of the training process and other activities, food preferences and selective appetite of this group of consumers lead to dietary disorders, which contributes to a lack of micro- and macronutrients in the diet. These trends emphasize the relevance of developing a new specialized food product for children and adolescents (PSP-D), which has improved consumer characteristics, along with simplified production technology and low production costs.

Keywords: sports nutrition product, functional ingredients, food ration, sensory acceptability, baby food.

Спрос на функциональные ингредиенты для производства продуктов для здорового питания растет во всем мире, так как число потребителей, заботящихся о своем здоровье, постоянно увеличивается. Следовательно, мировой рынок функциональных пищевых ингредиентов стабильно растет. При этом вопрос нормативного правового регулирования продуктов спортивного питания, предназначенных для детей и подростков в возрасте от 11 до 17 лет, явля-

ется достаточно непростым и крайне актуальным. На данный момент в Российской Федерации этот вопрос регламентируется крайне слабо, так как традиционно спортивное питание рекомендуется к приему с 18 лет [2]. На рынке сейчас присутствует крайне малое количество товаров для питания спортсменов, предназначенных для детей, однако спрос на это есть, что подтверждено неоднократными опросами тренеров и врачей юношеских спортивных сборных.

Сегодня дети не потребляют достаточного количества белка. Более 50 % мальчиков и более 60 % девочек в возрасте 9–13 лет не соблюдают нормы минимально рекомендуемого ежедневного потребления белка, а среди девочек в возрасте от 14 до 18 лет это число возрастает до 75 % [6]. В то время как потребители ищут продукты, обогащенные белком, составы с высоким содержанием белка, предназначенные для детей, также должны иметь приятный вкус, внешний вид и привычную упаковку. ПСП-Д способен решить проблемы реальных и потенциальных потребителей, в том числе – избавить от необходимости потребления подростками ПСП для взрослых спортсменов. Потенциальный потребительский сегмент продукта – дети и подростки, участвующие в систематическом тренировочном процессе и соревнованиях, тренеры и администрация спортшкол и клубов, родители детей-спортсменов. Возможен охват (потенциал рынка) всех регионов РФ по схеме В2В. Уровень потребления на зрелой стадии жизненного цикла продукта – до 100 т в год.

Исходя из анализа нормативных документов, можно сделать вывод, что ПСП-Д должен соответствовать следующим критериям:

- отвечать соответствующим физиологическим потребностям детского организма;
- не причинять вред здоровью ребенка соответствующего возраста;
- обладать заданным химическим составом, повышенной пищевой ценностью и (или) направленной эффективностью;
- оказывать специфическое влияние на повышение адаптивных возможностей человека к физическим и нервно-эмоциональным нагрузкам.

Более того, состав должен быть разработан в соответствии с нормами потребления пищевых веществ детьми, указанными в Методических рекомендациях (МР 2.3.1.0253-21) «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации» [5].

В качестве основного функционального пищевого ингредиента будет использоваться *концентрат сывороточного белка*, который может быть получен на многих предприятиях. Основным отличием продукта от аналогов является отказ от стадии удаления из концентрата лактозы (стадии ультрафильтрации), что упрощает технологию и сохраняет вкусовые характеристики продукта. На последнем этапе получения концентрата сывороточного белка используется выпарная установка с последующей сушкой и распылением в камере. Готовым на этой стадии продуктом является 80%-й концентрат сывороточного белка. В его составе: 80 г белка, 2 г углеводов (лактозы) и 10 г жиров, всего – 418 ккал на 100 г продукта.

Вторым основным ингредиентом, который является источником бета-глюканов, является *порошкообразный полуфабрикат*, полученный из грибов *вешенки обыкновенной* по традиционной технологии высушивания и измельчения в порошок.

Энергетическая ценность составляет 380 ккал, включающих 25 г белков, 3 г жиров и 65 г углеводов. Результатом смешивания двух описанных функциональных ингредиентов на стандартном оборудовании в определенном соотношении ингредиентов является новый продукт спортивного питания для детей и подростков, обладающий массой полезных свойств для растущего организма.

По принципам пищевой комбинаторики было проведено несколько проб смешивания и определения питательного состава продукта. При смешивании компонентов в соотношении 1:1 получается достаточно калорийный продукт со значениями: 399 ккал: 52,5 г белка, 33,5 г углеводов и 6,5 г жиров на 100 г. Такой продукт не подходит по количеству необходимых элементов, в нем большое количество белка, но он обладает слишком интенсивным вкусом грибного компонента. Тогда было проведено повторное смешивание компонентов в соотношении 2:1. Образец обладал таким энергетическим составом: 121,6 ккал, 18,5 г белков, 6,9 г углеводов и 5,2 г жиров на порцию (30 г).

Детям особенно важен вкус потребляемых ими продуктов, поэтому важно, чтобы протеин для детей был более качественным с органолептической точки зрения. Органолептические показатели устанавливались по ГОСТ 6687.5-86 «Продукция безалкогольной промышленности. Методы определения органолептических показателей и объема продукции в восстановленном/невосстановленном виде (в зависимости от определяемого показателя) визуальным осмотром и опробованием продуктов» [4].

Проведена товароведная оценка нового спортивного продукта для питания детей спортсменов. В табл. 1 представлены органолептические показатели напитка.

Таблица 1. Оценка органолептических показателей нового продукта

Показатель	Характеристика
Внешний вид	Мелкий порошок, есть незначительное количество комочков, но они рассыпаются от легкого механического воздействия
Цвет	Белый с желтоватым оттенком, равномерный
Вкус и запах	Приятный, гармоничный, сладковатый, мягкий вкус. Отмечена большая схожесть со вкусом пломбира или молочного коктейля

Из данных табл. 1 следует, что продукт для питания спортсменов представляет собой мелкий порошок без посторонних включений с приятным, сладковатым вкусом и ароматом, что соответствует органолептической характеристике белковых напитков в соответствии с ГОСТ 34621-2019 [3]. Были также проанализированы результаты исследований на выявление патогенных и токсичных примесей в продукте, которых там не обнаружили (табл. 2, 3).

Таблица 2. Микробиологические показатели продукта для питания детей и подростков

Показатель	Норма по ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» [1]	Характеристика
Патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы в 25 см ³	Не допускаются	Не выделены
<i>E. coli</i> , не допускаются в массе продукта, г	5	Не выделены
Сульфитредуцирующие клостридии, не допускаются в массе продукта, г	1	Не выделены
Дрожжи, КОЕ/г, не более	50	Не выделены
Плесени КОЕ/г, не более	10	Не выделены
КМАФАнМ, КОЕ/г, не более	5 × 10 ⁴	11 × 10 ¹

Таблица 3. Содержание токсических элементов продукта спортивного питания

Показатель	Норма по ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», мг/кг, не более [1]	Характеристика
Свинец	5,0	Не обнаружен
Мышьяк	3,0	Не обнаружен
Кадмий	1,0	Не обнаружен
Ртуть	1,0	Не обнаружен
Пестициды ГХЦГ (α -, β -, γ -изомеры)	0,1	Не обнаружены

Таким образом, на основании исследований установлено, что продукт для питания детей спортсменов соответствуют требованиям Технического регламента Таможенного союза (ТР ТС) 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» [1].

Состав готового продукта включает 11 г белка и 5 г бета-глюканов на порцию. В одной порции продукта содержится от 18 до 23 % суточной нормы белка (в зависимости от пола и возраста), что является достаточно высоким и конкурентоспособным показателем. Норма физиологических потребностей в белке для детей 11–17 лет составляет 69–87 г/сут (в зависимости от возраста и пола). Оптимальный белковый баланс в питании юных спортсменов обеспечивает пластические процессы роста и развития организма, а также играет важную роль в физической подготовке. Нерациональное питание с дефицитом поступления белка ведет к возрастанию риска травматизации и появлению признаков хронической усталости.

Содержание жира в 1,5 г является относительно низким, что позволяет поддерживать низкий уровень жиров в рационе. Однако липиды имеют большое значение в детском питании, так как они, наравне с белками, выполняют роль пластического материала, поскольку входят в состав всех клеток и тканей организма, а также способствуют лучшему использованию организмом белков, витаминов и минеральных веществ.

В составе сывороточного протеина присутствуют углеводы в количестве 9,3 г на порцию, включая сахар. Необходимо учитывать этот факт при контро-

ле потребления сахара, особенно для детей и подростков с проблемами сахарного обмена или ожирением. Однако данное количество углеводов составляет лишь 3 % от суточной нормы потребления для подростков, потому оно не является слишком высоким. Кроме того, оптимальное поступление углеводов обеспечивает интенсивность работы мышц, предупреждает наступление гипогликемии во время тренировочного процесса, способствует эффективному восстановлению после активной физической деятельности. У спортсменов, употребляющих недостаточное количество углеводов, постепенно нарастает хронический дефицит запасов гликогена, что значительно снижает спортивную производительность и выносливость.

Ценность данного продукта обусловлена его способностью оптимизировать вес тела и его тканевую структуру у спортсменов, которая ассоциирована с активностью генов. Глюканы благоприятно влияют на иммунную систему и помогают повысить сопротивляемость к инфекциям, а также физическую и восстановительную активность организма. В продукте их содержится 5 г на порцию, что является достаточным в ежедневном употреблении. Сочетание полезных эффектов бета-глюканов исключительно важно для потребляющих продукт подростков, у которых растет мышечная масса, но в период высоких тренировочных и соревновательных нагрузок могут снижаться защитные реакции иммунной системы по отношению к инфекционным заболеваниям.

Конкуренция на российском рынке детского спортивного питания низкая, в том числе – со стороны импортной аналогичной продукции. Преимущество продукта состоит в доступности сырьевых источников и полуфабрикатов, относительной простоте технологии, высокой степени вкусовой приемлемости при наличии подтвержденных положительных эффектов по отношению к здоровью и физическим возможностям спортсмена-подростка. Производство продукта обусловлено низкими затратами на производство. Уровень спроса на продукцию с такими потребительскими характеристиками ожидается высоким. На начальной стадии развития продукта предполагается контрактное производство, т. е. выпуск продукции по заказу на производственном предприятии.

Таким образом, данный продукт – это полноценный сбалансированный специализированный пищевой продукт на основе сывороточных белков и бета-глюканов. Порошкообразный продукт будет упаковываться в банку объемом 900 мл. Применяется как дополнительное питание для ведущих активный образ жизни и занимающихся спортом детей и подростков с 11 до 17 лет. Основными конкурентными преимуществами являются улучшенные потребительские характеристики вместе с упрощенной технологией получения. Перед употреблением продукта необходимо смешать 1 мерную ложку продукта (30,0 г) с 200 мл воды или молока. Продукт не является единственным источником питательных веществ и не должен замещать разнообразное и сбалансированное питание. Товарная форма продукта (порошок) удобна для пищевого использования и обладает повышенной сенсорной привлекательностью,

подтвержденной дегустационным анализом. Функциональность продукта шире, чем у товаров-конкурентов за счет присутствия в составе не только сывороточного белка, но и бета-глюкана, благоприятно воздействующего на иммунную систему. Технология производства продукта спортивного питания является относительно несложной и предполагает применение более-менее дешевых ингредиентов, что обеспечивает ценовую привлекательность готового продукта.

Список использованных источников

1. О безопасности пищевой продукции [Электронный ресурс] : ТР ТС 021/2011 : принят 09.12.2011 : вступ. в силу 01.07.2013 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/902320560>. – Дата доступа: 25.07.2024.
2. Продукция пищевая специализированная. Продукция пищевая для питания спортсменов. Термины и определения : ГОСТ 34006-2016. – Введ. 26.05.17 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200145605>. – Дата доступа: 01.07.2024.
3. Продукция пищевая специализированная. Напитки белковые, белково-углеводные и углеводно-белковые сухие для питания спортсменов. Общие технические условия : ГОСТ 34621-2019 – Введ. 01.06.20 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200170060>. – Дата доступа: 20.07.2024.
4. Продукция безалкогольной промышленности. Методы определения органолептических показателей и объема продукции в восстановленном/невосстановленном виде (в зависимости от определяемого показателя) визуальным осмотром и опробованием продуктов : ГОСТ 6687.5-86. – Взамен ГОСТ 6687.5-75 ; введ. 01.07.87 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200023058>. – Дата доступа: 02.07.2024.
5. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации : метод. рекомендации : МР 2.3.1.0253-21. – Взамен МР 2.3.1.2432-08 : утв. Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека 22.07.21 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200076084>. – Дата доступа: 25.07.2024.
6. Рылова, Н. В. Актуальные аспекты спортивной нутрициологии детского возраста / Н. В. Рылова [и др.] // Рос. вестн. перинатологии и педиатрии. – 2021. – № 66 (5). – С. 240–245.

УДК 613.2

^{1, 2, 3}Х. Х. Шарафетдинов, доктор медицинских наук;
¹А. Л. Новокшанова, доктор технических наук, доцент;
¹А. А. Кочеткова, доктор технических наук, профессор;
¹О. А. Плотникова, кандидат медицинских наук;
¹Р. И. Алексеева, кандидат медицинских наук;
¹В. В. Пилипенко, кандидат медицинских наук;
¹В. А. Алексеев; ⁴К. Б. Сухарев; ⁴О. В. Оксененко

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи»,
г. Москва, Российская Федерация

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
дополнительного профессионального образования
«Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования»
Министерства здравоохранения Российской Федерации,
г. Москва, Российская Федерация;

³Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Первый Московский государственный
медицинский университет имени И. М. Сеченова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации,
г. Москва, Российская Федерация;

⁴Общество с ограниченной ответственностью
«Пятигорский молочный комбинат»,
г. Пятигорск, Ставропольский край, Российская Федерация

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ МОЛОЧНЫЙ ПРОДУКТ ДЛЯ ДИЕТОТЕРАПИИ ПАЦИЕНТОВ С НАРУШЕНИЯМИ УГЛЕВОДНОГО И ЛИПИДНОГО ОБМЕНА¹

Аннотация. Разработан новый специализированный пищевой биопродукт, базовая рецептура молочной основы которого имеет массовую долю белка и углеводов, составляющую 5,0 и 8,0 % соответственно. Продукт можно вырабатывать как из смеси молока обезжиренного с сухим обезжиренным молоком, так и из восстановленного сухого обезжиренного молока. Технология предусматривает резервуарный способ изготовления продукта. Продукт предназначен для взрослых как дополнительный источник витаминов, марганца, цинка, таурина, карнитина и пробиотических микроорганизмов. Клинические испытания показали эффективность продукта при диетической коррекции нарушений углеводного и жирового обмена.

Ключевые слова: специализированный пищевой продукт, обезжиренное молоко, пробиотический продукт, нарушения углеводного обмена, нарушения жирового обмена.

¹ Материал подготовлен в рамках государственного задания № FGMF-2022-0002.

^{1, 2, 3}**Kh. Kh. Sharafetdinov, Doctor of Medical Sciences;**
¹**A. L. Novokshanova, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor;**
¹**A. A. Kochetkova, Doctor of Technical Sciences, Professor;**
¹**O. A. Plotnikova, Candidate of Medical Sciences;**
¹**R. I. Alekseeva, Candidate of Medical Sciences;**
¹**V. V. Pilipenko, Candidate of Medical Sciences;**
¹**V. A. Alekseev; ⁴K. B. Sukharev, ⁴O. V. Oksenenko**

¹*Federal Research Center of Nutrition, Biotechnology and Food Safety,
Moscow, Russian Federation;*

²*Russian Medical Academy of Continuous Professional Education,
Moscow, Russian Federation;*

³*I. M. Sechenov First Moscow State Medical University,
Moscow, Russian Federation;*

⁴*Limited Liability Company "Pyatigorsk Dairy Plant",
Pyatigorsk, Stavropol Territory, Russian Federation*

SPECIALIZED DAIRY PRODUCT FOR DIET THERAPY OF PATIENTS WITH CARBOHYDRATE AND LIPID METABOLISM DISORDERS

Abstract. A new specialized food bioproduct has been developed. The basic recipe for the milk base has a mass fraction of protein and carbohydrates of 5,0 and 8,0 %, respectively. The product can be produced either from a mixture of skim milk with skim milk powder, or from reconstituted skim milk powder. The technology involves a tank method for manufacturing the product. The product is intended for adults as an additional source of vitamins, manganese, zinc, taurine, carnitine and probiotic microorganisms. Clinical trials have shown the effectiveness of the product in the dietary correction of carbohydrate and fat metabolism disorders.

Keywords: specialized food product, skim milk, probiotic product, carbohydrate metabolism disorders, fat metabolism disorders.

Введение. Специализированные пищевые продукты (СПП) позволяют оптимизировать диетическое лечебное и диетическое профилактическое питание благодаря его коррекции по дефицитным макро- и микронутриентам. Соотношение традиционных продуктов питания и СПП в суточном рационе больного регламентировано в зависимости от варианта диеты: высоко- или низкокалорийная, высоко- или низкобелковая, с механическим и химическим щажением и др. [1].

Потребность в производстве СПП обусловлена не только запросами медицинского сообщества, но и социально-экономическими причинами.

Специфика наиболее распространенных алиментарно-зависимых заболеваний связана с нарушениями углеводного и липидного обмена, что обусловлено дисбалансом структуры рациона питания. Отличительными особенностями структуры питания населения России являются избыточная калорийность и недостаточное потребление овощей, фруктов, рыбы и молочных продуктов.

Учитывая изложенное, целью работы явилось создание СПП, предназначенного для диетотерапии пациентов с нарушениями углеводного и липидно-

го обмена, имеющего при этом потребительские характеристики традиционного молочного продукта.

Основная часть. Согласно медико-биологическому обоснованию продукт для диетотерапии пациентов с нарушениями углеводного и липидного обмена должен иметь пониженную жирность и повышенное, в сравнении с молоком-сырьем, содержание белка. Такие рекомендации сделаны на основании метаанализа публикаций о потреблении молока или молочных продуктов. В большинстве исследований выявлен значительный противовоспалительный эффект потребления молока или молочных продуктов [2], а также показана нормализация маркеров углеводного и липидного обмена (снижение уровня гликированного гемоглобина, инсулина и индекса инсулинорезистентности, уменьшение уровня триглицеридов, общего холестерина, липопротеинов низкой плотности (ЛПНП) и др.), как у здоровых, так и у лиц с метаболическими нарушениями [3].

Для формирования требуемых пищевых качеств в состав специализированного продукта необходимо было включить витаминный премикс, марганец и цинк, как элементы ферментных систем, способствующих активации обменных процессов. Также, в соответствии с медико-биологическим обоснованием, в состав продукта требовалось ввести такие биологически-активные соединения, как таурин и карнитин.

Таурин участвует в углеводном и липидном обменах посредством влияния на механизмы возникновения окислительного стресса, выраженность ожирения, дислипидемию, артериальную гипертензию [4]. Карнитин в составе ацилкарнитинтрансферазы способствует окислению высших жирных кислот до конечных метаболитов в матриксе митохондрий. Также в недавно опубликованных работах показан дозозависимый эффект L-карнитина для контроля гликемии у пациентов с сахарным диабетом 2-го типа (СД2) [5].

Кроме этого было принято решение придать продукту пробиотические свойства путем молочнокислого сквашивания, поскольку многочисленными исследованиями показано, что живые пробиотические микроорганизмы и их метаболиты имеют большое значение в коррекции липидного и углеводного обмена [6–10].

Массовая доля жира в обезжиренном молоке не превышает 0,5 %, а содержание белка – не менее 2,8 %. Для повышения содержания белка в продукте использовали сухое обезжиренное молоко (СОМ). Для исключения зависимости от сезонных поставок сырья также предложен вариант продукта из восстановленного СОМ. В результате были разработаны две базовые рецептуры молочной основы с массовой долей белка и углеводов соответственно 5,0 и 8,0 %:

- из молока обезжиренного и сухого обезжиренного молока;
- из сухого обезжиренного молока.

Исследования по введению необходимых функциональных пищевых ингредиентов (ФПИ) в молочную основу выполняли в модельных системах. Для

этого в молочную основу вносили отдельно каждый из ФПИ в количествах, которые рекомендованы нормативными документами [11, 12]. При этом контролировали органолептические показатели образцов и важнейшие технологические характеристики: растворимость ФПИ, плотность, активную и титруемую кислотности, вязкость систем.

Выявлено, что оптимальный интервал внесения витаминного премикса в продукт составлял от 0,05 до 0,1 % без ощутимого привкуса медикаментов. При этом продукт будет служить дополнительным источником витаминов (А, D, E, B₁, B₂, B₆, B₉, B₁₂, пантотеновая кислота, ниацин, биотин, аскорбиновая кислота) [13]. Также определенные экспериментальным образом добавленные количества L-карнитина, таурина, Zn и Mn составят от 36 до 233 % от рекомендуемого уровня суточного их потребления в порции продукта массой 200 г.

Далее молочную смесь с добавленным витаминным премиксом и другими ФПИ сквашивали комбинированной закваской, содержащей *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* и *L. Acidophilus*. При этом установлена хорошая выживаемость микроорганизмов закваски. Численность молочнокислых микроорганизмов составляла от $1 \cdot 10^7$ до $1 \cdot 10^8$ КОЕ/г, количество бифидобактерий было не менее $1 \cdot 10^7$ КОЕ/г.

Выработанный по разработанной технологии продукт имел органолептические характеристики традиционного кисломолочного продукта, что очень важно при его включении в профилактические и реабилитационные программы.

После получения положительного заключения о соответствии показателей микробиологической и гигиенической безопасности продукта требованиям технических регламентов Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции» и «О безопасности пищевой продукции» [14, 15], разработанный СПП был направлен для оценки эффективности диетической коррекции нарушений углеводного и жирового обмена в клинических условиях.

В исследовании участвовало 40 пациентов СД2 с сопутствующим ожирением в возрасте от 38 до 75 лет (средний возраст – $(62,0 \pm 1,23)$ года). Продукт хорошо переносился больными без признаков пищевой непереносимости. После включения специализированного кисломолочного продукта в гипокалорийную диету у пациентов наблюдали статистически значимое снижение содержания общего холестерина и ЛПНП, улучшение показателей витаминного статуса, повышение антиоксидантного эффекта комплексной терапии.

Заключение. Результаты исследования показали, что специализированный кисломолочный продукт для диетической коррекции нарушений углеводного и жирового обмена может рассматриваться как важный и эффективный компонент лечебного питания в комплексной терапии пациентов СД2.

В качестве СПП диетического лечебного и диетического профилактического питания предназначен для непосредственного употребления в пищу, в том числе в составе лечебных диет, с целью диетической коррекции нарушений углеводного и жирового обмена, как дополнительный источник витаминов (А, D, E, B₁, B₂, B₆, B₉, B₁₂, пантотеновая кислота, ниацин, биотин,

аскорбиновая кислота), минеральных веществ (марганец, цинк), аминокислот (таурин, карнитин) и пробиотических микроорганизмов (молочнокислые бактерии, бифидобактерии) взрослым.

Список использованных источников

1. Инструкция по организации лечебного питания в лечебно-профилактических учреждениях [Электронный ресурс] : приказ М-ва здравоохранения РФ, 19 февр. 2024 г., № 70Н // КонсультантПлюс. Россия / ЗАО «Консультант Плюс». – М., 2024.
2. Milk and Dairy Product Consumption and Inflammatory Biomarkers: An Updated Systematic Review of Randomized Clinical Trials / S. M. Ulven [et al.] // *Adv. Nutr.* – 2019. – Vol. 10, suppl. 2. – P. S239–S250. doi:10.1093/advances/nmy072
3. Effects of whey protein on glycemic control and serum lipoproteins in patients with metabolic syndrome and related conditions: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled clinical trials / E. Amirani [et al.] // *Lipids Health Dis.* – 2020. – Vol. 19, № 1. – P. 209. doi:10.1186/s12944-020-01384-7
4. Патогенетическое обоснование включения таурина в лечение пациентов с сахарным диабетом 2-го типа / М. Е. Стаценко [и др.] // *Consilium Medicum.* – 2017. – Т. 19, № 4. – С. 36–42.
5. Quantitative efficacy of L-carnitine supplementation on glycemic control in type 2 diabetes mellitus patients / D. D. Wang [et al.] // *Expert Rev. Clin. Pharmacol.* – 2021. – Vol. 14, № 7. – P. 919–926. doi:10.1080/17512433.2021.1917381
6. Современная стратегия коррекции нарушений кишечной микробиоты при дисбактериозе кишечника / Л. В. Крамарь, О. Г. Крамарь // *Лекарственный вестник.* – 2015. – Т. 9, № 3. – С. 50–56.
7. The role of the gut microbiota in bile acid metabolism / O. Ramírez-Pérez [et al.] // *Ann. Hepatol.* – 2017. – Vol. 16, suppl. 1. – P. s15–s20. doi:10.5604/01.3001.0010.5494
8. Кишечная микробиота и иммунитет: иммуномодулирующие эффекты *Lactobacillus rhamnosus* GG / И. А. Оганезова // *PMЖ.* – 2018. – Т. 26, № 9. – С. 39–44.
9. Gut microbiota may underlie the predisposition of healthy individuals to COVID-19 / W. Gou [et al.] // *medRxiv.* – 2020. – P. 1–44. doi:10.1101/2020.04.22.20076091
10. Is gut microbiota dysbiosis a predictor of increased susceptibility to poor outcome of COVID-19 patients? An update / C. Ferreira [et al.] // *Microorganisms.* – 2020. – Vol. 9, № 1. – P. 53. doi:10.3390/microorganisms9010053
11. Пищевая продукция в части ее маркировки [Электронный ресурс] : ТР ТС 022/2011 : принят 9.12.2011 : вступ. в силу 01.07.2013 / Евраз. экон. комис. – Режим доступа: <http://www.eurasiancommission.org/ru/act/tehnreg/deptexreg/tr/Documents/TrTsPishevkaMarkirovka.pdf> – Дата доступа: 27.06.2024.
12. Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к продукции (товарам), подлежащей санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю) [Электронный ресурс] : утв. решением Комиссии Таможенного союза, 28 мая 2010 г., № 299 // КонсультантПлюс. Россия / ЗАО «Консультант Плюс». – М., 2010.
13. Обоснование количества витаминного премикса в составе специализированной молочной продукции / А. Л. Новокшанова [и др.] // *Молочнохозяйственный вестник.* – 2024. – № 1 (53). – С. 184–194. doi:10.52231/2225-4269_2024_1_184
14. О безопасности молока и молочной продукции [Электронный ресурс] : ТР ТС 033/2013 : принят 09.10.2013 : вступ. в силу 01.05.2014 / Евраз. экон. комис. – Режим доступа: <https://ees.eaeunion.org/comission/departement/deptexreg/tr/tr-ts-033.php>. – Дата доступа: 17.07.2024.
15. О безопасности пищевой продукции [Электронный ресурс] : ТР ТС 021/2011 : принят 09.12.2011 : вступ. в силу 01.07.2013 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/902320560>. – Дата доступа: 25.07.2024.

УДК 577.16

^{1, 3, 4}**Х. Х. Шарафетдинов, доктор медицинских наук;**
¹**В. М. Коденцова, доктор биологических наук, профессор;**
²**Д. В. Рисник, кандидат биологических наук**

¹*ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии
и безопасности пищи», г. Москва, Российская Федерация;*

²*ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова»,
г. Москва, Российская Федерация;*

³*Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования,
г. Москва, Российская Федерация;*

⁴*Первый Московский государственный медицинский университет
им. И. М. Сеченова,
г. Москва, Российская Федерация*

ЗНАЧЕНИЕ ВИТАМИНОВ, СОДЕРЖАЩИХСЯ В РАЦИОНЕ И ПРИНИМАЕМЫХ ДОПОЛНИТЕЛЬНО, В ПРОФИЛАКТИКЕ И ЛЕЧЕНИИ САХАРНОГО ДИАБЕТА 2-го ТИПА

Аннотация. Частота дефицита витаминов (D, K1, K2, группы B, C) среди пациентов сахарным диабетом (СД2) выше, чем среди здоровых лиц. Недостаточное потребление и сниженный уровень витаминов в крови ассоциируются с повышенным риском развития СД2 и его осложнений. Оптимизация обеспеченности витаминами является частью диетотерапии СД2, смягчающей клинические проявления заболевания и осложнений. Для достижения клинического эффекта (улучшение гликемического контроля и липидного обмена) требуются терапевтические дозы (2000 МЕ витамина D, 1000 мг витамина C, 90–360 мкг витамина K2) и длительный прием (3–6 месяцев).

Ключевые слова: сахарный диабет 2-го типа, витамины, обеспеченность, профилактические и терапевтические дозы витаминов, эффективность.

^{1, 3, 4}**Kh. Kh. Sharafetdinov, Doctor of Medical Sciences;**
¹**V. M. Kodentsova, Doctor of Biological Sciences, Professor;**
²**D. V. Risnik, Candidate of Biological Sciences**

¹*FSBOS “Federal Research Center of Nutrition, Biotechnology and Food Safety”,
Moscow, Russian Federation;*

²*FSBEI HE “Moscow State University M. V. Lomonosov”,
Moscow, Russian Federation;*

³*Russian Medical Academy of Continuous Professional Education,
Moscow, Russian Federation;*

⁴*I. M. Sechenov First Moscow State Medical University,
Moscow, Russian Federation*

THE IMPORTANCE OF VITAMINS CONTAINED IN THE DIET AND TAKEN ADDITIONALLY IN THE PREVENTION AND TREATMENT OF TYPE 2 DIABETES MELLITUS

Abstract. The frequency of vitamin deficiency (D, K1, K2, group B, C) among patients with diabetes mellitus (T2DM) is higher than among healthy individuals. Insufficient intake and reduced

levels of vitamins in the blood are associated with an increased risk of developing T2DM and its complications. Optimizing the supply of vitamins is part of the diet therapy for T2DM, which mitigates the clinical manifestations of the disease and complications. To achieve a clinical effect (improved glycemic control and lipid metabolism), therapeutic doses (2000 IU of vitamin D, 1000 mg of vitamin C, 90–360 mcg of vitamin K2) and long-term use (3–6 months) are required.

Keywords: type 2 diabetes mellitus, vitamins, supply, preventive and therapeutic doses of vitamins, efficacy.

Введение. Гиповитаминозные состояния являются фактором риска многих заболеваний, адекватный уровень витаминов в питании может способствовать предотвращению/снижению риска прогрессирования многих заболеваний. Окислительный стресс и воспаление тесно связаны с патогенезом сахарного диабета 2-го типа (СД2), позволяющего предположить, что витамины, обладающие противовоспалительными и (или) антиоксидантными свойствами, могут оказывать положительное действие при этом заболевании.

Цель исследования – оценка взаимосвязи между витаминным статусом и метаболическими нарушениями у пациентов СД2, а также анализ дозо-временной зависимости эффективности коррекции дефицита витаминов.

Анализ литературы за последние годы осуществляли с использованием баз данных РИНЦ, Pubmed, а также систем Google Scholar. Рассматривали только рандомизированные интервенционные исследования, проведенные с участием взрослых в возрасте старше 18 лет. Критериями исключения были исследования, выполненные на животных и моделях *in vitro*.

Витамин D. Частота обнаружения дефицита витамина D среди пациентов СД2 достаточно высока и еще чаще встречается у пациентов с осложненным течением СД2. Между концентрацией 25-гидроксивитамина D (25(OH)D) в сыворотке крови и уровнем глюкозы плазмы натощак, HbA1c, ХС, ХС-ЛПНП и индексом массы тела (ИМТ) наблюдается значимая отрицательная корреляция, тогда как между уровнем 25(OH)D в ХС ЛПВП – положительная корреляция. Достигнут консенсус о необходимости оптимизации статуса витамина D при СД2. Для устранения дефицита витамина D используются разные дозы и режимы приема витамина D. Важными факторами эффективности применения витамина D являются исходная обеспеченность пациентов витамином D, дозировка и продолжительность приема витамина D₃. Показано, что влияние витамина D₃ на концентрацию в сыворотке крови 25(OH)D было более выраженным у лиц с исходным дефицитом витамина. Для устранения дефицита витамина D продолжительность приема должна составлять от 3 до 6 месяцев при использовании доз, составляющих не менее рекомендуемого суточного потребления. Для коррекции уровня 25(OH)D в сыворотке крови и улучшения показателей гликемического контроля и липидного обмена у пациентов СД2 с дефицитом витамина D высокие дозы витамина D (более 2000 МЕ/сут) оказались более эффективными [1].

Витамины группы B. Дефицит витаминов, характерный для пациентов СД2, усугубляет течение заболевания и повышает риск развития осложнений. Более высокое потребление витаминов B₁, B₂ и фолатов ассоциируется с более

низким риском развития СД2, более высокое потребление фолатов и витамина В₆ – со снижением риска сердечно-сосудистых заболеваний у пациентов СД2. Более высокое потребление витамина В₆ лицами с СД2 связано с более низкой частотой диабетической ретинопатии. У пациентов с СД2 низкий уровень коферментной формы витамина В₆ и высокий уровень 4-пиридоксидовой кислоты в сыворотке крови увеличивали риск смертности от всех причин. У пациентов с диабетической ретинопатией значительно снижен уровень витамина В₁₂. Частота выявления дефицита витамина В₂ по уровню в сыворотке крови обнаруживается примерно у 30–40 % пациентов с СД2 с диабетической нефропатией. Прием метформина ухудшает обеспеченность витамином В₁₂ и повышает риск осложнений СД2. Необходимость устранения недостатка витаминов в рационе и улучшения обеспеченности витаминами группы В не вызывает сомнений. Различают профилактические и терапевтические дозы витаминов. Постоянный прием витаминных комплексов с полным набором всех витаминов группы В в профилактических дозах, соответствующих рекомендуемому потреблению, снизит риск прогрессирования СД2. Прием в течение промежутка времени от 1 месяца до 5 лет витаминов группы В в терапевтических дозах, значительно превышающих рекомендуемые нормы потребления, приводит к улучшению показателей углеводного обмена, антиоксидантного статуса и клинического состояния пациентов с СД2, но может сопровождаться нежелательными последствиями.

Витамин С и каротиноиды. Даже при одинаковом потреблении витамина С из рациона уровень аскорбиновой кислоты в плазме крови у пациентов с СД2 ниже, чем у здоровых лиц, что отражает повышенную потребность в витамине С, составляющую 125 мг/сут. [2].

Эпидемиологические исследования показывают, что уровень этих антиоксидантов в рационе отрицательно ассоциирован с маркерами преддиабета и СД2 (глюкоза в плазме крови натощак, HbA1c), воспалительными цитокинами, а более высокий уровень антиоксидантов в крови ассоциирован с более низким риском развития СД2. Естественным источником витамина С и каротиноидов являются *овощи и фрукты*, которые содержат и другие вещества, обладающие антиоксидантными свойствами. Рационы с высоким содержанием овощей и фруктов ассоциированы с более низким риском СД2. Дополнительный прием терапевтических доз витамина С (1000 мг) в течение 8 недель улучшает клинические проявления СД2 и приводит к снижению уровня интерлейкина IL-6, С-реактивного белка, глюкозы в плазме крови натощак по сравнению с группой плацебо. У пациентов с диабетической ретинопатией прием 8 мг лютеина в течение 36 месяцев или лютеина (4–6 мг) в сочетании с зеаксантином (0,5–8 мг) в течение 3–4 месяцев приводил к повышению их концентрации в сыворотке крови, а также улучшению зрительных функций.

Витамин К. Витамины К1 (филлохинон), содержащийся в продуктах растительного происхождения, и К2 (менахиноны, синтезируемые бактериями и содержащиеся в ферментированных пищевых продуктах, различаются не только по пищевому источнику, но и по скорости всасывания, распределению

в тканях, биодоступности и физиологическому действию. Длительный прием (в течение 12–24 недель) пациентами СД2 МК-7 в дозе 90–360 мкг улучшает метаболические параметры как толерантность к глюкозе и уровни инсулина, однако демонстрирует ограниченный кардиопротекторный эффект, а именно улучшение показателей липидного обмена (ТГ, ХС ЛПВП и ХС ЛПНП) у пациентов с уже выявленными сердечно-сосудистыми осложнениями.

Заключение. Микронутриенты получают все большее признание в качестве важного диетотерапевтического средства для профилактики и (или) ведения СД2 и связанных с ним рисков для здоровья. Для устранения недостатка витамина D целесообразен его ежедневный длительный прием в дозе 800–1000 МЕ. Оптимизацию D-витаминной обеспеченности следует рассматривать как часть диетотерапии СД2, способствующей уменьшению клинических проявлений заболевания и ассоциированных с ним осложнений.

При назначении витаминов группы В пациентам СД2 рекомендуется различать профилактические дозы витаминов, которые соответствуют потребности организма и необходимо принимать постоянно, и лечебные дозы, которые близки к верхнему безопасному уровню потребления и могут вызывать нежелательные последствия.

Минимизация процессов, вызывающих окислительный стресс, который является иницирующим фактором развития СД2, путем максимального потребления естественного источника витаминов С и каротиноидов – овощей и фруктов полезна для предотвращения развития или замедления прогрессирования СД2.

Витамин К играет важную роль в регуляции гликемического статуса. Прием витамина К2 (МК-7) может снизить риск развития СД2 и улучшить чувствительность к инсулину. Длительный прием (в течение 12–24 недель) пациентами СД2 МК-7 в дозе 90–360 мкг улучшает такие метаболические параметры, как толерантность к глюкозе и уровни инсулина, однако демонстрирует ограниченный кардиопротективный эффект, а именно улучшение показателей липидного обмена (ТГ, ХС ЛПВП и ХС ЛПНП) у пациентов с уже выявленными сердечно-сосудистыми осложнениями.

Согласно обновленным рекомендациям Европейской ассоциации по изучению диабета ключевые рекомендации для людей с СД2 в значительной степени аналогичны рекомендациям для населения в целом и включают потребление достаточного количества растительных продуктов (цельнозерновые продукты, овощи, ягоды и фрукты, бобовые, орехи) при минимальном потреблении красного и обработанного мяса, поваренной соли, подслащенных сахаром напитков и рафинированного зерна.

Список использованных источников

1. Витамин D и кардиометаболические факторы риска развития и прогрессирования сахарного диабета 2 типа и его осложнений / Х. Х. Шарафетдинов [и др.] // Вопросы диетологии. – 2023. – Т. 13, № 4. – С. 32–41. doi:10.20953/2224-5448-2023-4-32-41
2. Estimating Vitamin C Intake Requirements in Diabetes Mellitus: Analysis of NHANES 2017–2018 and EPIC-Norfolk Cohorts / A. C. Carr [et al.] // Antioxidants (Basel). – 2023. – Vol. 12, № 10. – P. 1863. doi:10.3390/antiox12101863

УДК 663.817

**Ю. С. Назарова, кандидат технических наук, доцент;
С. В. Волкова, кандидат технических наук, доцент**

*Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий,
г. Могилёв, Республика Беларусь*

РАСТИТЕЛЬНОЕ СЫРЬЕ КАК ИСТОЧНИК АНТИОКСИДАНТОВ

Аннотация. Приведены результаты исследований по изучению возможности применения растительного сырья как компонента, содержащего биологически активные вещества, в безалкогольной промышленности. Исследован химический состав зверобоя, листьев смородины, плодов черемухи, цветов липы, травы мелиссы, чабреца, тысячелистника, районированных на территории Республики Беларусь. Установлено, что выбранное растительное сырье может быть использовано в качестве основы при получении растительных сиропов, что в последующем будет способствовать повышению антиоксидантной активности сиропов.

Ключевые слова: зверобой, листья смородины, плоды черемухи, цветы липы, трава мелиссы, чабрец, тысячелистник, сиропы.

**Yu. S. Nazarova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
S. V. Volkova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor**

*Belarusian State University of Food and Chemical Technologies,
Mogilev, Republic of Belarus*

PLANT RAW MATERIALS AS A SOURCE OF ANTIOXIDANTS

Abstract. The results of studies examining the possibility of using plant raw materials as a component containing biologically active substances in the non-alcoholic industry are presented. The chemical composition of St. John's wort, black currant leaves, bird cherry fruits, linden flowers, lemon balm herb, thyme, yarrow, zoned on the territory of the Republic of Belarus, was studied. It has been established that the selected plant raw materials can be used as a basis for the production of plant syrups, which will subsequently help to increase the antioxidant activity of syrups.

Keywords: St. John's wort, black currant leaves, bird cherry fruits, linden flowers, lemon balm herb, thyme, yarrow, syrups.

Введение. Согласно Доктрине национальной продовольственной безопасности Республики Беларусь до 2030 года в нашей республике в настоящее время одним из ключевых направлений пищевой промышленности является снабжение населения высококачественной продукцией массового потребления и формирование сбалансированного рациона питания. Одна из важнейших задач в этом направлении – производство обогащенных и функциональных пищевых продуктов, обладающих антиоксидантной активностью. Решение этой задачи может заключаться в расширении ассортимента продуктов из нетрадиционных видов растительного сырья с высоким содержанием био-

логически активных компонентов, что позволит повысить неспецифическую резистентность организма к неблагоприятным факторам окружающей среды.

Также большое внимание уделяется исследованию антиоксидантных свойств лекарственного растительного сырья и препаратов на их основе. Одной из изученных групп растительных антиоксидантов являются полифенольные соединения. Наиболее исследованы антиоксидантные свойства дубильных веществ и флавоноидов, чем и объясняется широкий спектр их биологического действия [1]. Полифенольные соединения в большем или меньшем количестве содержатся почти во всех растениях и играют большую роль в их жизнедеятельности. Вместе с аскорбиновой кислотой участвуют в энзиматических процессах окисления и восстановления благодаря присутствию большого количества OH^- – и карбоксильных групп, которые подвергаются различным биохимическим изменениям и принимают участие в ряде физиологических процессов [2].

В настоящее время проводятся многочисленные исследования, показывающие, что под действием стрессовых факторов в живом организме образуются свободные радикалы, вызывающие повреждение биомолекул. При этом известна способность полифенольных соединений взаимодействовать со свободными радикалами, превращая последние в неактивные формы, что и обуславливает их антиоксидантные свойства [3].

В связи с этим сегодня актуальным является разработка фитокомпозиций для сиропа на основе местного растительного сырья, что позволит существенно расширить возможности использования альтернативных источников биологически активных веществ, улучшить натуральность готового продукта, расширить ассортиментную линейку и внести значительный вклад в развитие здорового питания населения Республики Беларусь.

Основная часть. При подборе и обосновании состава растительного сырья, входящего в состав растительного сиропа, основывались на химическом составе сырья, а также на его широком распространении на территории Республики Беларусь. В качестве источника функциональных ингредиентов при получении растительного сиропа применяли: зверобой; листья смородины, плоды черемухи, цветы липы, траву Melissa, чабрец, тысячелистник, содержащие витамины, органические кислоты, полифенольные и минеральные вещества, способные оказывать благоприятное воздействие на организм человека.

Полифенольные соединения представляют обширную группу биологически активных соединений, синтезируемых растениями, являющихся активными метаболитами клеточного обмена и выполняющих важную роль в физиологических процессах. Среди указанных веществ наибольший практический интерес представляют флавоноиды, дубильные вещества (таниды), фенолокислоты и витамины [4, 5].

Для изучения содержания дубильных веществ был использован перманганатометрический титриметрический метод, базирующийся на окислении фенольных групп перманганатом калия в присутствии индикатора индиго сульфокислоты. В результате исследований было установлено, что получен-

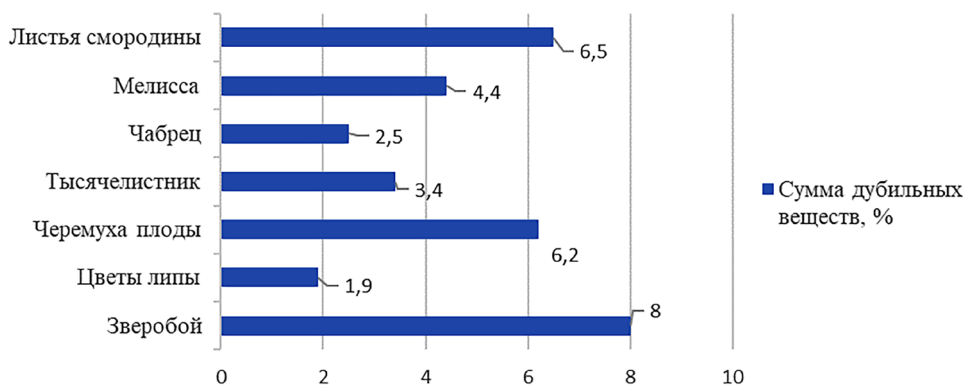


Рис. 1. Содержание дубильных веществ в растительном сырье в пересчете на танин, %

ные значения этого показателя находятся в пределах от 1,9 до 8,0 % Данные представлены на рис. 1.

Максимальное содержание дубильных веществ было выявлено в зверобое и составило 8,0 %, минимальное их содержание определено в цветах липы – 1,9 % (рис. 1). Их содержание уменьшается в ряду: зверобой > листья смородины > плоды черемухи > мелисса > тысячелистник > чабрец > цветы липы. Известно, что дубильные вещества подразделяют на две группы: гидролизуемые и конденсированные. Последние при этом обладают антиоксидантными свойствами. Поэтому в зависимости от соотношения этих групп в лекарственных растениях, их можно использовать и как источники экзогенных антиоксидантов, и как противомикробные средства.

Также ряд исследований, проведенных в основном *in vitro*, показывают, что флавоноиды могут быть отнесены к неферментным антиоксидантам, способным прямо или косвенно ослаблять или предупреждать клеточные повреждения, вызываемые свободными радикалами [6], и могут осуществлять свой антиоксидантный эффект с помощью активации антиоксидантных ферментов организма и ослабления оксидативного стресса, вызываемого оксидом азота и реактивными формами азота. Эта способность флавоноидов связана с особенностями их химического строения и обусловлена необходимостью либо отдавать атом водорода, либо выступать в качестве доноров электрона. В результате этих реакций происходит нейтрализация биологической активности свободных радикалов. Сами же антиоксиданты, отдав атом водорода, приобретают радикальные свойства, но образовавшиеся при этом радикальные молекулы более стабильны в сравнении с нейтрализуемыми радикалами, что делает их взаимодействие с субстратом маловероятным [6].

Было исследовано содержание флавоноидов в растительном сырье, полученные данные представлены на рис. 2.

Наибольшее содержание флавоноидов было выявлено в зверобое и составило 5,59 %, их минимальное содержание было найдено в листьях смородины

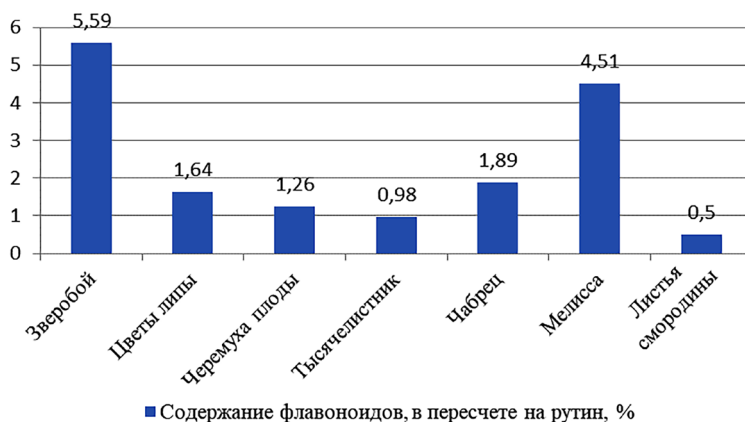


Рис. 2. Содержание флавоноидов в растительном сырье в пересчете на рутин, %

и составило 0,5 % (рис. 2). Содержание флавоноидов уменьшается в ряду: зверобой > мелисса > чабрец > цветы липы > плоды черемухи > тысячелистник > листья смородины. Согласно данным исследователей [6], помимо количественного состава флавоноидов, на их антиоксидантную активность оказывает влияние и структура молекул, так, с увеличением числа гидроксильных групп в кольцах структуры флавоноидов возрастает и их антиоксидантная активность. Поэтому, комбинируя состав растительного сырья в основе сиропа, можно оказывать влияние на антиоксидантную активность готового продукта.

Заключение. Таким образом, было установлено, что выбранное растительное сырье в своем составе содержит вещества, обладающие антиоксидантной активностью, большое количество дубильных веществ, флавоноидов и, соответственно, может быть использовано в качестве основы при получении растительных сиропов, обладающих функциональными свойствами.

Список использованных источников

1. Хасанова, С. Р. Экспериментально-теоретическое обоснование создания и стандартизации лекарственных растительных препаратов с антиоксидантной активностью : дис. ... д-ра фарм. наук : 14.04.02 / С. Р. Хасанова ; Самарский гос. мед. ун-т. – Самара, 2016. – 126 с.
2. Зибарева, Л. Н. Фитохимия. Соединения полифенольного комплекса / Л. Н. Зибарева – Томск : Изд-во Томского гос. ун-та, 2022. – 63 с.
3. Phenolic Compounds and Antioxidant Potential of Wild-Growing Plant Materials of the North Caucasus Region / A. A. Skhalyakhov [et al.] // International Journal of Engineering and Advanced Technology. – 2019. – № 2. – P. 2249–8958.
4. Ушакова, А. А. Разработка технологий фитокомпозиций и соусов-приправ с биологически активными веществами пряно-ароматических растений : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.07 / А. А. Ушакова ; Санкт-Петербургский нац. исслед. ун-т инф. технологий, механики и оптики. – СПб., 2014. – 126 с.
5. Скурихин, В. Н. Методы анализа витаминов А, D, Е и каротина в биологических объектах и продуктах животноводства / В. Н. Скурихин, С. В. Шабаев. – М. : Химия, 1996. – 96 с.
6. Азарова, О. В. Флавоноиды: механизм противовоспалительного действия / О. В. Азарова, Л. П. Галактионова // Химия растительного сырья. – 2012. – № 4. – С. 61–78.

УДК 664.4

**В. К. Мазо, доктор биологических наук, профессор;
Н. А. Бирюлина, Ю. С. Сидорова, кандидат биологических наук;
А. А. Кочеткова, доктор технических наук, профессор**

*ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания,
биотехнологии и безопасности пищи»,
г. Москва, Российская Федерация*

ФИКОЦИАНИНЫ *ARTHROSPIRA PLATENSIS*: ТЕСТИРОВАНИЕ *IN VIVO* И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СОСТАВЕ ИННОВАЦИОННОЙ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ

Аннотация. В статье представлены результаты исследований *in vitro* и *in vivo* антиоксидантных, гипогликемических, гиполипидемических, противовоспалительных и нейропротекторных свойств биомассы *A. platensis* и экстрактов с высоким содержанием фикоцианинов. Рассматриваются перспективы их получения для дальнейшего использования в составе специализированной пищевой продукции.

Ключевые слова: фикоцианин, фикоцианобилин, экстракция, антиоксидантная активность, противовоспалительная активность, апоптоз, исследования *in vitro* и *in vivo*.

**V. K. Mazo, Doctor of Biological Sciences, Professor;
N. A. Biryulina, Yu. S. Sidorova, Candidate of Biological Sciences;
A. A. Kochetkova, Doctor of Technical Sciences, Professor**

*FSBOS "Federal Research Center of Nutrition, Biotechnology and Food Safety",
Moscow, Russian Federation*

PHYCOCYANINS *ARTHROSPIRA PLATENSIS*: IN VIVO TESTING PROSPECTS FOR USE IN INNOVATIVE SPECIALTY FOOD PRODUCTS

Abstract. The article presents the results of *in vitro* and *in vivo* studies of the antioxidant, hypoglycemic, hypolipidemic, anti-inflammatory and neuroprotector properties of *A. platensis* biomass and extracts with a high content of phycocyanins. The prospects for their production for further use in specialized food products are considered.

Keywords: phycocyanin, phycocyanobilin, extraction, antioxidant activity, apoptosis antiinflammatory activity, *in vitro* and *in vivo* studies.

Введение. Одним из ключевых условий при создании новой отечественной специализированной пищевой продукции (СПП), отвечающей высоким требованиям качества и обеспечения конкурентоспособности, является ее доклиническое тестирование и соответствующее обоснование эффективности с позиций доказательной медицины.

Цель данного краткого обзора – оценить перспективность использования в профилактическом и (или) восстановительном питании концентратов фикоцианинов (С-фикоцианина и аллофикоцианина) пищевой цианобактерии *Arthrospira platensis* (*A. platensis*).

С-фикоцианин (С-ФКЦ) состоит из двух α - и β -субъединиц с гексамерной конформацией $(\alpha\beta)_6$ при pH 5,0–6,0 и тримерной конформацией $(\alpha\beta)_3$ при pH 7,0. В растворе фикоцианин представляет собой сложную смесь мономеров, тримеров, гексамеров и других олигомеров с молекулярной массой от 44 до 260 кДа. Аллофикоцианин состоит из тримера $(\alpha\beta)_3$ при нейтральном pH с молекулярной массой 110 кДа. Обе субъединицы α и β содержат один хромофор – фикоцианобилин [1]. Методы получения экстрактов из биомассы *A. platensis* на первом этапе включают разрушение клеточной стенки и последующее ресуспендирование ФКЦ в водном или буферном растворе. Комбинирование методов экстракции и очистки позволяет получать концентраты ФКЦ с высоким суммарным содержанием и степенью чистоты. Сочетание ультразвука с ферментативной экстракцией позволяет получить высокий выход ФКЦ- 92,73 мг/г сухой биомассы и чистоту 1,09 [2]. Сульфатно-аммонийное осаждение белков из экстрактов *A. platensis* позволяет в 2–3 раза повысить степень чистоты получаемого промежуточного продукта [3, 4].

В работе [5] представлены результаты сравнительной экспериментальной оценки четырех различных методов выделения и очистки ФКЦ из биомассы, включающие стадии экстракции, сульфатно-аммонийного осаждения, ионообменной хроматографии и гель-фильтрации. Извлечение и очистка ФКЦ из биомассы *A. platensis* с использованием хитозана и активированного угля (в качестве адсорбентов примесей) с последующей одноступенчатой ионообменной хроматографией на ДЕАЕ сефадексе (название анионообменной реакционноспособной группы, диэтиламиноэтанола, ковалентно связанной с сефадексом) позволили получить препарат с чистотой, равной 4,3 [6]. В исследовании [7] был также разработан относительно простой метод получения высокоочищенных ФКЦ (чистота 4,5), включающий последовательные стадии размораживания и оттаивания биомассы *A. platensis*, сульфатно-аммонийное осаждение и одностадийную хроматографию на ДЕАЕ целлюлозе.

Благоприятные эффекты потребления экстрактов биомассы *A. platensis* с высоким содержанием ФКЦ показаны при индуцированных *in vivo* нарушениях углеводного и (или) жирового обмена. Пероральное введение ФКЦ (50 мг/кг массы тела крыс) в течение 30 дней снижало уровень липидов и глюкозы крови, а также препятствовало развитию резистентности к инсулину у крыс с гиперлипидемией [8]. Потребление ФКЦ в дозе 100–200 мг/кг массы тела в течение 21 дня и 45 дней снижало уровень глюкозы в крови, общего холестерина, липопротеинов низкой плотности и триглицеридов в сыворотке крови и печени животных, повышало уровень липопротеинов высокой плотности у крыс Вистар с индуцированным введением стрептозотацина диабетом 2-го типа [9]. Потребление ФКЦ (300 мг/кг массы тела) в течение 10 недель

предотвращало развитие альбуминурии и мезангиальной экспансии почек у мышей линии db/db, нормализовало выработку трансформирующего фактора роста бета и экспрессию фибронектина [10]. В эксперименте *in vivo* на мышцах линии CD-1 потребление ФКЦ (18 мг/кг массы тела) снижало уровень окислительного стресса, вызванного введением цисплатина, сохраняя активность антиоксидантных ферментов и предотвращая повреждение клеток почек [11]. В исследовании [12] на белых крысах-самцах показано, что ФКЦ (50–200 мг/кг массы тела) оказывал защитное действие на клетки гепатоцитов за счет уменьшения накопления перекисного окисления липидов в микросомах печени на модели внутрибрюшинного введения CCl₄. В работе [13] в опытах *in vitro* (эндотелиальные клетки линии EA.hy 926) и *in vivo* с использованием мышей, дефицитных по аполипопротеину E, биомасса *A. platensis* и фикоцианобилин активировали атеропротекторную гем-оксигеназу-1 (Hmox1) и оказывали модулирующее действие на маркеры окислительного стресса: эндотелиальную синтазу оксида азота (eNOS), субъединицу НАДФН оксидазы p22 (phox), сосудистый белок клеточной адгезии-1 (VCAM-1).

Многообещающим биотехнологическим подходом, позволяющим влиять на физико-химические характеристики и биологические эффекты ФКЦ, представляется включение в их состав эссенциальных микроэлементов с целенаправленным добавлением в среду культивирования биомассы *A. platensis* неорганических солей этих микроэлементов [14]. Мономерная, тримерная и гексамерная формы селенсодержащего ФКЦ были выделены уже достаточно давно [15]. Концентрации селена в составах мономера, тримера и димера составляли 197, 289 и 422 мкг/г белка. Повышение содержания селена в ФКЦ положительно коррелировало с поглощающей способностью в отношении радикалов супероксида и перекиси водорода. В опытах *in vivo* потребление селенсодержащего ФКЦ эффективно уменьшало проявления колита у мышей-самцов линии C57BL/6, вызванного введением декстран сульфата натрия (возраст – 7 недель) [16]. Имели место уменьшение потери массы тела и воспалительного поражения толстой кишки. Противовоспалительный эффект проявлялся модуляцией уровня цитокинов, включая IL-6, 35 TNF- α , MCP-1 и IL-10, ингибированием активации макрофагов, подавлением ядерной транслокации NF- κ B, участвующего в транскрипции провоспалительных цитокинов.

Болезни системы кровообращения являются ведущей причиной в структуре смертности в Российской Федерации, и около 30 % из них приходится на цереброваскулярные заболевания. Ишемия ткани мозга характеризуется снижением мозгового кровотока ниже функциональной нормы, что приводит к развитию митохондриальной дисфункции, и в условиях ишемии мозга митохондрии вырабатывают высокореактивные формы кислорода, формируя окислительный стресс как триггер для включения биохимического каскада апоптоза. Соответственно наличие выраженных антиоксидантных и противовоспалительных эффектов ФКЦ и продуктов их протеолиза обосновывает проведение исследований по тестированию *in vivo* их нейропротекторных

свойств с целью возможного их дальнейшего использования в клинической практике. В работе [17] взрослым крысам-самцам после потребления *A. platensis* в течение 4 недель перевязывали правую среднюю мозговую артерию на 60 мин. Потребление рациона, обогащенного *A. platensis*, уменьшало объем ишемии в коре головного мозга и повышало двигательную активность после инсульта. Активность каспазы-3 в ишемизированном полушарии и апоптоз были значительно снижены. При моделировании глобальной транзиторной ишемии головного мозга у песчанки имело место нейропротекторное действие С-ФКЦ, вводимого либо в 30%-й концентрации внутривенно однократно в течение семи суток до ишемии, либо при внутривенных инъекциях С-ФКЦ после ишемии. Объем инфаркта и неврологическая дисфункция были значительно уменьшены при введении С-ФКЦ через 24 ч после ишемического повреждения. Увеличивались выживаемость нейронов в гиппокампе, восстановление двигательной активности и выживаемости песчанок с ишемией через 7 суток после повреждения [18]. Авторы работы [19] отмечают цитопротекторное влияние С-ФКЦ на первичные астроциты, способствуя выживанию клеток микроглии в культуре, подверженной токсичному воздействию липополисахаридов, и снижению уровней мРНК индуцируемой синтазы оксида азота (iNOS), циклооксигеназы-2 (COX-2), TNF- α и IL-6 в этих клетках.

Концентраты ФКЦ также являются перспективным биотехнологическим объектом для получения инновационной БАВ путем протеолиза хромопептидов пептидных фракций, содержащих фикоцианобилины [20]. Физиологические эффекты перорального приема С-ФКЦ обусловлены в первую очередь за счет абсорбции короткоцепочечных хромопептидов, которые образуются в процессе переваривания белковой макромолекулы и могут быть основной формой, в которой происходит всасывание фикоцианобилина. Имитация переваривания белка в желудочно-кишечном тракте была использована в качестве технологического подхода к получению биоактивных пептидов с повышенной резистентностью к расщеплению после перорального приема [21]. Восемь хромопептидов, содержащих 2–13 аминокислот, образовавшихся в результате деградации пепсином С-фикоцианина при pH 1,2, были выделены с помощью полупрепаративной ВЭЖХ. Эти хромопептиды обладали антиоксидантной, антигемолитической и антиканцерогенной активностью.

Заключение. Особенности химической структуры фикоцианинов *A. platensis*, включающей как полипептидные цепи, так и тетрапирольное кольцо хромофора-фикоцианобиллина, определяют широкий спектр биологической активности этих билипротеинов. Очевидны перспективы разработки инновационных технологических подходов к переработке биомассы *A. platensis*, получению концентратов с высоким содержанием ФКЦ. Их дальнейшее использование в качестве ингредиентов СПП послужит сохранению и повышению уровня здоровья населения Российской Федерации.

Финансирование. Работа проведена за счет средств, выделяемых для реализации государственного задания № FGMP-2022-0002.

Список использованных источников

1. Phycobiliproteins from cyanobacteria: Chemistry and biotechnological applications / F. Pagels [et al.] // *Biotechnology Advances*. – 2019. – Vol. 37, № 3. – P. 422–443.
2. Increased thermal stability of phycocyanin extracted from *Spirulina platensis* by cysteine addition during enzyme extraction / C. W. Lee [et al.] // *Food Sci. Technol.* – 2022. – Vol. 42. – P. 15021.
3. Single-step chromatography for simultaneous purification of C-phycocyanin and allophycocyanin with high purity and recovery from *Spirulina (Arthrospira) platensis* / S. Yan [et al.] // *J. Appl. Phycol.* – 2011. – Vol. 23. – P. 1–6.
4. Analytical Grade Purification of Phycocyanin from Cyanobacteria / M. I. Khazi [et al.] // *Methods in Molecular Biology*. – 2020. – P. 173–179.
5. Patel, A. Purification and characterization of C-Phycocyanin from cyanobacterial species of marine and freshwater habitat / A. Patel [et al.] // *Protein Expression and Purification*. – 2005. – Vol. 40. – P. 248–255.
6. Liao, X. Purification of C-Phycocyanin from *Spirulina platensis* by Single-Step Ion-Exchange Chromatography / X. Liao, B. Zhang, X. Wang // *Chrom.* – 2011. – Vol. 73. – P. 291–296
7. Extraction and purification of C-phycocyanin from *Spirulina platensis* (CCC540) / D. Kumar [et al.] // *Ind. J. Plant. Physiol.* – 2014. – Vol. 19, № 2. – P. 184–188.
8. Hypoglycemic and hypolipidemic effects of spirulina platensis, phycocyanin, phycocyanopeptide and phycocyanobilin on male diabetic rats / E. El-Sayed [et al.] // *Arab. Univ. J. Agric. Sci.* – 2018. – Vol. 26. – P. 1121–1134.
9. Therapeutic Efficacy of Natural Product ‘C-Phycocyanin’ in Alleviating Streptozotocin-Induced Diabetes via the Inhibition of Glycation Reaction in Rats / A. Husain [et al.] // *Int. J. Mol. Sci.* – 2022. – Vol. 23. – P. 14235.
10. Phycocyanin and phycocyanobilin from *Spirulina platensis* protect against diabetic nephropathy by inhibiting oxidative stress / J. Zheng [et al.] // *Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.* – 2013. – Vol. 304. – P. 110–120.
11. C-Phycocyanin prevents cisplatin-induced nephrotoxicity through inhibition of oxidative stress / B. Fernández-Rojas [et al.] // *J. Food Funct.* – 2014. – Vol. 5. – P. 480–490.
12. Bhat, V. B. C-Phycocyanin: A Potent Peroxyl Radical Scavenger in Vivo and in Vitro / V. B. Bhat, K. Madyastha // *Biochem. Biophys. Res. Commun.* – 2000. – Vol. 275. – P. 20–25.
13. Strasky, Z. *Spirulina platensis* and phycocyanobilin activate atheroprotective heme oxygenase-1: a possible implication for atherogenesis / Z. Strasky, L. Zemankova, I. Nemeckova // *Food Funct.* – 2013. – Vol. 4, № 11. – P. 1586–1594.
14. Мазо, В. К. Новые пищевые источники эссенциальных микроэлементов-антиоксидантов / В. К. Мазо, И. В. Гмошинский, Л. И. Ширина. – М. : Миклош, 2008. – 208 с.
15. Characterization and antioxidant activity of selenium-containing phycocyanin isolated from *Spirulina platensis* / Z. Huang [et al.] // *Food Chemistry*. – 2007. – Vol. 100. – P. 1137–1143.
16. Zhu, C. Selenium-Containing Phycocyanin from Se-Enriched *Spirulina platensis* Reduces Inflammation in Dextran Sulfate Sodium-Induced Colitis by Inhibiting NF-κB Activation / C. Zhu, Q. Ling, Z. Cai // *J. Agric. Food Chem.* – 2016. – Vol. 22, № 64. – P. 5060–5070.
17. Thaakur, S. Neuroprotective effect of *Spirulina* in cerebral ischemia-reperfusion injury in rats / S. Thaakur, R. Sravanthi // *J. Neural. Transm.* – 2010. – Vol. 117, № 9. – P. 1083–1091.
18. C-Phycocyanin is neuroprotective against global cerebral ischemia/reperfusion injury in gerbils / G. Penton-Rol [et al.] // *Brain Res. Bull.* – 2011. – Vol. 86, № 1. – P. 42–52.
19. Giselle, P. R. C-Phycocyanin-derived Phycocyanobilin as a Potential Nutraceutical Approach for Major Neurodegenerative Disorders and COVID-19-induced Damage to the Nervous System / P. R. Giselle, J. M. Prida // *Current Neuropharmacology*. – 2021. – Vol. 19. – P. 2250–2275.
20. Li, Y. The Bioactivities of Phycocyanobilin from *Spirulina* / Y. Li // *J. Immunol. Res.* – 2022. – Vol. 11. – P. 4008991.
21. Digestion by pepsin releases biologically active chromopeptides from C-phycocyanin, a blue-colored biliprotein of microalga *Spirulina* / S. L. Minic [et al.] // *Journal of Proteomics*. – 2016. – Vol. 147. – P. 132–139.

УДК 663.8:658.562

**С. Л. Масанский, кандидат технических наук, доцент;
О. В. Крукович**

*Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий,
г. Могилёв, Республика Беларусь*

ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ АНТИОКСИДАНТНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ НАПИТКОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Аннотация. Приведено обоснование того, что окислительно-восстановительный потенциал может являться обобщенным показателем качества, характеризующим антиоксидантный эффект напитков, а также служить основным критерием процесса управления формированием и сохранением потребительских свойств напитков с антиоксидантным эффектом на всех этапах их жизненного цикла, что позволит снизить ресурсоемкость данного процесса.

Ключевые слова: напитки функционального назначения, антиоксидантный эффект, показатели качества, окислительно-восстановительный потенциал.

**S. L. Masansky, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
O. V. Krukovich**

*Belarusian State University of Food and Chemical Technologies,
Mogilev, Republic of Belarus*

REDOX POTENTIAL AS AN INDICATOR OF ANTIOXIDANT EFFECTIVENESS OF FUNCTIONAL BEVERAGES

Abstract. A justification is given for the fact that the redox potential can be a general indicator of quality characterizing the antioxidant effect of drinks, and also serve as the main criterion for the process of managing the formation and preservation of consumer properties of drinks with an antioxidant effect at all stages of their life cycle, which will reduce the resource intensity of this process.

Keywords: functional drinks, antioxidant effect, quality indicators, redox potential.

Введение. Действующая в Республике Беларусь нормативная документация не предусматривает оценку показателя антиоксидантной активности безалкогольных напитков как одну из характеристик их потребительских свойств. Вместе с тем актуальной является проблема подтверждения на практике заданного эффекта напитков. Среди технических нормативных правовых актов, регулирующих жизненный цикл продуктов функционального назначения на территории Таможенного союза, только ГОСТ Р 54059 «Продукты пищевые функциональные. Ингредиенты пищевые функциональные. Классификация и общие требования» в достаточной степени определяет функциональные пищевые ингредиенты, обеспечивающие антиоксидантный эффект

напитков: витамины С, Е, каротиноиды, флавоноиды (антоцианины), микроэлементы (селен) [1]. Таким образом, для подтверждения антиоксидантного эффекта безалкогольных напитков необходимо определить количественное содержание в них функциональных пищевых ингредиентов антиоксидантной природы, что является достаточно ресурсозатратным процессом.

По мнению Е. Н. Шарафутдиновой, «информации о составе отдельных веществ-антиоксидантов, как правило, недостаточно, чтобы судить об антиоксидантной активности в целом, так как в этом случае не учитываются процессы совместного действия антиоксидантов и влияния многокомпонентной матрицы исследуемого объекта, каковыми являются пищевые продукты» [2].

Таким образом, существуют определенные трудности в установлении количественных критериев, характеризующих антиоксидантный эффект напитков. Еще одной проблемой является отсутствие единого метода оценки антиоксидантной активности соединений, а также возможности сравнения результатов, полученных разными методами.

В настоящее время доказательная база фундаментальных и прикладных знаний, подтверждающих антиоксидантный эффект питьевых вод и напитков с отрицательным окислительно-восстановительным потенциалом, достаточно развита. Определение окислительно-восстановительного потенциала (ОВП) потенциометрическим методом не требует больших ресурсов, метод прост и доступен.

Исходя из этого, *цель* нашего исследования заключалась в аргументации эффективности использования показателя окислительно-восстановительного потенциала как критерия антиоксидантных свойств напитков.

В методологическую основу представленного исследования легла совокупность ряда методов научного познания: контент-анализ, методы дедукции, обобщения, классификации.

Результаты и их обсуждение. С целью получения количественного описания содержания текста о том, что показатель ОВП может являться количественной характеристикой антиоксидантных свойств напитков, использовали метод контент-анализа, который позволяет вести объективный подсчет и систематически фиксировать получаемые данные [3].

В результате анализа актуальных научных публикаций нами приведено теоретическое обоснование того, что показатель ОВП может являться одним из идентификационных признаков напитков функционального назначения с антиоксидантным эффектом и критерием отнесения их к напиткам данной категории. В частности, обзор 65 публикаций в предметной области исследования установил 95 % утверждений о том, что жидкости с отрицательным ОВП обладают антиоксидантным эффектом за счет улучшения метаболических процессов, стимулирования регенерации тканей, повышения устойчивости организма, улучшения кровообращения, оказания положительного действия на процессы восстановления в нервной и нервно-мышечной ткани и прочих эффектов, полученных в условиях *in vivo*. Безопасность электроак-

тивированных водных растворов подтверждена в работах А. Д. Брездынюка, К. М. Резникова, Ю. Н. Латышевой, Ю. А. Левченко и др. [4–6]. Остальные 5 % публикаций содержали информацию о том, что потенциометрический метод не является достоверным методом для измерения антиоксидантной активности растворов с отрицательным ОВП [7, 8].

Несмотря на то, что окислительно-восстановительные свойства жидкостей с отрицательным ОВП существенно влияют на их терапевтическую активность, насчитывается крайне ограниченное число исследований, использующих ОВП в качестве молекулярного дескриптора.

Безалкогольные напитки могут содержать в составе биоантиоксиданты и (или) быть активированными растворами. Корреляция между показателем ОВП и антиоксидантной активностью модельной системы, содержащей аскорбиновую кислоту, α -токоферол, ионол и кверцетин дигидрат, показана в работах А. К. Евсеева: с увеличением антиоксидантной активности системы значение показателя ОВП смещалось в сторону отрицательных значений. При этом наибольшую антиоксидантную активность проявил кверцетин, что соответствует данным работы [9].

Собственные исследования также показали зависимость показателя ОВП воды и экстрактов из некоторого растительного сырья (листьев крапивы, цветков бузины, плодов можжевельника) от концентрации аскорбиновой кислоты (рис. 1).

Полученные данные показали, что добавление 0,1%-го раствора аскорбиновой кислоты привело к заметному снижению величины ОВП растительных экстрактов и воды. Так, добавление к экстрактам из растительного сырья 17,5 % 0,1%-го раствора аскорбиновой кислоты увеличило их восстановительную способность: из листьев крапивы – на 28,6 %; из цветков бузины – на 63,4 %; из плодов можжевельника – на 42 %. Значение pH экстрактов при этом снижалось незначительно.

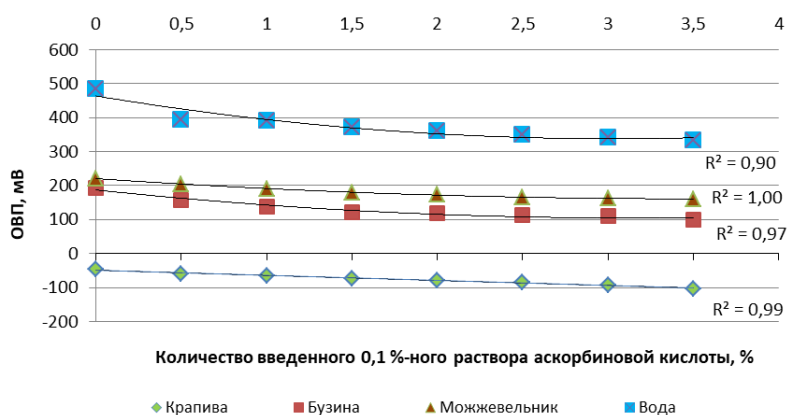


Рис. 1. Изменение величины ОВП в зависимости от количества, введенного в экстракт 0,1%-го раствора аскорбиновой кислоты

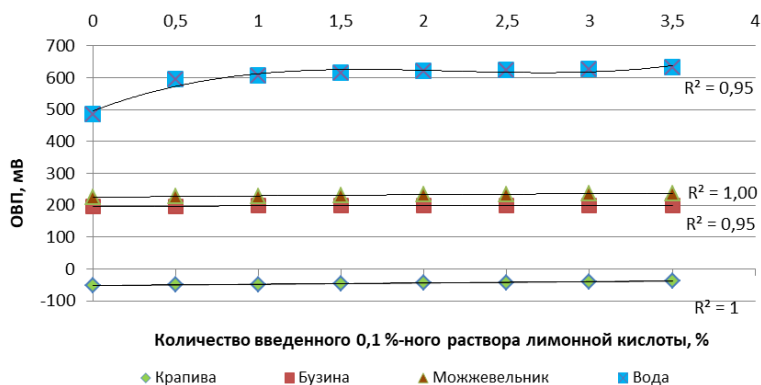


Рис. 2. Изменение величины ОВП в зависимости от количества, введенного в растительный экстракт 0,1%-го раствора лимонной кислоты

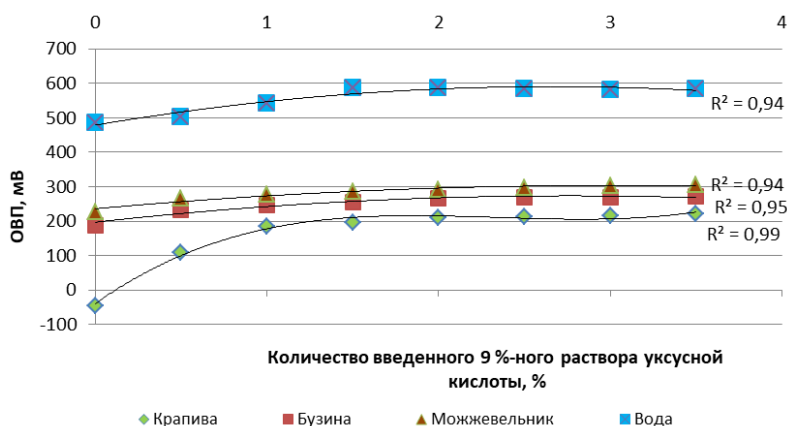


Рис. 3. Изменение величины ОВП в зависимости от количества, введенного в растительный экстракт 9%-го раствора уксусной кислоты

Зависимости значения ОВП от веществ, не являющихся антиоксидантами (на примере лимонной и уксусной кислот), показаны на рис. 2 и 3.

Добавление в экстракты из растительного сырья и воду 0,1%-го раствора лимонной кислоты привело к слабому росту величины ОВП, 9%-го раствора уксусной кислоты – к заметному росту. Разница в темпах роста значения ОВП двух последних экспериментов обусловлена различием в концентрации кислот.

Заключение. Таким образом, результаты собственных экспериментальных исследований и исследований других ученых подтверждают, что ОВП может являться показателем антиоксидантных свойств напитков и, тем самым, количественным критерием аргументированного анализа товароведных характеристик напитков с антиоксидантным эффектом. Кроме того, определение ОВП потенциометрическим методом не требует больших ресурсов, метод прост и доступен.

Список использованных источников

1. Продукты пищевые функциональные. Ингредиенты пищевые функциональные. Классификация и общие требования : ГОСТ Р 54059-2010. – Введ. 30.11.10. – М. : Стандартиформ, 2011. – 8 с.
2. Шарафутдинова, Е. Н. Потенциометрия в исследовании антиоксидантной активности объектов растительного происхождения : автореф. дис. ... канд. хим. наук : 02.00.02 / Е. Н. Шарафутдинова ; Уральский гос. экономический ун-т. – Екатеринбург, 2007. – 28 с.
3. Социология за рубежом [Электронный ресурс] // НИУ ВШЭ. – Режим доступа: www.hse.ru. – Дата доступа: 14.10.2023.
4. Брездынюк, А. Д. Изменение окислительно-восстановительного потенциала жидких сред организма / А. Д. Брездынюк, С. С. Селявин, Т. Г. Трофимова // Журнал научных статей «Здоровье и образование в XXI веке». Сер. «Медицина». – 2012. – Т. 14 (1). – С. 205–206.
5. Системный анализ безопасности и фармакологических свойств электроактивированных водных растворов / К. М. Резников [и др.] // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2008. – Т. 7, № 2. – С. 409–413.
6. Влияние жидкостей с различным окислительно-восстановительным потенциалом на течение кариеса и пародонтита [Электронный ресурс] / К. М. Резников [и др.] // Вестн. новых мед. технологий. Электронный журнал. – 2014. – № 1. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22988202>. – Дата доступа: 14.10.2023.
7. Van Raamsdonk, J. M. Reactive Oxygen Species and Aging in *Caenorhabditis elegans*: Causal or Casual Relationship? / J. M. Van Raamsdonk, S. Hekimi // *Antioxid Redox Signal*. – 2010. – № 13 (12). – P. 1911–1953.
8. Некрасова, Л. П. Проблемы измерения и интерпретации окислительно-восстановительного потенциала активированных вод / Л. П. Некрасова // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. – № 11-2. – С. 13–17.
9. Евсеев, А. К. Электрохимические технологии для диагностики и коррекции нарушения гомеостаза : автореф. дис. ... д-ра хим. наук : 05.17.03 / А. К. Евсеев ; Рос. хим.-технол. ун-т им. Д. И. Менделеева. – М., 2015. – 34 с.

УДК 664.8

**С. В. Волкова, кандидат технических наук, доцент;
Ю. С. Назарова, кандидат технических наук, доцент**

*Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий,
г. Могилёв, Республика Беларусь*

ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ НАСТОЕВ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ В БЕЗАЛКОГОЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Аннотация. Проведение исследований по изучению возможности производства функциональных напитков с использованием водных настоев из растительного сырья с повышенной биологической ценностью.

Ключевые слова: мелисса, чабрец, тысячелистник, липа, зверобой, черемуха, смородина, водные настои, композиции.

**S. V. Volkova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
Yu. S. Nazarova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor**

*Belarusian State University of Food and Chemical Technologies,
Mogilev, Republic of Belarus*

STUDYING THE POSSIBILITY OF USING WATER INFUSIONS FROM PLANT RAW MATERIALS IN NON-ALCOHOLIC PRODUCTION

Abstract. Conducting research to study the possibility of producing functional drinks using aqueous infusions from plant materials with increased biological value.

Keywords: lemon balm, thyme, yarrow, linden, St. John's wort, bird cherry, currant, water infusions, compositions.

В настоящее время все большую значимость приобретает задача по созданию и расширению производств, выпускающих напитки специального назначения с лечебно-профилактическими, профилактическими, оздоровительными и антиоксидантными свойствами. В связи с этим современные направления научно-исследовательских работ в безалкогольной отрасли могут быть акцентированы на создании функциональных напитков для массового потребления на натуральной растительной основе с антиоксидантными свойствами.

Использование широкого ассортимента местного растительного сырья будет способствовать созданию новых видов безалкогольных функциональных напитков.

Вещества, накапливаемые в растениях, действуют на организм мягче, чем синтетические препараты, физиологическая активность их шире. Поэтому при использовании растительного сырья получаемые сиропы, концентраты,

концентрированные основы, экстракты обогащаются не только максимально легкоусвояемыми веществами, но и микро- и макроэлементами, флавоноидами, органическими кислотами, витаминами, антиоксидантами и другими биологически активными веществами [1–3].

При реализации поставленной цели планируется решить следующие задачи: изучить режимные параметры процесса настаивания растительного сырья с использованием в качестве экстрагента воды; исследовать качественные характеристики водных настоев из растительного сырья; подобрать и составить композиции настоев из растительного сырья. Предполагается, что использование различных сочетаний водных настоев из растений, обладающих биологически-активными свойствами, позволит получить новый, не имеющий аналогов на рынке безалкогольной продукции, напиток.

Поэтому вначале были проведены исследования по выбору режимов настаивания и определению физико-химических показателей настоев из растительного сырья. Для этого методом дигестии готовили водные настои трав. Соотношение сырье–вода составляло 1:10, время выдержки – 15, 30, 45 и 60 мин. В полученных настоях определяли содержание сухих веществ, фенольных веществ и окислительно-восстановительный потенциал. Данные представлены на рис. 1–3.

Как видно из рис. 1, больше всего сухих веществ накопилось в черемухе, независимо от продолжительности выдержки. Накопление сухих веществ в мелиссе, также независимо от продолжительности выдержки, составило 3,6 % во всех образцах. Меньше всего сухих веществ накопилось в настое зверобоя при выдержке в течение 15 мин и температуре 80 °С и составило 0,8 %, а еще в настоях из липы – 1,1 %.

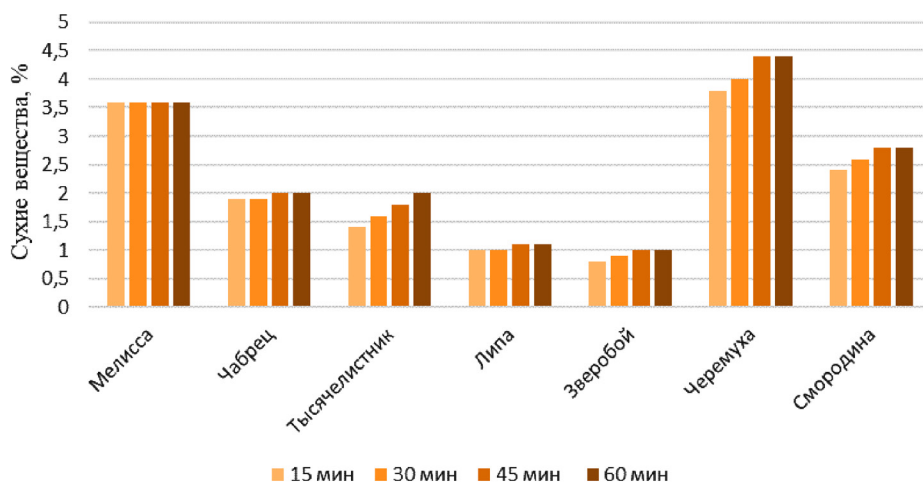


Рис. 1. Изменение содержания сухих веществ в различных видах водных настоев из растительного сырья в зависимости от продолжительности настаивания при гидромодуле 1:10

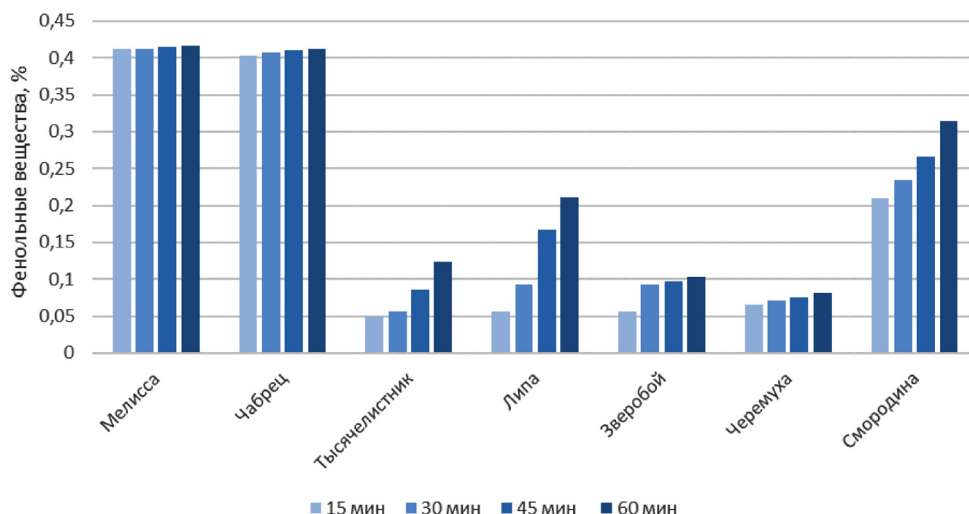


Рис. 2. Изменение содержания фенольных веществ в различных видах водных настоев из растительного сырья в зависимости от продолжительности настаивания при гидромодуле 1:10

Данные, представленные на рис. 2, свидетельствуют, что в зависимости от времени выдержки заметное увеличение содержания фенольных веществ наблюдалось в образцах тысячелистника, липы, зверобоя, черемухи и смородины. Так, в ходе экстракции липы количество фенольных соединений с 0,056 % при настаивании 15 мин увеличилось до 0,211 % при выдержке 60 мин. В ходе экстракции смородины содержание фенольных веществ возросло с 0,21 до 0,314 %. В образцах мелиссы и чабреца продолжительность настаивания не влияла на накопление фенольных веществ и составляла от 0,412 до 0,416 % в мелиссе, и от 0,404 до 0,412 % в чабреце. По наибольшему содержанию фенольных соединений при продолжительности выдержки 60 мин образцы настоев расположились в следующем порядке: мелисса (0,416 %), чабрец (0,412 %), смородина (0,314 %), липа (0,211 %). Наименьшее содержание фенольных соединений при продолжительности выдержки 60 мин наблюдалось в тысячелистнике (0,124 г), зверобое (0,103 г) и черемухе (0,082 %).

В зависимости от времени выдержки наблюдалось постепенное и равномерное увеличение окислительно-восстановительного потенциала (рис. 3). Наибольшее увеличение произошло в образце с липой, а также со смородиной. В ходе экстракции липы в течение 15 мин ОВП составил 322,8, а в дальнейшем при выдержке 60 мин наблюдалось повышение ОВП до 346. В ходе экстракции смородины в течение 15 мин ОВП составил 318, и в последующем происходило его дальнейшее увеличение до 330 при выдержке 60 мин. Повышения ОВП в образцах мелиссы в зависимости от времени выдержки не наблюдалось (данный показатель составил от 309,6 при выдержке 15 мин до 310,8 при выдержке 60 мин), чабреца – с 317,4 до 318,6, тысячелистника – с 324

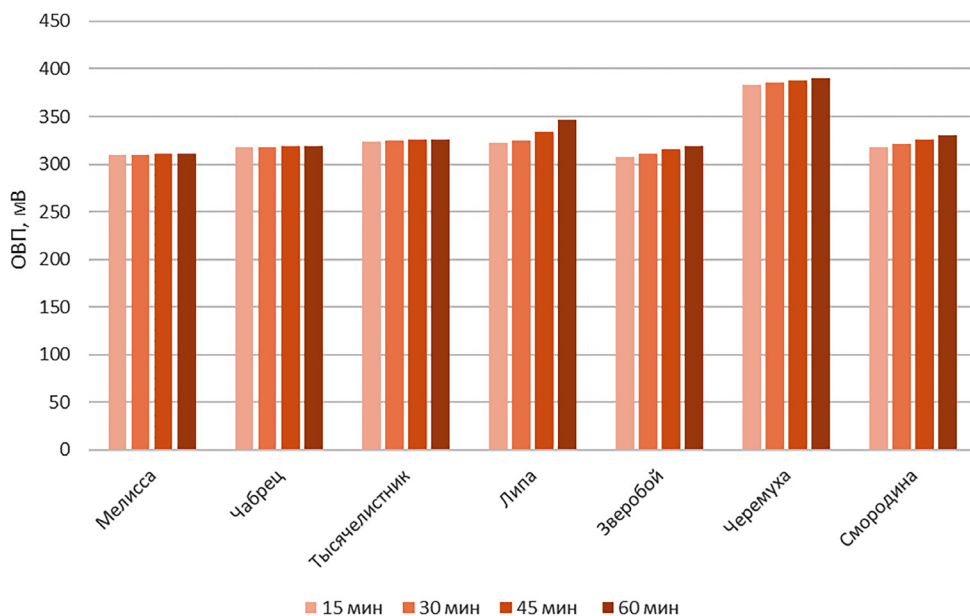


Рис. 3. Изменение ОВП в различных видах водных настоев из растительного сырья в зависимости от продолжительности настаивания при гидромодуле 1:10

до 326,4. Следовательно, наибольшее значение ОВП отмечалось в образце с черемухой (390), а наименьшее – в образце со зверобоем (307,6 при выдержке в течение 60 мин).

Таким образом, при водной экстракции наибольшее накопление сухих веществ в водных настоях наблюдалось у черемухи независимо от продолжительности выдержки, затем по накоплению экстракта травы расположились в следующем порядке – мелисса, смородина, тысячелистник и чабрец, липа и зверобой; наибольшее значение ОВП наблюдалось в образцах с черемухой при выдержке в течение 60 мин. Наименьшее значение ОВП было в образцах настоев со зверобоем при выдержке в течение 15 мин и гидромодуле 1:10; по наибольшему содержанию фенольных соединений при гидромодуле 1:10 при продолжительности выдержки 60 мин образцы настоев расположились в следующем порядке: мелисса, чабрец, смородина, липа.

На следующем этапе исследований определяли наиболее оптимальный вариант состава композиций водных настоев трав. При составлении композиций руководствовались наиболее распространенными сочетаниями вкусоароматических профилей исследуемых экстрактов, а также содержанием фенольных веществ и значением окислительно-восстановительного потенциала. Таким образом были получены 6 композиций, состоящих из образцов водных настоев трав.

1-я серия для сырья, обладающего наибольшим количеством дубильных веществ: композиция № 1 – мелисса, чабрец, листья смородины; композиция

№ 2 – Melissa, чабрец, липа, смородина; композиция № 3 – Melissa, чабрец, зверобой, листья смородины.

2-я серия для сырья, обладающего наибольшим значением окислительно-восстановительного потенциала: композиция № 4 – тысячелистник, липа, черемуха; композиция № 5 – тысячелистник, зверобой, черемуха; композиция № 6 – тысячелистник, липа, зверобой, черемуха, листья смородины.

В составленных композициях водных настоев трав были исследованы качественные показатели, которые приведены в таблице.

Качественные показатели композиций

Показатель	Композиция					
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
Массовая доля сухих веществ, %	2,8	1,6	1,2	2,2	1,6	1,1
Содержание фенольных веществ, %	0,380	0,297	0,330	0,339	0,096	0,198
Содержание витамина С, мг на 100 г	39,3	30,2	27,9	36,4	16,4	25,6
pH	5,67	5,60	5,75	5,16	4,74	5,18

Анализируя данные, представленные в таблице, можно сделать вывод о том, что наибольшим содержанием сухих веществ характеризовалась композиция № 1 – 2,8 %, а наименьшим – композиции № 3 и № 6 – 1,2 и 1,1 % соответственно.

В процессе изучения содержания аскорбиновой кислоты установлено, что в композиции № 1 (39,3 мг на 100 г) содержалось больше всего, по сравнению с другими композициями, витамина С, и это, вероятно, связано с тем, что в этой композиции содержатся листья смородины. Меньше всего витамина С содержалось в композиции № 5 – 16,4 мг на 100 г.

Проведенные исследования показали, что композиция № 1 характеризовалась наибольшей концентрацией фенольных веществ – 0,38 %, наименьшее содержание указанных веществ было отмечено в композиции № 5 – 0,096 %.

Таким образом, для дальнейших исследований при составлении рецептур безалкогольных сиропов были выбраны композиции № 1 и № 4, обладающие наибольшим содержанием сухих, фенольных веществ и содержанием витамина С.

Список использованных источников

1. Георгиевский, В. П. Биологически активные вещества лекарственных растений / В. П. Георгиевский, Н. Ф. Комисаренко, С. Е. Дмитрук. – Новосибирск : Наука, Сибирское отделение, 1990. – 333 с.
2. Домарецкий, В. А. Технология экстрактов, концентратов и напитков из растительного сырья / В. А. Домарецкий. – М. : Форум, 2007. – 444 с.
3. Поляков, В. А. Плодово-ягодное и растительное сырье в производстве напитков / В. А. Поляков, И. И. Бурачевский, А. В. Тихомиров. – М. : ДеЛи принт, 2011. – 523 с.

УДК 664.684

¹ **З. В. Ловкис, академик НАН Беларуси, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Республики Беларусь;**

¹ **Л. В. Евтушевская, кандидат технических наук;**

¹ **Ю. С. Усеня, кандидат технических наук;**

¹ **М. Ю. Уложникова, кандидат технических наук;**

² **С. С. Гальго, аспирант**

¹ *РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь*

² *ОАО «МинскГразданПроект», г. Минск, Республика Беларусь*

РАЗРАБОТКА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ ПРОДУКЦИИ ДЛЯ ЛЮДЕЙ, РАБОТАЮЩИХ В ТЯЖЕЛЫХ УСЛОВИЯХ ТРУДА

Аннотация. Основной задачей для предприятий пищевой промышленности Республики Беларусь является обеспечение населения страны высококачественными продуктами питания в объемах и ассортименте, необходимых для формирования всесторонне сбалансированного рациона питания на уровне физиологически рекомендуемых норм потребления пищевых веществ. В этой связи актуальным направлением проведения исследований становится разработка специализированной продукции для питания населения различных возрастных групп в зависимости от затрат энергии, условий труда и др. В статье приведены результаты исследований по созданию специализированной продукции с повышенной пищевой ценностью для питания людей, работающих в условиях тяжелого физического труда. В результате проведенной работы подобраны основные и обогащающие ингредиенты, разработаны базовые рецептурные составы специализированных продуктов – энергетических батончиков, определена их пищевая и энергетическая ценность.

Ключевые слова: энергетический продукт, сбалансированное питание, тяжелые условия труда, обогащение, пищевая ценность, математическое моделирование.

¹ **Z. V. Lovkis, Academician of the National Academy of Sciences of Belarus, Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Scientist of the Republic of Belarus;**

¹ **L. V. Evtushevskaya, Candidate of Technical Sciences;**

¹ **Yu. S. Usenia, Candidate of Technical Sciences;**

¹ **M. Yu. Ulozhinova, Candidate of Technical Sciences;**

² **S. S. Galgo, Postgraduate Student**

¹ *RUE “Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food”, Minsk, Republic of Belarus*

² *JSC “MinskGrazhdanProekt”, Minsk, Republic of Belarus*

DEVELOPING SPECIALISED PRODUCTS FOR PEOPLE WORKING IN HARD WORKING CONDITIONS

Abstract. The main task for enterprises of the food industry of the Republic of Belarus is to provide the population of the country with high-quality food products in the volumes and assortment necessary for the formation of a comprehensively balanced diet at the level of physiologically recom-

mended norms of nutrient consumption. In this regard, the development of specialized products for nutrition of the population of different age groups depending on energy costs, working conditions, etc. is becoming an urgent direction of research. The article presents the results of research on the creation of specialized products with increased nutritional value for nutrition of people working in conditions of heavy physical labor. As a result of the work carried out, the main and enriching ingredients were selected, basic recipes for specialized products – energy bars were developed, their nutritional and energy value was determined.

Keywords: energy product, balanced nutrition, heavy working conditions, enrichment, nutritional value, mathematical modeling.

Основной задачей для предприятий пищевой промышленности Республики Беларусь является обеспечение населения страны высококачественными продуктами питания в объемах и ассортименте, необходимых для формирования всесторонне сбалансированного рациона питания на уровне физиологически рекомендуемых норм потребления пищевых веществ. В этой связи актуальным направлением проведения исследований становится разработка специализированной продукции для питания населения различных возрастных групп в зависимости от затрат энергии, условий труда и др. Анализ норм физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для взрослого населения Республики Беларусь, работающего в условиях тяжелого физического труда (IV группа) и особо тяжелого физического труда (V группа), приведенных в требованиях [1], показал существенное отличие от рекомендуемого уровня их суточного потребления, установленного в требованиях [2]. Поэтому возникает необходимость в получении дополнительного количества энергии из источников, богатых жирами, углеводами и микронутриентами, например, за счет употребления между основными приемами пищи продуктов для быстрого перекуса.

Специалистами РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» проводятся исследования по созданию специализированной продукции – энергетических батончиков для питания людей, работающих в тяжелых условиях труда. Основными критериями при создании нового энергетического продукта являлись: повышенная пищевая ценность, хорошие вкусовые качества, сбалансированный состав, полная готовность к употреблению.

В результате анализа продуктов, относящихся к категории «быстрый перекус», их форм и размеров, а также способов употребления, установлено, что наиболее удобный и быстрый перекус может быть обеспечен при употреблении продуктов типа «батончик». Поэтому новый энергетический продукт разработан в виде батончика в форме хлебной трубочки с высококалорийной начинкой на основе сала соленого, с размерами не более 10 см в длину и 2,5 см в диаметре.

Для определения рецептурного состава хлебной трубочки – корпуса нового энергетического продукта была проанализирована пищевая ценность различного зернового и картофельного сырья, а также обогащающих ингредиентов – пряностей, сухофруктов, цукатов и семян масличных культур. В резуль-

тате определены основные ингредиенты корпуса батончика – мука пшеничная высшего сорта, мука ржаная обдирная, сухое картофельное пюре; пряно-ароматические добавки для придания продукту оригинального вкуса – кориандр, базилик; обогащающие ингредиенты – семена льна, тыквы, курага, изюм, чернослив, клюква сушеная. Данные виды сырья являются традиционными для Республики Беларусь и широко используются в хлебобулочном производстве.

На основе результатов проведенных исследований по подбору основных и обогащающих ингредиентов, разработаны базовые рецептурные составы специализированной продукции с повышенной пищевой ценностью – энергетических батончиков: 1) батончик энергетический с клюквой и семенами тыквы; 2) батончик энергетический с курагой и семенами льна; 3) батончик энергетический с черносливом и семенами чиа; 4) батончик энергетический с базиликом, кориандром и семенами чиа; 5) батончик энергетический с изюмом и семенами тыквы.

Диетологами во всем мире рекомендуется получать 10–12 % калорий из белков, 30 % – из жиров, 58–60 % – из углеводов. Однако сегодняшние тенденции в здоровом питании сводятся к уменьшению и даже низкому потреблению углеводов. Учитывая тот факт, что жир позволяет организму получить больше энергии по сравнению с углеводами: 1 г жира содержит 9 ккал, в то время как 1 г углеводов содержит 4 ккал энергии, главными энергетическими составляющими в новом продукте определены ингредиенты, входящие в начинки – источники растительных и животных жиров, тогда как основное количество углеводов будет приходиться на корпус батончика.

Самым энергоемким продуктом, на 90 % состоящим из жира, служит сало свиное соленое. Основным недостатком данного продукта питания является содержание в нем холестерина в количестве до 85 мг на 100 г продукта, что составляет 28,3 % от максимальной установленной суточной нормы (300 мг). Однако, по сравнению со сливочным маслом, содержащим 256 мг холестерина, в сале свином соленом холестерина содержится в 2,7 раза меньше. Рекомендуемая диетологами норма потребления сала свиного соленого в день составляет 30 г.

Еще одним хорошим источником энергии являются орехи (до 73 г жира на 100 г продукта). Кроме того, орехи – это источник пищевых волокон (ПВ), в них не содержится холестерин. На четвертом месте по содержанию жира, после орехов макадами (73 г жира), пекана (72 г жира) и бразильского ореха (67 г жира), находится фундук (62 г жира). Фундук служит традиционным для нашей страны сырьем, в отличие от ореха макадами, пекана, бразильского ореха, которые стали завозиться в наш регион не так давно; его вкус знают и любят как взрослые, так и дети. Известно, что употребление фундука способствует снижению уровня холестерина в крови и показано при сахарном диабете и проблемах, связанных с лишним весом. Рекомендуемая диетологами норма потребления фундука в день составляет 25–30 г.

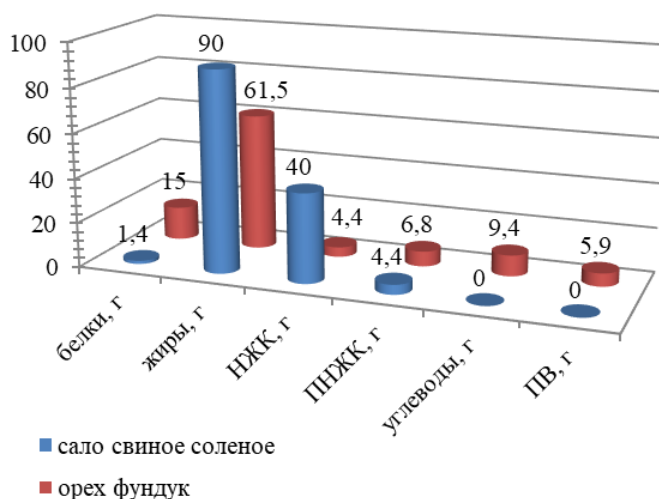


Рис. 1. Пищевая ценность сала свиного соленого и ореха фундука

На рис. 1 представлена пищевая ценность сала свиного соленого и ореха фундука.

В соответствии с требованиями [1], рекомендуемое содержание жиров растительного происхождения в рационе питания должно составлять 25–30 % от общего количества жиров, полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) – 5–10 % от калорийности суточного рациона.

Поэтому за основу для начинки у всех образцов батончиков было взято сало соленое свиное (как источник жиров животного происхождения) и орех фундук (как источник жиров растительного происхождения) в количестве 50 и 20 % от общей массы начинки соответственно.

В табл. 1 приведено содержание жира, НЖК, ПНЖК, польза от употребления, а также энергетическая ценность сала свиного соленого и ореха фундука. Использование данных ингредиентов в начинке позволит создать энергетический продукт, способный восполнить значительное количество энергии у групп населения, занимающихся тяжелыми видами работ (IV и V группы энергозатрат). Из табл. 1 видно, что употребление дневной нормы (30 г) сала свиного соленого позволит удовлетворить 21,1 % от дневной нормы физиологической потребности в жире, 26,4 % от средней суточной потребности в ПНЖК, и 6,4 % от установленного для IV группы работников количества энергии. В то же время употребление дневной нормы (30 г) фундука позволит удовлетворить 14,5 % от дневной нормы физиологической потребности в жире, 22,3 % от средней суточной потребности в ПНЖК и 4,9 % от установленного для этой группы работников количества энергии. Тогда при употреблении дневной нормы сала свиного соленого и фундука в сумме человек сможет восполнить 35,6 % от дневной нормы физиологической потребности в жире, 48,7 % от средней суточной потребности в ПНЖК и 11,3 % от уста-

новленного для IV группы работников количества необходимой для трудовой деятельности энергии.

Результаты определения процента восполнения энергии и пищевых веществ от употребления дневной нормы сала свиного соленого и фундука для работников V группы энергозатрат также приведены в табл. 1.

Таблица 1. Энергетическая ценность сала свиного соленого и ореха фундука

Продукт	Польза от употребления рекомендуемой нормы 30 г в день	Пищевая ценность в 100/30 г продукта			
		Жиры, г	НЖК, г	ПНЖК, г	Энергетическая ценность, ккал
Сало свиное соленое	Единственный продукт животного происхождения, содержащий незаменимую арахидоновую кислоту, которая отсутствует в растительных маслах, входит в состав клеточных мембран и гормонов, является частью фермента сердечной мышцы и участвует в холестериновом обмене. Лучший желчегонный продукт, способствует укреплению сосудов	90/27 70*/21,1* 58,4**/17,5**	40/12 —	9,5/2,9 86,4*/26,4* 86,4**/26,4**	816/245 21,2*/6,4* 19,4**/5,8**
Орех фундук	Содержит фенольные соединения, снижающие уровень холестерина в крови, является источником антиоксидантов, защита мембран нервной системы, профилактика сахарного диабета	61,5/18,6 48,4*/14,5* 40,3**/12,1**	4,4/1,3 —	8,5/2,5 77,3*/22,3* 77,3**/22,3**	651/195,3 16,3*/4,9* 15**/4,5**

* Процент от нормы физиологической потребности в пищевых веществах для мужчин IV группы энергозатрат (работники тяжелого труда).

** Процент от нормы физиологической потребности в пищевых веществах для мужчин V группы энергозатрат (работники особо тяжелого труда).

Так как начинка энергетического батончика является его жировой составляющей, корпус должен содержать в себе белки, углеводы, пищевые волокна и другие пищевые вещества. Только тогда новый продукт будет отвечать нормам сбалансированного питания [3]. Поэтому состав корпуса энергетического батончика был разработан на основе такого углеводного сырья, как мука ржаная обдирная, мука пшеничная высшего сорта и картофельное пюре. С целью обогащения энергетического батончика пищевыми волокнами и микроэлементами в начинку дополнительно ввели сухофрукты и цукаты (курага, изюм, чернослив, клюква сушеная), а в корпус – семена чиа, тыквы и льна, а также пряности (кориандр, базилик). На рис. 2 приведена пищевая ценность обогащающих ингредиентов для начинки энергетического батончика.

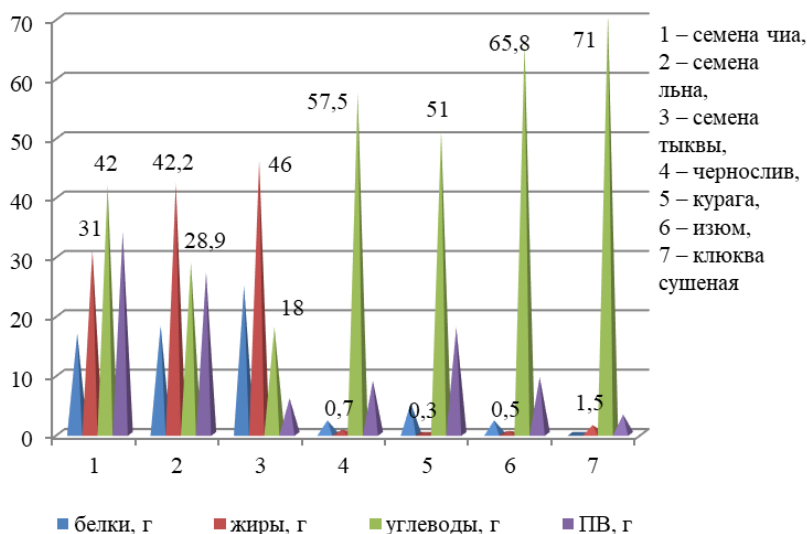


Рис. 2. Пищевая ценность обогащающих ингредиентов для начинки энергетического батончика

С целью рационального использования сырьевых компонентов и получения продукта с заданными конкретными свойствами на основе базовых рецептурных составов с помощью пакета прикладной программы Matlab смоделированы составы энергетических батончиков (5 наименований).

В табл. 2 приведен ингредиентный состав и диапазоны варьирования сырьевых ингредиентов специализированного продукта «Батончик энергетический с клюквой и семенами тыквы». Через $x_1, x_2, x_3, \dots, x_{10}$ обозначен искомый удельный вес соответствующего компонента в составе рецептурной смеси. Тогда моделирование состава рецептурной смеси сводится к определению значений x_1, x_2, x_3 и т. д., при обеспечении заданных содержания белка (не менее 20 % от средней суточной потребности) и пищевых волокон (не менее 3 г – источник пищевых волокон), а также максимальной энергетической ценности f_{val} в пищевом продукте.

В табл. 3 приведен алгоритм моделирования рецептурного состава специализированного продукта «Батончик энергетический с клюквой и семенами тыквы».

На основании анализа результатов математического моделирования рецептурных составов новых видов энергетических продуктов было установлено, что с введением в их составы таких обогащающих ингредиентов, как семена тыквы, льна и чиа, появилась возможность повысить как пищевую, так и энергетическую ценность разработанных продуктов, сбалансировав его в плане содержания микронутриентов и пищевых волокон.

Следовательно, на основании оптимизированных рецептурных составов разработаны сводные рецептуры на мучные кулинарные изделия – батончики

энергетические (5 наименований), определена их пищевая и энергетическая ценность. Установлено, что в среднем на 100 г продукта количество белков составило 11 г, жиров – 23 г, углеводов – 55 г, энергетическая ценность – 460 ккал/1920 кДж.

Таблица 2. Диапазоны варьирования сырьевых ингредиентов специализированного продукта «Батончик энергетический с клюквой и семенами тыквы»

Ингредиенты	x	Диапазон варьирования, %	Энергетическая ценность, ккал
<i>Рецептурный состав (РС) № 1 «Батончик энергетический с клюквой и семенами тыквы»</i>			
Мука пшеничная высшего сорта	x_1	50...80	334
Мука ржаная обдирная	x_2	5...15	298
Сухое картофельное пюре	x_3	2...5	355
Семена тыквы	x_4	1...5	541
Сахар	x_5	1...2	400
Дрожжи хлебопекарные сушеные активные	x_6	1...2	430
Соль поваренная пищевая йодированная	x_7	0,1...1,5	0
Сало свиное соленое	x_8	10...30	816
Клюква сушеная	x_9	5...10	308
Орех фундук	x_{10}	10...15	651

Таблица 3. Алгоритм моделирования рецептурного состава специализированного продукта «Батончик энергетический с клюквой»

Алгоритм	Результат
$f=[334;298;355;541;400;430;0;816;308;651];$	$x_1 = 0.7534$
$A=[-10.3 -8.9 -8.5 25.0 0 -51.0 0 -1.4 -0.1 -15.0;$	$x_2 = 0.0700$
$3.5 12.4 6.6 6.0 0 0 0 0 3.3 5.9];$	$x_3 = 0.0200$
$b=[-15;3];$	$x_4 = 0.0500$
$Aeq=[1 1 1 1 1 1 1 1 1 1];$	$x_5 = 0.0100$
$beq=[1];$	$x_6 = 0.0122$
$lb=[0.5;0.05;0.02;0.01;0.01;0.01;0.001;0.1;0.05;0.1];$	$x_7 = 0.0010$
$ub=[0.8;0.15;0.05;0.05;0.02;0.02;0.015;0.2;0.1;0.15];$	$x_8 = 0.2344$
$[x,fval]=linprog(f,A,b,Aeq,beq,lb,ub)$	$x_9 = 0.0500$
	$x_{10} = 0.1000$
	$fval = 440.1746$

Таким образом, в результате проведенного исследования разработан продукт, содержащий значительное количество белка – до 20 % от средней суточной нормы, жиров растительного и животного происхождения в соотношениях, соответствующих рекомендациям [1], являющийся источником пищевых волокон. Употребление 100 г (3–4 шт.) энергетических батончиков позволит получить людям, работающим в тяжелых условиях труда, в среднем 460 ккал дополнительной энергии, что составляет 13 % от нормы физиологической потребности в сутки для работников с тяжелыми условиями труда и 11,6 % – для работников с особо тяжелыми условиями труда.

Определена суточная рекомендуемая норма потребления нового вида энергетического продукта – до 6 энергетических батончиков, с учетом того, что из других источников сало свиное соленое потребляться в этот день не будет.

Список использованных источников

1. Требования к питанию населения: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Республики Беларусь : санитарные нормы и правила : СанПиН : утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь, 20 нояб. 2012 г., № 180. – Введ. 01.07.13. – Минск : Респ. центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья, 2012. – 21 с.
2. Требования к продовольственному сырью и пищевым продуктам. Показатели безопасности и безвредности для человека продовольственного сырья и пищевых продуктов : санитарные нормы и правила, гигиенический норматив СанПиН и ГН : утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь, 21 июня 2013 г., № 52. – Введ. 16.07.13. – Минск : Респ. центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья, 2013. – 432 с.
3. Замбжицкий, О. Н. Гигиенические основы рационального питания. Оценка адекватности фактического питания : учеб.-метод. пособие / О. Н. Замбжицкий, Н. Л. Бацукова. – 4-е изд. – Минск : БГМУ, 2020. – 44 с.

УДК 664.8

Д. А. Сафронова, Н. А. Баровская, Т. Ю. Окунева

*РУП «Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси
по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь*

КОНСЕРВЫ НА ОСНОВЕ ФРУКТОВ ДЛЯ ПИТАНИЯ ДЕТЕЙ ДОШКОЛЬНОГО И ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА

Аннотация. Создание ассортимента консервов на основе фруктов для детского питания для детей дошкольного и школьного возраста.

Ключевые слова: консервы на основе фруктов для детского питания для детей дошкольного и школьного возраста, пюре, соусы, десерты, коктейли.

D. A. Safronova, N. A. Barovsky, T. U. Okuneva

*RUE “Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food”,
Minsk, Republic of Belarus*

CANNED FOOD ON THE BASIS OF FRUIT FOR A FOOD CHILDREN OF PRESCHOOL AND SCHOOL AGE

Abstract. Creation of assortment of canned food on the basis of fruit for baby food for children of preschool and school age.

Keywords: canned food on the basis of fruit for baby food for children of preschool and school age, mashed potatoes, sauces, desserts, cocktails.

Введение. Питание является одним из ведущих факторов, определяющих здоровье человека. Особенно важно оптимальное питание для подрастающего поколения. Неадекватное питание детей является одной из причин возникновения заболеваний желудочно-кишечного тракта, анемии, болезней обмена веществ. Так, употребление высококислотной продукции может привести к сбоям в работе желудочно-кишечного тракта, избыточное потребление сахаров – к нарушениям обменных процессов, появлению лишнего веса.

Потребление с продуктами общего назначения ароматизаторов, красителей, консервантов и других пищевых добавок для растущего организма недопустимо. Питание для детей должно быть щадящим по химическому составу и способам приготовления.

Организация рационального питания детей во время пребывания в организованных коллективах является одним из ключевых факторов поддержания их здоровья. Использование специализированных продуктов промышленного производства является актуальным, так как позволяет обеспечить контроль их качества на всех стадиях технологического процесса.

С целью расширения ассортимента консервированной продукции для питания детей дошкольного и школьного возраста созданы консервы на основе фруктов: фруктовые пюре с добавлением пряностей, десерты, коктейли, соусы.

Основная часть. Сбалансированность пищевых веществ (витаминов, минеральных веществ, углеводов, белков, пищевых волокон) в консервах достигнута с помощью сочетания разных видов фруктов, в том числе ягод, с молочной продукцией, мукой, пектином, за счет применения пряно-ароматических растений, пряностей, какао.

Для улучшения вкуса, запаха и цвета консервов для детского питания для детей дошкольного и школьного возраста подобраны пряности (гвоздика, корица, куркума, имбирь, мускатный орех, кардамон, ванилин).

Пряности и пряно-ароматические растения обладают антиоксидантной активностью.

Сравнительный анализ антиоксидантной активности пряностей и пряно-ароматических растений, применяемых при изготовлении консервов на основе фруктов для детского питания для детей дошкольного и школьного возраста, составленный на основе индекса антиоксидантной активности ORAC [1], на 100 г продукта представлен на рис. 1.

Сравнительный анализ антиоксидантной активности фруктов, составленный на основе индекса антиоксидантной активности ORAC, на 100 г продукта представлен на рис. 2.

Природные антиоксиданты – пряности, пряно-ароматические растения и фрукты, применяемые при изготовлении консервов для детей дошкольного и школьного возраста, позволят при употреблении их повысить адаптивные механизмы организма.

Проведены исследования физико-химических показателей качества полуфабрикатов фруктовых пюре, консервированных асептическим способом, применяемых при изготовлении образцов консервов на основе фруктов для детского питания для детей дошкольного и школьного возраста.

Сравнительный анализ фактического содержания растворимых сухих веществ в полуфабрикатах фруктового пюре с допустимым минимальным их содержанием показан на рис. 3.

Следовательно, фактическое содержание растворимых сухих веществ в пюре-полуфабрикатах превышает допустимое минимальное содержание, установленное в соответствии с ТР ТС [2], что свидетельствует о качестве применяемого фруктового сырья.

В процессе изготовления образцов консервов осуществлялся подбор компонентного состава применяемого сырья. Так, проведены исследования по применению пшеничной, рисовой и кукурузной муки при изготовлении абрикосового соуса.

Закладка пшеничной, рисовой и кукурузной муки была одинаковая во всех подготовленных образцах абрикосового соуса и составила 3 %.

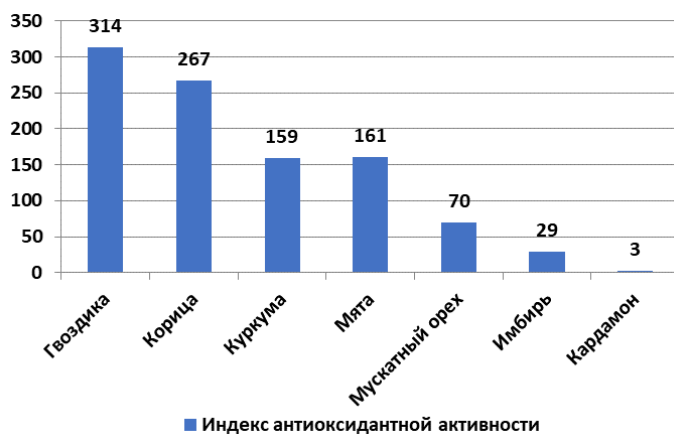


Рис. 1. Сравнительный анализ антиоксидантной активности пряностей и пряно-ароматических растений

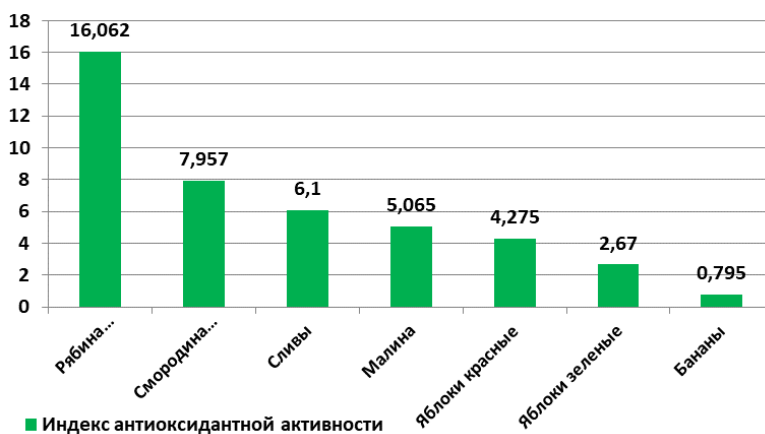


Рис. 2. Сравнительный анализ антиоксидантной активности фруктов

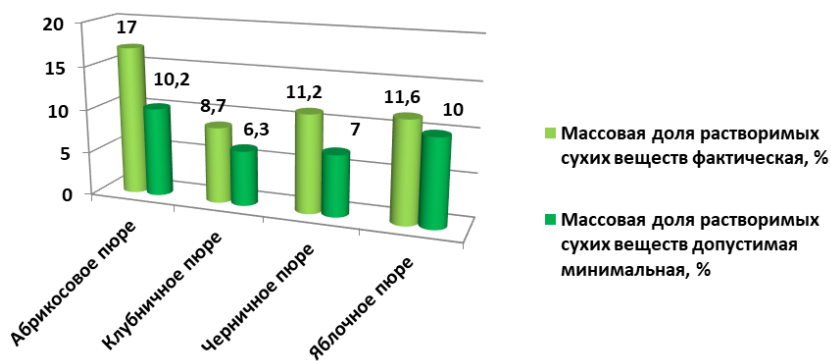


Рис. 3. Массовая доля растворимых сухих веществ в полуфабрикатах фруктового пюре



Рис. 4. Профилограмма органолептических показателей абрикосового соуса

Определение лучшего образца абрикосового соуса для детского питания для детей дошкольного и школьного возраста, изготовленного с применением пшеничной, рисовой или кукурузной муки, наглядно представлено на профилограмме на рис. 4, построенной на основании результатов органолептической оценки их качества.

Лучшим признан образец абрикосового соуса с добавлением рисовой муки. Образцы абрикосового пюре с добавлением пшеничной и кукурузной муки также признаны удовлетворительными, поэтому в рецептуре предусмотрено их использование. В качестве загустителя наиболее эффективна кукурузная мука.

В питании детей дошкольного и школьного возраста должны отсутствовать загрязняющие химические вещества, к которым относится и оксиметилфурфурол.

Проведены исследования по определению содержания оксиметилфурфуrolа в яблочно-черничном соусе для детского питания для детей дошкольного и школьного возраста в процессе его изготовления на ПУП «Стародорожский плодоовощной завод» ОАО «Слущкий сахарорафинадный комбинат».

Исследования выполнены с использованием высокоэффективной жидкостной хроматографии на хроматографе Agilent 1200 по ГОСТу [3].

Содержание 5-оксиметилфурфуrolа в яблочно-черничном соусе для детского питания для детей дошкольного и школьного возраста в процессе его пооперационного изготовления представлено на рис. 5.

Исследования показали, что:

- наибольшее содержание 5-оксиметилфурфуrolа в черничном пюре, консервированном асептическим способом;
- содержание 5-оксиметилфурфуrolа во фруктовой смеси соизмеримо расчетному его значению в соответствии с рецептурной закладкой, как средневзвешенное значение;
- содержание 5-оксиметилфурфуrolа увеличивается в процессе пооперационного изготовления соуса, а именно после тепловой обработки (варки). Наиболее интенсивно образуется 5-оксиметилфурфуrol в период перед стерилизацией продукта, когда он находится при температуре расфасовки порядка 80 °С;

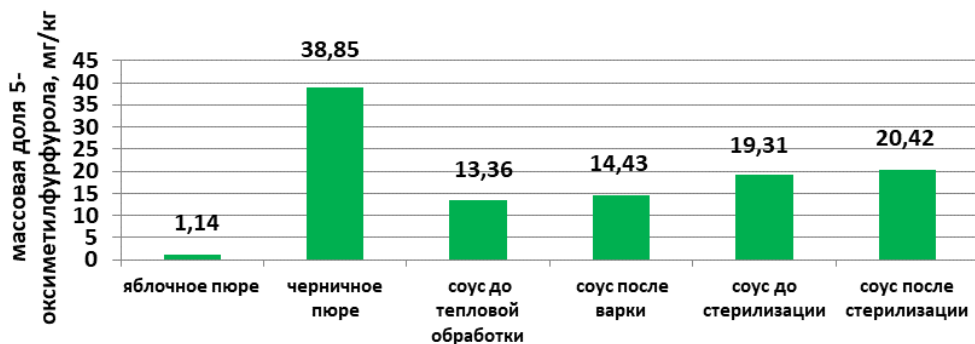


Рис. 5. Содержание 5-оксиметилфурфурола в яблочно-черничном соусе в процессе его пооперационного изготовления

– температурные (110 °С) и временные (25–35 мин) характеристики стерилизации не оказали существенного влияния на динамику образования оксиметилфурфурола.

Таким образом, в целях снижения содержания 5-оксиметилфурфурола в консервах необходимо:

- контролировать качество применяемых пюре-полуфабрикатов, консервированных асептическим способом;
- контролировать продолжительность и температурные параметры тепловой обработки и стерилизации;
- сокращать продолжительность технологического процесса переработки продукта от его нагревания для фасования до начала стерилизации.

Заключение. Результаты исследований по подбору применяемого сырья, анализу его качества, органолептической оценки образцов продукции, накоплению оксиметилфурфурола в условиях промышленного изготовления были учтены при создании ассортимента консервов на основе фруктов для питания детей дошкольного и школьного возраста.

Список использованных источников

1. Индекс ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity – коэффициент поглощения кислорода): топ 100 продуктов антиоксидантов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: foodinform.ru/tablici/indeks-orac. – Дата доступа: 27.06.2024.
2. Технический регламент на соковую продукцию из фруктов и овощей : ТР ТС 023/2011 : принят 09.12.2011 : вступ. в силу 01.07.2013 / Евраз. экон. комис. – Минск : БелГИСС, 2013. – 32 с.
3. Продукция соковая. Определение 5-гидрооксиметилфурфурола методом высокоэффективной жидкостной хроматографии : ГОСТ 31644-2012. – Введ. 01.07.2013. – Минск : БелГИСС, 2020. – 20 с.

УДК 664.68+661.717.53

**К. Н. Гершончик, кандидат технических наук;
С. Н. Вислоухова**

*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по продовольствию»,
г. Минск, Республика Беларусь*

ПОВЫШЕНИЕ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ ПЕЧЕНЬЯ ДЛЯ ПИТАНИЯ ДЕТЕЙ ДОШКОЛЬНОГО И ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА

Аннотация. Анализ фактического питания детей и подростков по данным специалистов здравоохранения показывает отклонение от норм потребления основных пищевых веществ, включая витамины и минеральные вещества. Одним из вариантов восполнения содержания витаминов и минеральных веществ является обогащение ими продуктов питания. С целью расширения ассортимента обогащенных продуктов питания разработано два наименования печенья для питания детей дошкольного и школьного возраста, которые содержат витамины B₂, B₁, PP и железо, а также витамины A, E, D и кальций. Обогащение печенья произведено с учетом норм физиологической потребности детей в зависимости от возраста. По рецептурному составу, показателям качества и безопасности разработанное печенье соответствует требованиям, предъявляемым для питания детей дошкольного и школьного возраста.

Ключевые слова: обогащенное печенье, детское питание, витамины, минеральные вещества.

**K. N. Gershonchik, Candidate of Technical Sciences;
S. N. Vislavukhava**

*RUE "Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food",
Minsk, Republic of Belarus*

INCREASING THE NUTRITIONAL VALUE OF BISCUITS FOR THE NUTRITION OF PRESCHOOL AND SCHOOL-AGE CHILDREN

Abstract. An analysis of the actual nutrition of children and corresponds according to health experts shows a deviation from the norms of consumption of basic nutrients, including vitamins and minerals. One of the options for replenishing the content of vitamins and minerals is to enrich food with them. In order to expand the range of fortified foods, two types of cookies have been developed for the nutrition of preschool and school-age children, which contain vitamins B₂, B₁, PP and iron, as well as vitamins A, E, D and calcium. The enrichment of cookies is made taking into account the norms of the physiological needs of children, depending on age. According to the formulation, quality and safety indicators, the developed cookies correspond the requirements for the nutrition of preschool and school-age children.

Keywords: fortification biscuits, baby food, vitamins, minerals.

В последнее десятилетие наблюдаются значительные изменения образа жизни современных детей. На фоне нарушения оптимальной структуры потребления продуктов питания, отмечается значительное снижение двигатель-

ной активности, появление новых факторов риска (физических, химических, биологических, социальных).

Анализ фактического питания детей Республики Беларусь и состояния здоровья в связи с характером питания, проведенный специалистами кафедры гигиены детей и подростков УО «Белорусский государственный медицинский университет», свидетельствует о наличии более чем у 30 % детей, вне зависимости от региона проживания, недостаточного статуса питания, характеризующегося дисгармоничным физическим развитием за счет дефицита массы тела, наличием морфофункциональных отклонений различной степени выраженности, сниженной неспецифической резистентностью организма и отдельными признаками витаминной недостаточности [1].

По данным исследований ученых Государственного учреждения образования «Белорусская медицинская академия последиplomного образования» (БелМАПО) [1], фактическое поступление простых сахаров учащимися 5-х классов г. Минска составил ($25,4 \pm 7,2$) % от суточной калорийности рациона, что в 2,5 раза превышает нормируемое значение. Фактическое потребление сложных углеводов невысоко и составляет ($21,6 \pm 6,0$) %. Фактическое потребление жира и насыщенных жирных кислот, связанное с избыточным потреблением высококалорийных продуктов, также превышает рекомендуемые нормы потребления. Удельный вес учащихся с дефицитом поступления с пищей витаминов составил от 7 до 60 %, минеральных веществ – от 15 до 59 %.

Формирование низкого статуса питания детей обусловлено недостаточным и неполноценным фактическим питанием с нарушением баланса основных питательных веществ в сторону снижения поступления белкового и увеличения углеводистого компонентов, имеющимся дефицитом минеральных веществ и витаминов.

Наиболее эффективным, физиологически обоснованным и экономически доступным способом улучшения обеспеченности организма недостающими нутриентами является регулярное включение в рацион пищевых продуктов, обогащенных незаменимыми пищевыми веществами, а также широкое использование витаминно-минеральных комплексов и биологически активных добавок к пище – источников незаменимых нутриентов.

В связи с этим актуальными являются исследования по разработке технологий производства печенья, адаптированных по составу и пищевой ценности для детей дошкольного и школьного возраста, с уменьшенной концентрацией легкоусвояемых углеводов, калорийностью, повышенным содержанием пищевых волокон, с использованием растительных масел, имеющих низкое содержание насыщенных жирных кислот.

Изучение специалистами БелМАПО [1] микронутриентного состава фактического питания детей в домашних условиях показало, что дети потребляют 76,3–83,0 % кальция от физиологической нормы при избыточном потреблении фосфора и магния. Дефицит поступления кальция выявлен у 58,8 %

детей при избыточном поступлении фосфора (у 52,8 %) и магния (у 57,0 %) учащихся.

Поступление с пищей калия в 2,4–3,9 раза, натрия – в 4,0–4,2 раза превышает рекомендуемые возрастные нормы. Высокое поступление натрия и калия установлено практически у всех обследованных.

При изучении поступления витаминов с пищей отмечается дефицит в рационе ниацина (витамин РР) – 72,8–83,3 % от рекомендуемой возрастной нормы. Данная тенденция выявлена у 60,5 % обследованных.

Средние уровни поступления витаминов А, В₁, В₂, С и Е соответствует или выше рекомендуемой возрастной нормы. Установлены значительные индивидуальные различия в потреблении витаминов. Каждый четвертый ребенок имеет дефицит поступления с пищей витамина А, около 40 % детей – тиамин (В₁) и рибофлавина (В₂), 60,5 % – ниацина (РР). Недостаточное потребление витамина Е выявлено у каждого десятого обследованного ребенка, витамина С – у каждого тринадцатого.

Таким образом, полученные данные позволяют сделать вывод, что для обогащения мучных кондитерских изделий для детского питания целесообразно использовать кальций и витамины РР, В₁, В₂, А.

Проведен анализ витаминно-минеральных добавок, присутствующих на рынке Республики Беларусь и обладающих потенциалом к использованию для обогащения печенья. С учетом дефицита нутриентов, выявленного у детей в Республике Беларусь, подобраны обогатительные добавки производства УП «Унитехпром БГУ», что обусловлено их составом, сроком годности, низким расходом, доступностью и удобством фасовки. Для обогащения печенья использовали:

- добавку обогатительную «Агата»-3, которая является источником железа и витаминов В₂, В₁, РР;

- премикс «Берегиня-1», который является источником витаминов А, Е, D, в сочетании с минеральным комплексом «Лада», который служит источником кальция, что позволяет обеспечить синергизм кальция и витамина D.

Расчет дозировок обогатительных добавок произведен таким образом, чтобы обеспечить содержание витаминов и минеральных веществ в одной порции печенья на уровне от 15 до 50 % от норм физиологических потребностей детей, установленных в требованиях [2], с учетом витаминов и минеральных веществ, содержащихся в сырье. Размер порции печенья установлен в соответствии с требованиями [3]: для продукции, калорийность которой превышает 350 ккал, порция устанавливается в пересчете на 100 ккал. Для печенья установлена усредненная порция – 25 г, что составляет около 100 ккал.

Определены дозировки и способы внесения обогатительных добавок: премикс «Берегиня-1» вносится на этапе приготовления эмульсии, комплекс минеральный «Лада» и добавка обогатительная «Агата»-3 вносятся с мукой на этапе замеса теста.

В качестве объекта для обогащения выбрано сахарное печенье, что обусловлено его составом и вкусовыми свойствами. В соответствии с требованиями [4–6], в печенье для детей дошкольного и школьного возраста нормируется количество добавленного сахара (не более 25 г), жиров (не более 25 г) и транс-изомеров жирных кислот (не более 7 % от общего жира), при этом содержание жира и добавленного сахара должно быть вынесено на маркировку продукции.

С учетом указанных требований проведены лабораторные выпечки печенья, в ходе которых установлены оптимальные дозировки рецептурных ингредиентов печенья и разработаны рецептурные составы печенья для детей дошкольного и школьного возраста.

Определены оптимальные дозировки жирового ингредиента – рапсового масла, а также рапсового масла в сочетании со сливочным маслом. Рапсовое масло является ценным пищевым ингредиентом отечественного производства. Преимуществом использования рапсового масла является его жирнокислотный состав: содержание ненасыщенных жирных кислот составляет более 70 %, содержание ω -3 жирных кислот (линоленовой) может колебаться от 5 до 14 % и составляет около 7 % в рапсовом масле отечественного производства. Линоленовая кислота не синтезируется в организме человека, поэтому относится к группе незаменимых жирных кислот и должна поступать в организм с пищей. Из линоленовой кислоты в организме синтезируются другие полиненасыщенные жирные кислоты [7].

В процессе лабораторных выпечек установлено оптимальное соотношение рапсового и сливочного масла, которое позволяет сохранить приятный сливочный вкус печенья.

Рецептурные составы печенья и технологические режимы производства отработаны в производственных условиях СП ОАО «Спартак». Проведены испытания опытных партий печенья: по показателям качества (в том числе по содержанию витаминов и минеральных веществ) и показателям безопасности. Установлено, что опытные партии печенья соответствуют требованиям, предъявляемым к продукции для питания детей дошкольного и школьного возраста. Фактическое содержание транс-изомеров жирных кислот в печенье на рапсовом масле составило 0,2 % от общего жира, в печенье на рапсовом и сливочном масле – 1,7 % от общего жира, что не превышает нормируемых значений (не более 7 % от общего жира).

Определено содержание витаминов и минеральных веществ в печенье после 6 месяцев хранения. Результаты приведены в табл. 1–2 (фактические значения и выраженные в процентах от норм физиологической потребности (НФП) в сутки в соответствии с требованиями [2]).

Как видно из данных, представленных в табл. 1, 2, разработанное печенье обогащено витаминами А, Е, В₂, В₁, РР, железом и кальцием, содержание которых в одной порции печенья составляет 12–38 % от норм физиологической потребности в сутки, а также содержит витамин D₃ в количестве 9 % от норм физиологической потребности в сутки.

Таблица 1. Содержание витаминов и минеральных веществ в одной порции (25 г) печенья, изготовленного с обогатительной добавкой «Агата»-3

Возраст, лет	Содержание витаминов и минеральных веществ							
	В ₁		В ₂		РР		железо	
	мг	в % от НФП	мг	в % от НФП	мг	в % от НФП	мг	в % от НФП
3–7	0,26	29	0,3	30	3,28	30	2,1	21
7–11		24		25		22		18
11–14 (мальчики)		20		20		18		18
11–14 (девочки)		20		20		18		14
14–18 (юноши)		17		17		16		14
14–18 (девушки)		20		20		18		12

Таблица 2. Содержание витаминов и минеральных веществ в одной порции (25 г) печенья, изготовленного с премиксом «Берегиня-1» и минеральным комплексом «Лада»

Возраст, лет	Содержание витаминов и минеральных веществ							
	витамин Е		витамин А		витамин D ₃		кальций	
	мг	в % от НФП	мкг	в % от НФП	мкг	в % от НФП	мг	в % от НФП
3–7	2,6	37	191,2	38	0,9	9	200,9	22
7–11		26		27		9		18
11–14 (мальчики)		22		19		9		17
11–14 (девочки)		22		24		9		17
14–18 (юноши)		17		19		9		17
14–18 (девушки)		17		24		9		17

Во избежание превышения уровня суточного потребления витаминов и минеральных веществ необходимо обеспечить их гарантированное содержание в упаковочной единице. В связи с чем на заключительном этапе исследований изготовлены опытные партии обогащенного печенья, упакованного в индивидуальную упаковку, и проведены испытания содержания витаминов и минеральных веществ в упаковочной единице. Для проведения испытаний выбрали рецептуру печенья, обогащенного витаминами А, D, Е, С и кальцием, что обусловлено их устойчивостью, а также использованием одновременно двух обогатительных добавок. Для проведения испытаний содержания витаминов и минеральных веществ с учетом выборочного контроля отобраны образцы печенья из трех опытных партий, изготовленных в различные временные этапы в течение смены.

Установлено, что фактическое содержание витамина Е соответствует рецептурному значению, относительное отклонение фактического содержания витамина А составило 0,2 %, витамина D₃ – 2,0 %, кальция – 9 %. Таким образом, фактическое отклонение содержания витаминов и кальция находится в пределах 9 % и не превышает допустимых отклонений, установленных в рецептуре.

Специалистами маркетинговой службы СП ОАО «Спартак» разработано фантазийное наименование для новых видов печенья для детского питания –

печень «печеНЯШКИ» с витаминами и железом и печень «печеНЯШКИ» с витаминами и кальцием. Разработанная технология и рецептурные составы печенья позволили обеспечить обогащение печенья без его удорожания, в то же время стоимость продукции существенно ниже стоимости импортных аналогов.

Заключение. С учетом выявленного дефицита витаминов и минеральных веществ в питании детей Республики Беларусь, установленного специалистами БелМАПО по результатам анализа фактического питания, разработаны рецептурные составы печенья, обогащенного витаминами А, Е, D, С и кальцием, а также витаминами В₁, В₂, РР и железом. Для обогащения печенья использовали отечественные обогатительные добавки производства УП «УНИТЕХПРОМ БГУ».

Разработанное печенье по рецептурному составу и пищевой ценности соответствует требованиям, предъявляемым к продуктам питания для детей дошкольного и школьного возраста. Содержание витаминов и минеральных веществ находится в количестве 9–38 % от норм физиологической потребности детей в сутки в одной порции печенья, равной 25 г (или 100 ккал).

Список использованных источников

1. Гузик, Е. О. Здоровье учащихся Республики Беларусь и пути минимизации факторов риска, его формирующих : монография / Е. О. Гузик. – Минск : БелМАПО, 2020. – 334 с.
2. Требования к питанию населения: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Республики Беларусь : санитарные нормы и правила : СанПиН : утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь, 20 нояб. 2012 г., № 180. – Введ. 01.07.13. – Минск : Респ. центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья, 2012. – 21 с.
3. Требования к обогащенным пищевым продуктам. Показатели безопасности и безвредности для человека обогащенных пищевых продуктов : санитарные нормы и правила, гигиенический норматив : СанПиН и ГН : утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь, 29 июля 2013 г., № 66. – Введ. 14.08.13. – Минск : Респ. науч.-практ. центр гигиены, 2013. – 11 с.
4. О безопасности пищевой продукции : ТР ТС 021/2011 : принят 09.12.2011 : вступ. в силу 01.07.2013. – Минск : Госстандарт : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2012. – 196 с.
5. Требования к продовольственному сырью и пищевым продуктам. Показатели безопасности и безвредности для человека продовольственного сырья и пищевых продуктов : санитарные нормы и правила, гигиенический норматив : СанПиН и ГН : утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь, 21 июня 2013, № 52. – Введ. 16.07.13. – Минск : Респ. центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья, 2013. – 432 с.
6. Об утверждении гигиенических нормативов (гигиенический норматив «Показатели безопасности и безвредности продовольственного сырья и пищевых продуктов») [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 25 января 2021 г., № 37. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C22100037>. – Дата доступа: 27.06.2024.
7. Пищевая химия / А. П. Нечаев [и др.] ; под ред. А. П. Нечаева. – СПб. : ГИОРД, 2004. – 640 с.

УДК 664.78+621.7

**Н. Н. Петюшев, кандидат технических наук;
Л. В. Евтушевская, кандидат технических наук;
Ю. С. Усень, кандидат технических наук;
М. Ю. Уложина, кандидат технических наук;
Д. И. Гоман**

*РУП «Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси
по продовольствию»,
г. Минск, Республика Беларусь*

РАЗРАБОТКА КРУПЯНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ С ДОБАВЛЕНИЕМ ФРУКТОВЫХ И ОВОЩНЫХ ИНГРЕДИЕНТОВ

Аннотация. В статье представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований по разработке рецептурных составов крупяных полуфабрикатов, обогащенных белком, пищевыми волокнами, с низким содержанием соли и сахара, с использованием фруктовых и овощных ингредиентов; определены виды разрабатываемого продукта, основные параметры подготовки каш: соотношение жидкости на 100 г каждого вида крупы, влажность готовой каши и привар; установлено влияние обогащающих ингредиентов на органолептические показатели готового продукта.

Ключевые слова: крупяное сырье, полуфабрикаты, фруктово-ягодное и овощное сырье, обогащающие компоненты, рецептурные составы, органолептические показатели, пищевая ценность.

**N. N. Petyushev, Candidate of Technical Sciences;
L. V. Yevtushevskaya, Candidate of Technical Sciences;
Yu. S. Usenya, Candidate of Technical Sciences;
M. Yu. Ulozhinova, Candidate of Technical Sciences;
D. I. Homan**

*RUE "Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food",
Minsk, Republic of Belarus*

DEVELOPMENT OF SEMI-FINISHED GRAIN PRODUCTS WITH THE ADDITION OF FRUIT AND VEGETABLE INGREDIENTS

Abstract. The article presents the results of theoretical and experimental studies on the development of prescription formulations of semi-finished cereals enriched with protein, dietary fiber, low salt and sugar content using fruit and vegetable ingredients; the types of product being developed, the main parameters of porridge preparation are determined: the ratio of liquid per 100 g of each type of cereal, the humidity of the finished porridge and the boil; the influence of enriching ingredients on the organoleptic characteristics of the finished product.

Keywords: cereal raw materials, semi-finished products, fruit, berry and vegetable raw materials, enriching components, prescription formulations, organoleptic parameters, nutritional value.

Введение. Важная роль в здоровом рациональном питании населения отводится созданию новых, сбалансированных по составу продуктов, обогащенных функциональными ингредиентами. В питании всех групп населения широко используются продукты переработки различных зерновых культур (мука и крупа), преимущественно в виде хлебобулочных, макаронных изделий и каш. Наименее трудоемкими продуктами в приготовлении из крупяного сырья (гречиха, рис, просо, овес, пшеница, ячмень, кукуруза, горох) являются каши, поэтому они традиционно присутствуют в меню населения страны, а также в меню организованных коллективов. Ежегодное производство крупы в Беларуси составляет около 40 тыс. т, а реализация – 100 тыс. т.

Однако для расширения ассортимента необходимо включать в рацион питания более полноценные изделия, такие как запеканки, биточки, котлеты, манные оладьи. В связи с этим актуальным является создание на основе крупяного сырья продуктов с заданным составом и требуемыми свойствами, как путем комбинирования различных видов сырья, так и за счет направленного изменения состава, в том числе продуктов с повышенным содержанием пищевых волокон, белка, пребиотиков, полиненасыщенных жирных кислот. Использование натуральных компонентов для обогащения крупяных продуктов возможно за счет применения фруктового, овощного сырья и ягод, обеспечивающих организм человека необходимыми углеводами, витаминами группы В, РР, С, β -каротином, бетаином, минеральными веществами, биофлавоноидами, пектиновыми веществами, обладающих антиоксидантным, иммуномодулирующим и цитопротекторным действием [1].

Основная часть. В результате исследовательской работы определен ассортимент крупяных полуфабрикатов и вид крупы для их получения. Характеристика разрабатываемых продуктов представлена в табл. 1.

Используя принципы взаимообогащения и сочетаемости определенных видов сырья на основе крупяных продуктов, возможно создание продуктов с заданным составом и требуемыми свойствами, как путем комбинирования различных видов сырья, так и за счет направленного изменения состава, в том числе продуктов с повышенным содержанием пищевых волокон, белка, пребиотиков, полиненасыщенных жирных кислот [2–4].

На основе исследований ученых установлено, что крупы лучше всего сочетаются с овощами, морскими водорослями, грибами, молочными продуктами, сухофруктами и пряностями, ягодами и фруктами без добавления сахара. Крупяные продукты очень хорошо усваиваются с творогом. Белок зерна дефицитен по таким незаменимым аминокислотам, как треонин и лизин, а молочные продукты богаты этими аминокислотами, и сочетание их с крупами полностью компенсирует этот недостаток. Белки круп в сочетании с белками продуктов животного происхождения дают полноценный аминокислотный комплекс [2, 3].

Таблица 1. Характеристика крупяных продуктов

Продукт	Описание	Крупа
Крупеник	Крупеник – это запеканка из гречневой или полтавской крупы (целое или дробленое шлифованное зерно твердой пшеницы, без зародыша и частично без оболочек) с творогом и яйцом	Гречневая
Запеканка (пудинг (англ.), лазанья (итал.), лапшевик (рус.))	Запеканка – это блюдо из измельченных пюреобразных продуктов и связывающего компонента, которое запекали в духовке, на пару, в мультиварке, микроволновке. Запеканки бывают сладкие, десертные и закусочные. Закусочные запеканки делают из овощей, круп и макаронных изделий, в их состав входят мясо, мясной фарш, рыба, сыр	Рисовая
Манник	Выпечка из манной крупы или муки, сахара, яиц и топленого масла, которая может быть приготовлена с различными добавками, такими как ваниль, какао порошок, орехи и кокосовая стружка	Манная
Пудинг	Запеканка со взбитыми белками в формах	Рисовая, пшенная
Биточки	Готовят из охлажденной каши с добавками, формируют в виде круглых котлет, панируют в сухарях и обжаривают	Ячневая, пшеничная, пшенная

Использование натуральных компонентов для обогащения крупяных продуктов возможно за счет применения фруктового, овощного сырья и ягод, обеспечивающих организм человека необходимыми углеводами, витаминами группы В, РР, С, β-каротином, бетаином, минеральными веществами, биофлавоноидами, пектиновыми веществами, обладающих антиоксидантным, иммуномодулирующим и цитопротективным действием [1, 4].

Подбор обогащающих компонентов осуществляли таким образом, чтобы в соответствии с СанПиН «Требования к продовольственному сырью и пищевым продуктам», утвержденными постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 21 июня 2013 г. № 52, обеспечить следующие критерии [5]:

- обогащение продукта белком;
- обогащение пищевыми волокнами (не менее 3 г / 100 г продукта);
- низкое содержание соли (не более 0,12 г / 100 г продукта);
- низкое содержание сахара (не более 0,5 г / 100 г продукта);
- совместимость с крупами и получение готового продукта с высокими органолептическими показателями.

С целью создания обогащенных крупяных полуфабрикатов на начальном этапе изучен химический состав и пищевая ценность круп и обогащающих ингредиентов (табл. 2, 3).

На основании анализа данных, приведенных в табл. 2, определено, что содержание минеральных веществ (железа, фосфора, меди, йода, цинка, молибдена, кобальта, кремния), а также витаминов В₁, В₂, В₉, фолиевой кислоты, РР, витамина Е в гречке в 1,5–3 раза больше, чем в других зерновых культурах [1].

Таблица 2. Минеральный и витаминный состав круп (в 100 г)

Продукт	Na, мг%	K, мг%	Ca, мг%	Mg, мг%	P, мг%	Fe, мг%	Кар, мкг%	B ₁ , мг%	B ₂ , мг%	PP, мг%
Крупа перловая	10	172	38	40	323	1,8	0	0,12	0,06	2,0
Крупа ячневая	15	205	80	50	343	1,8	0	0,27	0,08	2,7
Крупа манная	3	130	20	18	85	1,0	0	0,14	0,04	1,2
Крупа пшеничная	17	23	40	60	261	4,4	0	0,30	0,10	1,4
Крупа овсяная	35	362	64	116	349	3,9	0	0,49	0,11	1,1
Крупа рисовая	12	100	8	50	150	1,0	0	0,08	0,04	1,6
Крупа гречневая	3	380	20	200	298	6,7	10	0,43	0,20	4,2
Крупа пшено	10	211	27	83	233	2,7	20	0,42	0,04	1,6
Крупа кукурузная	7	147	20	30	109	2,7	200	0,13	0,07	1,1

Химический состав ингредиентов для крупяных полуфабрикатов представлен в табл. 3.

Таблица 3. Химический состав ингредиентов (в 100 г)

Продукт	Белки, %	Жиры, %	Углеводы, %	ПВ, %	ЭЦ, ккал
Крупа ячневая	10,0	1,3	65,4	8,1	313
Крупа манная	10,3	1,0	70,6	3,6	333
Крупа пшеничная	11,5	1,3	67,9	4,4	329
Крупа рисовая	7,0	1,0	74,0	3,0	333
Крупа гречневая	12,6	3,3	57,1	11,3	308
Каша гречневая	3,0	3,4	14,6	2,7	101
Молоко сухое	33,2	1,0	52,6	8,2	362
Масло сливочное	0,5	82,5	0,8	0	748
Творог столовый, 2 %	20,0	2,0	3,0	0	114
Масло подсолнечное	0	99,9	0	0	899
Казеинат натрия	85,0	—	0	0	340
Яичный порошок	46,0	37,3	4,5	0	542
Морковь	1,3	0,1	2,4	2,4	35
Тыква	1,0	0,1	4,4	2,0	22
Яблоки	0,4	0,4	9,8	1,8	47
Слива сушеная (чернослив)	2,3	0,7	57,5	9,0	256
Курага	5,2	0,3	51,0	18,0	232
Изюм	2,3	0,5	65,8	9,6	281
Орехи	26,3	45,2	9,9	8,1	552
Грибы сушеные	30,3	14,3	9,0	26,2	286
Лук жареный	4,5	13,5	27,4	5,8	251
Семена чиа	20–22	30,74 ПНЖК – 61 % от суммы жирных кислот	42,1	34,4	486
Ягоды годжи	14,26	0,4	64,1	13,0	349
Семена киноа	14,12	6,07	64,16	7,0	368

В результате анализа данных, представленных в табл. 2, 3, установлено, что крупы являются важнейшим источником углеводов (до 74,0 %), минеральных и витаминных соединений, а также пищевых волокон (до 11,5 %), однако содержат мало белков и жиров (от 7,0 до 12,6 % и от 1,0 до 6,1 % соответственно). Содержание крахмала в крупах доходит до 73 %, поэтому они высококалорийны и могут дополнять состав блюд, имеющих белки. Из витаминного состава в крупах преобладают витамины группы В.

В качестве сырья, богатого белком, использовали: творог (содержание белка – 20 %), молоко сухое (содержание белка – 33 %), семена чиа (содержание белка – 22 %), грибы сушеные (содержание белка – 30,3 %), яичный порошок (содержание белка – 46 %), орехи (содержание белка – 26,3 %).

Для обогащения крупяных полуфабрикатов пищевыми волокнами (растворимыми и нерастворимыми) в рецептурный состав введены следующие ингредиенты: чернослив, изюм, курага (ПВ – от 9,0 г / 100 г), яблоки и груши (ПВ – 1,8–6 г / 100 г), свежие овощи: тыква и морковь (ПВ – 2–2,5 г / 100 г), семена чиа (ПВ – 34,0 г / 100 г) и др.

Так как основой для получения крупяных полуфабрикатов являются каши, то были проведены исследования по получению каш различной консистенции с целью получения крупяных полуфабрикатов с оптимальными органолептическими и структурно-механическими свойствами.

Каши получают путем термической обработки (варки) крупы, в результате которой зерна размягчаются, увеличивается объем и масса крупы (привар), улучшаются пищевые качества готового продукта. Продолжительность термической обработки круп в воде зависит от вида крупы.

Для приготовления каш различной консистенции в лабораторных условиях определены следующие показатели: количество жидкости на 100 г крупы, влажность каши; привар.

Полученные результаты представлены в табл. 4.

Таблица 4. Соотношение жидкости на 100 г каждого вида круп, влажность готовой каши и привар

Продукт	Количество жидкости, мл	Привар, %	Консистенция каши	Влажность каши, %
Ячневая крупа (биточки)	240	200	Рассыпчатая	72
	360	350	Вязкая	81
Гречневая крупа (крупеник)	165	110	Рассыпчатая	60
	320	300	Вязкая	79
Манная крупа (манник)	360	350	Вязкая	81
	570	550	Жидкая	87
Рисовая крупа (запеканка)	360	350	Вязкая	81
	210	180	Рассыпчатая	70
	570	550	Жидкая	87
Пшеничная крупа (пудинг)	180	150	Рассыпчатая	66
	320	300	Вязкая	79
	420	400	Жидкая	83

Для исследования влияния обогащающих компонентов и их соотношения на органолептические показатели готового продукта разработана базовая рецептура крупеника, в состав которого входил сахар-песок в количестве 10 % (табл. 5).

Таблица 5. Базовая рецептура крупеника

Компоненты	Рецептура, г
Крупа гречневая	80
Вода	130
Творог	76
Сахар	10
Яичный порошок	5
Масло сливочное	10
Сухари пшеничные	5
Масса готового крупеника	250

Так как целью является создание продуктов с низким содержанием сахара, то в рецептуре сахар-песок заменили на топинамбур, курагу, изюм, тем самым обогатив крупеник витаминами и минералами, а также заменимыми и незаменимыми аминокислотами. При изменении рецептуры важно, чтобы физико-химический состав стал богаче, но при этом консистенция и органолептические показатели не ухудшились.

Для придания оптимальных органолептических характеристик крупеника были приготовлены образцы с различным содержанием фруктов (кураги, изюма, кусочков яблок и тыквы) и топинамбура (от 5 до 15 г) и проведена их органолептическая оценка.

Чтобы понять, в каком виде вносить топинамбур в рецептуру (порошок или сироп), проведены исследования по определению влагосвязывающей способности (ВСС) порошка топинамбура и установлено, что ВСС порошка топинамбура = 340 %. Определено, что при использовании порошка топинамбура ухудшались органолептические показатели (блюдо получилось сухим, и присутствовал хруст). В связи с этим порошок топинамбура заменили на сироп.

На основании анализа полученных данных установлено, что образец крупеника с содержанием топинамбура – 10 % является наиболее оптимальным по органолептическим показателям. Однако было определено, что для обогащения крупеника и придания ему насыщенного вкуса в рецептуру необходимо добавить до 10 % фруктов (изюм, курага, кусочки тыквы или яблок). Кулинарно приготовленный образец гречневого крупеника с изюмом и топинамбуром представлен на рисунке.



Гречневый крупеник с творогом, изюмом (10 %) и сиропом топинамбура (10 %)

С использованием программы Matlab проведено моделирование рецептурных составов крупяных полуфабрикатов (крупеника, манника, биточков, запеканки и пудинга) по белку и пищевым волокнам. Данная задача является задачей линейного программирования, решение которой позволило определить массовую долю каждого вида сырья при получении крупяных полуфабрикатов с заданным содержанием белка и пищевых волокон. В результате смоделированы крупяные продукты с содержанием на 100 г продукта: пищевых волокон – не менее 3,0 г, белка – от 12 г (крупеник) до 17 г (запеканка, пудинг), с низким содержанием соли и сахара, со следующим рецептурным соотношением: содержание каш – 39,5–61,5 %, творога – 30–35 % (крупеник и манник), арахиса – до 10 %, молока сухого – до 18,5 %, казеината натрия – до 11 %, семян чиа, киноа – до 17 %, изюма – до 5 %, кураги – до 5 %, тыквы – до 5 % и моркови – до 15 %. Энергетическая ценность крупяных полуфабрикатов составила 204–380 ккал в зависимости от вида разрабатываемого продукта.

Заключение. В результате проведенных исследований подобрано сырье и обогащающие компоненты, смоделированы рецептурные составы крупяных полуфабрикатов обогащенные белком (12–17 г на 100 г продукта), пищевыми волокнами (не менее 3 г / 100 г продукта); определены основные параметры подготовки каш. Установлено соотношение жидкости на 100 г каждого вида крупы, определены влажность готовой каши и привар.

Список использованных источников

1. Скурихин, И. М. Таблицы химического состава и калорийности российских продуктов питания : справочник / И. М. Скурихин, В. А. Тутельян. – М. : ДеЛи принт, 2007. – 276 с.
2. Бачурская, Л. Д. Пищевые концентраты / Л. Д. Бачурская, В. Н. Гуляев. – М. : Пищевая промышленность, 1976. – 329 с.
3. Колесникова, Н. В. Научные принципы конструирования комбинированных продуктов питания : метод. указ. / Н. В. Колесникова, С. Ю. Лескова, И. В. Брянская. – Улан-Удэ : Изд-во ВСГТУ, 2005. – 45 с.
4. Нечаев, А. П. Пищевая химия / А. П. Нечаев. – СПб. : ГИОРД, 2007. – 634 с.
5. Требования к продовольственному сырью и пищевым продуктам. Показатели безопасности и безвредности для человека продовольственного сырья и пищевых продуктов : санитарные нормы и правила, гигиенический норматив СанПиН и ГН : утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь, 21 июня 2013, № 52. – Введ. 16.07.13. – Минск : Респ. центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья, 2013. – 432 с.

УДК 664.66.022.39

**Л. В. Донченко, доктор технических наук, профессор;
М. В. Лукьяненко, кандидат технических наук;
Е. Н. Чеботарёва**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет
имени И. Т. Трубилина»,
г. Краснодар, Российская Федерация*

ОБ АКТУАЛЬНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ПИТАНИЯ ВОЕННОСЛУЖАЩИХ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Аннотация. Необходимость организации производства специализированных пищевых продуктов в современном мире обусловлена жесткими условиями профессиональной деятельности военнослужащих. С учетом полипотентных свойств пектиновых веществ целесообразно включение в рацион питания жидкого пектина и иных продуктов питания на его основе.

Ключевые слова: пектин, пектиносодержащие продукты питания, военнослужащие.

**L. V. Donchenko, Doctor of Technical Sciences, Professor;
M. V. Lukyanenko, Candidate of Technical Sciences;
E. N. Chebotareva**

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
“I. T. Trubilin Kuban State Agrarian University”,
Krasnodar, Russian Federation*

THE RELEVANCE OF SPECIALISED NUTRITION FOR MILITARY PERSONNEL IN MODERN CONDITIONS

Abstract. The necessity to organize the production of specialized food products in modern conditions is caused by the harsh conditions of professional activity of servicemen. Taking into account the polypotent properties of pectin substances it is expedient to include liquid pectin and their food products on its basis into the diet.

Keywords: pectin, pectin-containing foods, military personnel.

В контексте современной военной доктрины и концепции военного строительства, предполагается применение инновационных подходов к решению задач, связанных с тыловым обеспечением армии и флота. Это касается и вопроса организации питания военнослужащих, который во многом определяет не только состояние здоровья личного состава Вооруженных сил Российской Федерации, «но и боеспособность частей и кораблей».

В новой Военной доктрине Российской Федерации, в частности при переходе Вооруженных сил на контрактную основу комплектования, определены более строгие требования к профессиональной деятельности различных категорий военнослужащих и необходимость пересмотра рационов питания, особенно с точки зрения обеспечения организма необходимыми питательными веществами.

Это обусловлено тем, что в существующих нормах довольствия практически не учитывается микронутриентная эндемическая недостаточность, характерная для некоторых регионов России, а также новые данные о потребностях человека в минорных соединениях, особенно при выполнении тяжелых видов трудовой деятельности, к которым относится военная служба.

Известно, что выполнение военнослужащими боевых и учебно-боевых задач в экстремальных условиях, сопряженных с интенсивными физическими нагрузками и выраженным психоэмоциональным напряжением, влечет за собой негативные изменения в функциональном состоянии всех органов и систем организма, а также нарушение обменных процессов.

В результате экспертной оценки врачей Военно-медицинской академии имени С. М. Кирова Министерства обороны Российской Федерации было проведено ранжирование факторов риска. Исходя из максимально возможной оценки в 10 баллов, факторы риска распределились следующим образом: организация водоснабжения – $(7,60 \pm 0,16)$ балла; организация питания – $(6,27 \pm 0,20)$ балла; другие факторы, включая климато-географические условия района локального вооруженного конфликта и военно-профессиональную деятельность военнослужащих – $(5,27 \pm 0,20)$ балла [5].

Из представленных данных следует, что рацион питания военнослужащих в условиях военного конфликта, когда они длительное время находятся вне пункта постоянной дислокации, в сложных погодных и бытовых условиях, под воздействием вредных и опасных факторов военной службы, имеет огромное значение. В таких условиях сбалансированный рацион питания позволит военнослужащему без риска нарушения функциональных возможностей организма использовать скрытые резервы для поддержания необходимых показателей военно-профессиональной работоспособности и выполнения боевых и специальных задач.

В связи с этим обоснование мероприятий по оптимизации питания с целью повышения военно-профессиональной работоспособности военнослужащих становится актуальным направлением современной науки, в том числе и в области пищевой промышленности.

Воинская служба сопряжена с длительными и интенсивными физическими нагрузками, которые вызывают интенсификацию процессов глюконеогенеза и окислительного катаболизма, что приводит к увеличению распада белка в организме.

На основании проведенных исследований специалистами Военно-медицинской академии имени С. М. Кирова было установлено, что количество

энергии, получаемой военнослужащими за счет протеинов, должно быть несколько выше общепринятых норм и составлять не менее 14 % [5].

Общее количество жиров в суточном рационе должно составлять 30 % от общей калорийности пищи, что эквивалентно 117 г.

При этом доля липидов растительного происхождения должна быть не менее 30 %, что соответствует 35 г. Содержание незаменимой линолевой кислоты в рационе должно составлять не менее 6 % от общего энергосодержания, что соответствует 23 г в сутки.

Одним из ключевых аспектов сбалансированного питания является строгое регулирование потребления углеводов.

В условиях современного мира удельный вес углеводов в суточном рационе взрослого человека должен составлять 55 % от общей потребности в энергии. Эта потребность определяется интенсивностью физических нагрузок и энергетических затрат организма.

Сбалансированный рацион должен включать 400–500 г углеводов в сутки, из которых 75 % приходится на крахмал (350–400 г), 20 % – на моно- и дисахариды (50–100 г) и 2 % – на пищевые балластные вещества, включая пектиновые вещества (3 %) и клетчатку (2 %).

В то же время результаты аналитических исследований, проведенных военными специалистами-гигиенистами, свидетельствуют о том, что содержание углеводов в рационе питания военнослужащих сократилось с $(564,38 \pm 2,67)$ до $(506,51 \pm 2,45)$ г.

Это превышает рекомендуемые величины, но содержание пектиновых веществ в рационе питания военнослужащих остается ниже нормы.

Рекомендуемое содержание пектиновых веществ составляет 15 г, однако фактическое содержание пектиновых веществ в пайке – всего 6 г.

Следует отметить, что содержание пектиновых веществ рассчитывается на основе их теоретического значения во фруктах, овощах и соках и не является фактически подтвержденным.

Оптимальным соотношением белков, жиров и углеводов в рационе военнослужащих следует считать 1:1:4, при повышенной физической и эмоционально-психической нагрузке это соотношение может быть доведено до 1:1,5:6 [5].

В условиях повышенной физической активности, умственного напряжения и работы в сложных климатических условиях возрастает потребность организма в определенных макро- и микронутриентах, таких как витамины, минеральные вещества и пектиновые соединения.

Воздействие на организм, вызванное дефицитом витаминов и минеральных соединений, общеизвестно и негативно сказывается на здоровье.

Однако не менее опасно и отсутствие пектиновых веществ в кишечнике, что может привести к развитию дисбактериоза.

Особенно подвержены этому риску люди, находящиеся в экстремальных условиях, таких как арктические экспедиции, служба в отдаленных районах

Севера, космические полеты. Также в группе риска находятся военнослужащие, выполняющие длительные боевые дежурства, включая ракетчиков и подводников.

Кроме того, воздействие ионизирующего излучения также увеличивает вероятность развития дисбактериоза.

Не менее распространенным негативным аспектом, связанным с организацией питания, являются кишечные инфекции, в частности дизентерия. В среде военнослужащих заболеваемость острыми кишечными инфекциями достаточно высока, причем доля больных шигеллёзом составляет примерно 31 % [4]. Основной причиной подобных явлений считается неудовлетворительное качество питьевой воды.

Показатели бактериального загрязнения источников водоснабжения и питьевой воды демонстрируют тенденцию к снижению, однако остаются на относительно высоком уровне. Кроме того, наблюдается формирование приобретенной резистентности микроорганизмов к известным антибиотикам [3].

Для разрешения данной проблемы представляется целесообразным, на наш взгляд, использование пектиновых веществ, которые, попадая в кишечник, способны эффективно уничтожать патогенные микроорганизмы, не нанося вреда полезной микрофлоре. Это способствует развитию и колонизации кишечника собственными полезными микроорганизмами, что приводит к устранению дисбактериоза.

Пектиновые вещества представляют собой уникальные соединения, которые оказывают благотворное воздействие на функционирование желудочно-кишечного тракта. Они способствуют нормализации перистальтики кишечника, обеспечивая тем самым полноценное усвоение всех необходимых организму питательных веществ. Кроме того, пектиновые вещества способствуют быстрому выведению токсинов и шлаков из организма.

В процессе взаимодействия с содержимым желудочно-кишечного тракта пектиновые вещества образуют гели, которые, перемещаясь по кишечнику, захватывают и выводят токсины, а также защищают слизистые оболочки от возможного раздражения.

В отечественной и мировой литературе отсутствуют данные об аллергических и иных патологических состояниях, связанных с использованием пектина [2]. Это позволяет считать его безопасным препаратом, лишенным побочных эффектов. В отличие от классических средств, пектиновые вещества не имеют противопоказаний.

Состояние здоровья военнослужащих также определяется уровнем содержания в их организме токсичных металлов и радионуклидов, которые попадают туда в результате профессиональной деятельности.

В результате лабораторных исследований было установлено, что при одном выстреле из пистолета Макарова в атмосферу тира происходит выброс примерно 0,5 г парообразных соединений свинца, 0,01 г парообразных неорганических соединений ртути, входящих в воспламеняющий состав капсул,

а также 5,2 г пороховых газов, содержащих окись азота. Эти данные свидетельствуют о превышении предельно допустимых концентраций вредных химических веществ в воздухе [7].

Пектин представляет собой высокоэффективный комплексобразователь, который может быть использован в качестве профилактического средства против отравления свинцом, ртутью, кадмием, молибденом и марганцем.

Было установлено, что пектины оказывают благоприятное воздействие не только при остром и подостром воздействии металлов, но и при их длительном поступлении в организм [1, 2].

Таким образом, для коррекции нарушений углеводного и водно-минерального обменов особый интерес представляют продукты, содержащие значительное количество пектиновых веществ. Эти вещества способны повысить резистентность организма военнослужащих к интенсивным физическим нагрузкам и улучшить их военно-профессиональную работоспособность.

Очевидно, что пищевые продукты, обогащенные пектином, могут быть использованы не только для коррекции нарушений статуса питания, но и для улучшения качества лечебных диет при различных заболеваниях и в процессе реабилитации.

В соответствии с Методическими указаниями по использованию в лечебно-профилактических целях пектинов и пектиносодержащих продуктов № 5049-89, утвержденными Министерством здравоохранения СССР 12 июля 1989 г., установлены минимальные суточные дозы потребления человеком пектина: низкометоксилированного – 4–6 г, высокометоксилированного – 8–15 г [2].

В настоящее время применение пектиновых веществ в лечебно-профилактическом питании всех групп населения стало одним из важнейших оздоровительных мероприятий, направленных на ограничение неблагоприятного воздействия окружающей среды на здоровье человека. Применение пектина одобрено Министерством здравоохранения и социального развития Российской Федерации.

Включение в рацион питания продуктов, содержащих пектин, таких как напитки, хлеб, молочные и кондитерские изделия, может быть эффективным для профилактики и терапии пектинозависимых состояний. Так, введение хлеба, содержащего жидкий пектин, полученный по нашей технологии, в количестве 5–10 % в течение 2–3 недель в рацион питания ликвидаторов аварии на Чернобыльской АЭС способствовало нормализации уровня железа и калия, а также более эффективному связыванию и выведению комплекса токсинов.

При этом присутствие пектиновых веществ в рационе способствовало ускорению процесса удаления токсинов из желудочно-кишечного тракта [2, 6].

На основе натуральных соков и жидкого пектина была создана обширная линейка напитков, включающая в себя такие наименования, как «Яблочный», «Тыквенный», «Томатный», «Зеленое яблоко», «Апельсиновый» и другие. Благодаря высокому содержанию пектиновых веществ, эти продукты могут

быть рекомендованы для профилактического и лечебного питания военнослужащих и различных категорий населения.

Особую группу разработанных нами лечебно-профилактических продуктов питания составляют лактоферментированные напитки – продукты, полученные путем направленного молочнокислого брожения. Помимо детоксикационной и радиопротекторной функций, эти напитки обладают бифидогенными свойствами.

Эти напитки являются дополнительным источником аминокислот, витаминов, органических кислот, дубильных и пектиновых веществ, макро- и микроэлементов.

Следовательно, сброженные овощные соки, известные как «биосоки», которые входят в состав пектиносодержащих напитков, обладают лечебным и профилактическим действием при сердечно-сосудистых заболеваниях, нарушениях кровообращения, диабете, атеросклерозе и заболеваниях печени. Они также имеют радиопротекторные свойства, которые обусловлены комплексным воздействием их состава и активностью молочнокислых бактерий.

Список использованных источников

1. Свойства и строение галактуроновой кислоты в технологии производства пектинов / Л. С. Дегтярев [и др.] // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2002. – № 4 (269). – С. 15–18.
2. Донченко, Л. В. Пектин: основные свойства, производство и применение / Л. В. Донченко. – М. : ДеЛи принт, 2007. – 276 с.
3. Лобзин, Ю. В. Клиника, диагностика и лечение актуальных кишечных инфекций / Ю. В. Лобзин, В. М. Волжанин, С. М. Захарченко. – СПб. : ИКФ «Фолиант», 1999. – С. 54–91.
4. Малышев, В. В. Эпидемиологические особенности острых кишечных вирусных инфекций в России / В. В. Малышев, Д. В. Разумова, С. С. Ильин // Медицина: теория и практика : материалы конгресса Военно-медицинской академии им. С. М. Кирова, Санкт-Петербург, 2018. – Т. 3, № 1. – С. 61–62.
5. Нормирование питания военнослужащих в условиях повседневной деятельности / А. Л. Сметанин [и др.] // Известия Рос. военно-медицинской академии. – 2020. – Т. 39, № S3-1. – С. 177–181.
6. Применение культуры тритикале и яблочного пектинового экстракта в производстве хлеба функционального назначения / Н. В. Сокол [и др.] // Хлебопечение России. – 2003. – № 1. – С. 14–15.
7. Сорокин, И. А. Контроль компонентов продуктов огнестрельного выстрела методом инверсионной вольтамперометрии / И. А. Сорокин, Г. Б. Слепченко, С. В. Нехорошев // Вестн. Томского гос. ун-та. Химия. – 2016. – № 4 (6). – С. 31–38.

ГЛАВА 3

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ И БЕЗОПАСНОСТЬЮ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

УДК 664.64

**З. В. Василенко, член-корреспондент НАН Беларуси, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Республики Беларусь;
Т. В. Трофименко, аспирант**

*Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий,
г. Могилёв, Республика Беларусь*

ВЛИЯНИЕ НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МУЧНЫХ СМЕСЕЙ НА ОСНОВЕ МУКИ ПШЕНИЧНОЙ ВЫСШЕГО СОРТА И МУКИ ИЗ ШРОТА РАПСОВОГО

Аннотация. Целью исследований явилась сравнительная оценка биохимических и реологических свойств (с использованием прибора «Mixolab» (протокол «Choping+»)) пшеничной муки и композиционных смесей пшеничной и муки из шрота рапсового, что позволит прогнозировать технологические параметры производства нового ассортимента мучных продуктов питания с использованием нетрадиционного растительного сырья. Полученные результаты указывают на то, что в смесях с добавлением муки шрота рапсового по сравнению с контролем (пшеничной мукой) увеличивается влажность. Тесто становится более-менее расплывчатым и липким по сравнению с контролем, т. е. структура оптимальна для получения конечного продукта.

Ключевые слова: мука пшеничная, тесто, реологические свойства, мука из шрота рапсового, композиционная смесь.

**Z. V. Vasilenko, Corresponding Member of the National Academy of Sciences
of the Republic of Belarus, Doctor of Technical Sciences, Professor,
Honored Scientist of the Republic of Belarus;
T. V. Trofimenko, Postgraduate Student**

*Belarusian State University of Food and Chemical Technologies
Mogilev, Republic of Belarus*

INFLUENCE ON THE RHEOLOGICAL PROPERTIES OF FLOUR MIXTURES BASED ON HIGH-GRADE WHEAT FLOUR AND FLOUR FROM RAPE MEAL

Abstract. The purpose of the research was a comparative assessment of the biochemical and rheological properties (using the Mixolab device (the “Choping+” protocol) of wheat flour and composite mixtures of wheat and rapeseed meal flour, which will make it possible to predict the technological parameters of the production of a new range of flour food products using non-traditional plant raw materials. The results obtained indicate that in mixtures with the addition of rapeseed meal flour, compared to the control (wheat flour), the moisture content increases. The dough becomes less vague and sticky compared to the control, i. e. the structure is optimal for obtaining the final product.

Keywords: wheat flour, dough, rheological properties, rapeseed meal flour, composite mixture.

Введение. Мучные изделия из пшеничной муки в Республике Беларусь являются одним из наиболее востребованных, ежедневно потребляемых продуктов. Мука, являясь основным сырьем в рецептурах мучных изделий, определяет их пищевую ценность и потребительские свойства. Актуальным направлением научных исследований в области производства мучных изделий является расширение ассортимента продукции для здорового питания, в том числе за счет использования различных видов муки [1, 2]. Это связано с тем, что традиционный набор сырья не соответствует требованиям сбалансированного питания и не позволяет обеспечить организм человека пищевыми ингредиентами, необходимыми для профилактики алиментарно-зависимых заболеваний.

В последние годы все больший интерес представляет собой использование комбинированной муки из нетрадиционного растительного сырья, в том числе кукурузной, гречневой, нутовой, амарантовой, льняной и т. д. [3].

Для Республики Беларусь таким ценным растительным сырьем является мука из шрота рапсового. Ее химический состав представлен высоким содержанием белка (от 36–38 %), пищевых волокон – более 30 %, низким содержанием масла (2,5 %), представленного преимущественно ненасыщенными жирными кислотами. Особенно ценной из них является линолевая кислота, которая относится к семейству полиненасыщенных кислот ω -3 и играет важную роль в образовании иммунитета, дифференциации лимфоцитов, что обуславливает целесообразность ее использования для производства здоровых продуктов питания [4].

На большинстве мукомольных предприятий в современном лабораторном контроле принято анализировать качество муки по физико-химическим показателям: влажности, количеству и качеству клейковины, белизне, числу падения и ряду других. Одним из таких показателей являются интегральные показатели, характеризующие реологические свойства, т. е. описывающие состояние теста при замесе в течение всего технологического процесса, которые позволяют с высокой достоверностью оценивать свойства зернового сырья и прогнозировать качество готового продукта [5, 6].

В то же время мировая практика в области оценки качества и безопасности продуктов питания направлена на постоянное расширение списка контролируемых показателей сырья и пищевой продукции. В связи с этим комплексные исследования взаимосвязи биохимических и технологических свойств муки, реологических свойств теста с использованием различных методов, их сравнительный анализ необходимы для правильной интерпретации показателей, получаемых на приборе «Mixolab», как в исследовательской практике, так и в работе лабораторных мукомольных и хлебопекарных предприятий.

Материалы и методы исследования. В качестве материалов для исследований были взяты образцы композиционных смесей муки высшего сорта с заменой 3, 5, 7%-й мукой из шрота рапсового. Подготовка сухих смесей заключалась в равномерном смешивании всех компонентов, определении влаж-

ности сухих смесей и взвешивании массы навески в количестве 300,0 г. В качестве контрольного образца была выбрана пшеничная мука, как наиболее используемый компонент в хлебопекарном производстве.

Соотношение рецептурных компонентов в исследуемых образцах представлено в табл. 1.

Таблица 1. Соотношение рецептурных компонентов композиционных смесей

Сырьевой компонент	Количество сырьевых компонентов, г			
	Контроль	3 % муки шрота рапсового	5 % муки шрота рапсового	7 % муки шрота рапсового
Мука пшеничная высшего сорта	300	177,0	171,0	165,0
Мука из шрота рапсового	–	9,0	15,0	21,0
Солод ржаной ферментированный	–	3,0	3,0	3,0
Мука ржаная обдирная	–	111,0	111,0	111,0
<i>Итого</i>	300	300	300	300



Рис. 1. Прибор «Mixolab Chopin»

Для оценки реологических свойств теста на основе пшеничной муки с использованием муки из шрота рапсового проводился анализ с применением прибора «Mixolab Chopin» (рис. 1). Он предназначен для контроля динамики реологического поведения теста с использованием муки шрота рапсового в процессе замеса по характеру изменения величины крутящего момента на приводе тестомесильной емкости

и определения следующих показателей: водопоглотительной способности муки, мучного сырья, сухих смесей, сухих мучных полуфабрикатов и др., времени образования теста, его стабильности и значения разжижения, а также консистенции теста в процессе нагрева. Данный прибор подходит для оценки влияния на процесс замеса теста различных улучшителей, дополнительных сырьевых компонентов и ферментных препаратов [7, 8].

Функция Mixolab Profiler преобразовывает стандартную кривую в набор из шести оценок от 0 до 9 для того, чтобы описать исследуемый образец по шести фундаментальным критериям, а именно:

- абсорбционный потенциал или индекс водопоглощения;
- поведение при замесе или индекс замеса;
- прочность клейковины или индекс клейковины+ (индекс глютен+);
- максимальная вязкость или индекс вязкости;
- амилалитическая активность или индекс амилолиза;
- ретроградация или индекс ретроградации.

Прибор «Mixelab» предлагает 5 интервалов температур, при которых идет исследование. Измеряемый крутящий момент в анализируемых точках графика характеризует различные биохимические процессы.

Во время 1-й фазы замеса (точка C1 – образование теста) прибор обеспечивает образование теста с консистенцией $(1,10 \pm 0,05)$ Н·м при температуре 30 °С. Продолжительность 1-й фазы 8 мин, при этом оптимальная консистенция обеспечивается путем подбора количества добавляемой воды. На 2-й и 3-й фазах замеса регистрируют изменение консистенции теста при нагреве до 90 °С (точка C2 – разжижение теста; точка C3 – максимальная скорость клейстеризации крахмала). На 4-й и 5-й фазах измеряют консистенцию теста при его охлаждении до 50 °С и выдерживают при этой температуре в течение 5 мин (точки C4 и C5 – начало и окончание ретроградации крахмала).

Анализировались также показатели: водопоглотительная способность теста – ВПС (%), время образования теста (мин), стабильность теста (мин).

Результаты и их обсуждение. В качестве исследуемых образцов использовались композиционные смеси с мукой из шрота рапсового с концентрациями 3, 5, 7 % взамен пшеничной муки. Миксолабограмма и графическая интерпретация функции Mixelab Profiler для образца «Тесто из муки пшеничной высшего сорта» представлены на рис. 2.

Данные миксограмм и радиальных диаграмм (профайлер прибора «Mixelab») показали имеющиеся различия в параметрах реологического профиля индексов прибора «Mixelab» исследуемых образцов.

В ходе проведенных исследований были установлены следующие значения показателей реологических свойств теста для всех исследуемых образцов (табл. 2).

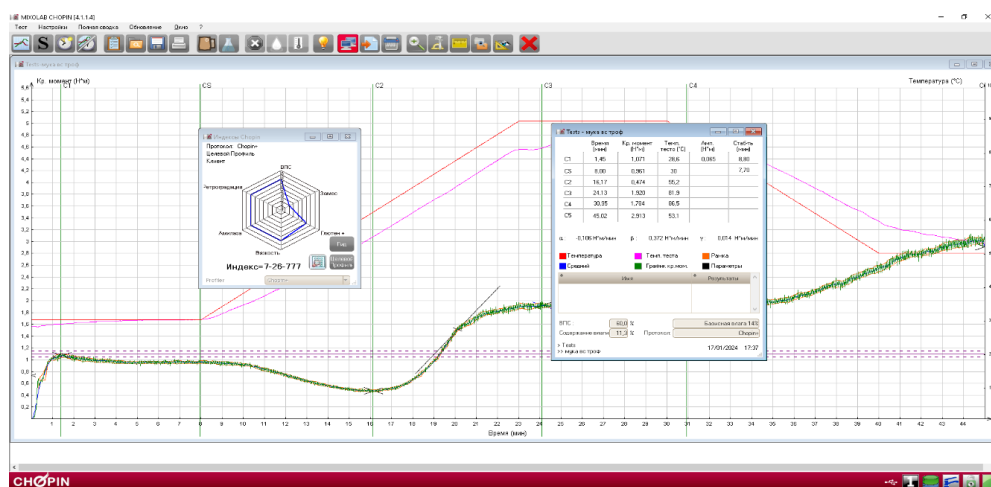


Рис. 2. Миксолабограмма совместно с функцией Mixelab Profiler образца «Тесто из муки пшеничной высшего сорта»

Таблица 2. Показатели теста композиционных смесей с использованием функции Mixolab Profiler

Концентрация муки шрота рапсового, %	Наименование функциональных индексов Mixolab Profiler (усл. ед. пр.)					
	индекс водопоглощения	индекс замеса	индекс клейковины+ (глютена+)	индекс вязкости	индекс амилолиза	индекс ретроградации
3	8	2	7	7	6	4
5	8	2	7	7	6	4
7	8	2	7	8	6	4
Контроль	7	2	6	7	7	7

На основании анализа результатов исследований, представленных в табл. 2, было установлено, что абсорбционный потенциал или индекс водопоглощения, характеризующий состав образца по содержанию отдельных химических веществ (белок, крахмал, клетчатка и др.) и влияющий на выход теста, изменяется от 1 до 8. Чем выше значение показателя, тем больше воды может поглотить исследуемый образец. Индекс водопоглощения у исследуемых образцов выше, чем у контрольного образца, независимо от концентрации.

Поведение при замесе или «индекс замеса», описывающий поведение теста при замесе при температуре 30 °С (стабильность, время образования теста, его ослабление и разжижение), для всех образцов равен 2. Чем ниже это значение, тем нестабильнее тесто при замесе. Чем больше массовая доля белка и лучше (крепче) ее качество, тем выше индекс замешивания. На индекс замешивания влияет количество и качество клейковины. Так как основным компонентом в хлебопечении является пшеничная мука, индекс замеса которой равен 2, и в исследуемых композиционных смесях независимо от концентрации муки из шрота рапсового индекс замеса также равен 2, то можно предположить, что использование муки из шрота рапсового не окажет влияние на качество хлебобулочных изделий.

«Индекс клейковины» характеризует начальное уменьшение вязкости теста при его нагревании от 30 до 60 °С, обусловленное, в первую очередь, ослаблением водородных связей между молекулами белков, а также незначительным ростом амилолитической активности.

Высокое значение данного индекса указывает на относительную структуру белкового комплекса теста за счет дисульфидных и гидрофобных межмолекулярных связей. В то же время, по-видимому, данный индекс связан с аминокислотным составом белков, а точнее с содержанием серосодержащих аминокислот (метионин, цистеин). Этот факт косвенно подтверждает высокие значения индекса. Прочность клейковины или индекс качества клейковины + (глютен+), описывающий поведение клейковины при нагреве теста в контрольном образце, равен 6, а в исследуемых композиционных смесях – равен 7 независимо от концентраций муки из шрота рапсового. Следовательно, муку с данным индексом целесообразно использовать в качестве обогатителя для слабой муки при производстве хлеба, а также слоеных изделий.

Максимальная вязкость или «индекс вязкости», характеризующий фазу, при которой температура теста составляет 60–80 °С и наиболее активно протекают все физико-химические и биохимические процессы, в первую очередь – желатинизация крахмала и коагуляция белков. В этой фазе большое значение имеет структура крахмала, его способность обеспечивать качество хлеба усиливается, а роль клейковины ослабевает. Вода мигрирует от клейковины к крахмалу, который в желатинизированном виде поглощает в 10 раз больше воды. Если мука слабая, то крахмал быстро деградирует и мякиш становится липким. Изменение вязкости композиционных смесей изменяется при нагреве и зависит от амилалитической активности и качества крахмала. Для контрольного образца и для композиционных смесей с концентрацией 3 и 5 % индекс равен 7. Высокое значение показателя соответствует высокой вязкости теста при нагреве. Максимальная вязкость теста (8 из 9) наблюдается у образца с 7 % шрота. Это свидетельствует о том, что изделие, приготовленное из данной композиционной смеси, будет держать форму.

Индекс стойкости крахмала против атаки амилазами характеризует амилалитическую активность α -амилазы и связан с числом падения (высокий индекс прибора «Miholab» будет соответствовать высокому значению числа падения). Значение данного индекса (амилолитическая активность или индекс амилолиза) представляет собой функцию способности крахмала противостоять амилолизу. У контрольного образца данный индекс равен 7, а у исследуемых композиционных смесей данный индекс – 6, независимо от концентраций муки из шрота рапсового. Значение данного индекса, равное 7, будет указывать на низкую амилалитическую способность. Таким образом, внесение муки из шрота рапсового ускоряет процесс распада крахмала.

Индекс загустевания крахмала напрямую связан со способностью конечного продукта противостоять черствлению и сохранять товарный вид. После выпечки крахмал в готовом изделии начинает постепенно затвердевать, что непосредственно влияет на срок свежести конечного продукта. Затвердевание мякиша напрямую связано с процессом ретроградации крахмала (в основном амилопектина), который после выпечки стремится вернуться к первоначальному виду. Ретроградация или индекс ретроградации, представляющий функцию характеристик крахмала и его гидролиза во время измерения, у контрольного образца равен 7, а у исследуемых композиционных смесей равен 4. Увеличение значения показателя соответствует уменьшению срока хранения конечной продукции. Таким образом, сроки хранения изделий из исследуемых композиционных смесей будут выше сроков хранения из изделий на основе пшеничной муки высшего сорта.

Заключение. Установлено, что «Miholab Chopin» может быть применен для исследования свойств и проверки качества образцов с использованием пшеничной муки, дополнительных и нетрадиционных сырьевых компонентов.

Выявлены особенности реологических характеристик теста. Исследованиями установлено, что на реологические характеристики оказывает влияние

качество белково-протеиназного и углеводно-амилазного комплексов, т. е. их рецептурный состав, наличие дополнительных и нетрадиционных сырьевых компонентов.

Определено, что в процессе приготовления теста на основе рассматриваемых композиционных смесей потребуется меньшее количество воды, чем традиционно для теста на основе пшеничной муки. Установлено, что рассмотренные композиционные смеси преимущественно способны образовывать «стабильное» тесто с хорошей эластичностью. Выявлено, что сроки хранения изделий на основе рассматриваемых композиционных смесей будут находиться на уровне сроков хранения изделий на основе пшеничной муки 1-го сорта (индекс ретроградации равен 4).

Список использованных источников

1. Jenkins, S. Bakery technology / S. Jenkins. – Toronto : Lester and Orpen Limeted, 1975. – P. 272.
2. Пашенко, Л. П. Технология хлебобулочных изделий : учеб. пособие для студентов высших учебных заведений / Л. П. Пашенко, И. М. Жаркова. – М. : КолосС, 2006. – 390 с.
3. Экспертиза хлеба и хлебобулочных изделий. Качество и безопасность : учеб. пособие для студентов вузов / А. С. Романов [и др.] ; под общ. ред. В. М. Поздняковского. – 2-е изд., испр. – Новосибирск : Сибирское университетское изд-во, 2007. – 276 с.
4. Сравнительная характеристика пищевой ценности жмыха и шрота рапсовых, полученных из семян рапса белорусской селекции / З. В. Василенко [и др.] // Вестн. Белорус. гос. ун-та пищевых и химических технологий. – 2024. – № 1 (36). – С. 27–36.
5. Андреев, А. Н. Применение методов реологии для стабилизации консистенции ржано-пшеничного теста при использовании дополнительного сырья / А. Н. Андреев, Ю. А. Виноградов // Процессы и аппараты пищевых производств. – 2011. – № 2. – С. 56–63.
6. Информационно-измерительная система для оценки хлебопекарных свойств муки / В. Я. Черных [и др.] // Хлебопродукты. – 2000. – № 8. – С. 21–25.
7. Жигунов, Д. А. Определение реологических характеристик теста на приборе «Миксолоб» из муки с различных систем технологического процесса / Д. А. Жигунов [и др.] // Хлебопродукты. – 2013. – № 2. – С. 50–54.
8. Черных, И. В. Совершенствование контроля качества муки с использованием современных информационно-измерительных систем / И. В. Черных, А. В. Лебедев // Хлебопродукты. – 2012. – № 6. – С. 41–43.

УДК 664.6/7

¹**В. Я. Черных, доктор технических наук, профессор;**

²**Е. В. Карпушина, кандидат технических наук;**

¹**Н. Ю. Быкова, кандидат технических наук**

¹*ФГАНУ «Научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности»,*

г. Москва, Российская Федерация;

²*ООО «Грейн Ингредиент»,*

г. Москва, Российская Федерация

ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ ПОКАЗАТЕЛЯМИ ТВЕРДОЗЕРНОСТИ ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ ПШЕНИЧНОЙ МУКИ

Аннотация. Исследования проводили на шести сортах озимой пшеницы: Быль, Поэма, БИС, Мера, Влади и Московская 39. На основании полученных данных установлена прямая корреляционная взаимосвязь между интегральным показателем твердозерности пшеницы – индексом прочности зерна и интегральным показателем хлебопекарных свойств пшеничной муки – «числом качества», которая составила 0,97, и определены коэффициенты линейной регрессионной модели. Анализ реодинамики измельчения зерна пшеницы и замеса пшеничного теста позволяет оценивать твердозерность зерна пшеницы и прогнозировать хлебопекарные свойства пшеничной муки.

Ключевые слова: пшеница, пшеничная мука, реодинамика измельчения зерна и замеса пшеничного теста, индекс прочности, «число качества».

¹**V. Ya. Chernyh, Doctor of Technical Sciences, Professor;**

²**E. V. Karpushina, Candidate of Technical Sciences;**

¹**N. Yu. Bykova, Candidate of Technical Sciences**

¹*Federal State Autonomous Scientific Institution*

“Scientific Research Institute for the Baking Industry”, Moscow, Russian Federation

²*LLC “Grain Ingredients”, Moscow, Russian Federation*

RELATIONSHIP BETWEEN WHEAT GRAIN HARDNESS INDICATORS AND WHEAT FLOUR TECHNOLOGICAL PROPERTIES

Abstract. There were researches on six winter wheat varieties: Byl', Poema, Bis, Mera, Vladi and Moskovskaya 39. Based on the obtained data the direct correlation (0,97) between the integral indicator of wheat hardness – grain strength index and the integral indicator of wheat flour baking properties – “quality number” was established. And the coefficients of the linear regression model were determined. Analysis of the rheodynamics of grinding wheat grain and kneading wheat dough allows us to comprehensively evaluate the wheat grain hardness and predict the baking properties of wheat flour made from it.

Keywords: wheat, wheat flour, rheodynamics of grain grinding and kneading wheat dough, strength index, “quality number”.

Введение. Пшеница относится к семейству хлебных злаков. Технологические свойства зерна пшеницы предопределяются принадлежностью ее к тому или иному ботаническому виду (ГОСТ Р ИСО 5526-99): *Triticum durum* (пшеница твердая); *Triticum turgidum* (пшеница английская); *Triticum aestivum* (пшеница обыкновенная); *Triticum monococcum* (пшеница культурная-однозернянка); *Triticum dicoccum* (полба культурная-двузернянка) и другие.

В России выращивается пшеница в основном трех ботанических видов: *Triticum durum*, *Triticum turgidum* и *Triticum aestivum*. В соответствии с требованиями ГОСТ Р 52554-2006, выращиваемая пшеница делится на шесть типов, из которых первые четыре типа делятся еще на подтипы. Тип учитывает ботанический вид зерна (*durum*, *turgidum*, *aestivum*), биологическую форму (*озимая*, *яровая*) и цвет (*краснозерная* и *белозерная*). Типы подразделяются на подтипы, которые характеризуют технологические свойства пшеницы, с учетом цвета зерна и его стекловидности.

Мукомольные и технологические свойства зерна пшеницы предопределяются его *твердозерностью*, обусловленной микрогетерогенными свойствами зерна и его морфологическими показателями [3, 5, 7].

В мировой практике оценки технологических свойств зерна пшеницы по показателям твердозерности применяются приборы «Farinograph» или «Do-corder» (фирма «Brabender» – Германия) при использовании в их составе измельчителя, а также твердомер фирмы «Pertin Instruments» (Швеция) – SKCS 4100 [2, 5, 6]. Прибор «SKCS 4100» позволяет определять относительный показатель твердости зерна пшеницы, с учетом массы, влажности и диаметра зерновок [1, 6].

В приведенных приборах реализованы разные подходы при определении твердозерности пшеницы: в первом случае фирма «Brabender» реализовала методику мониторинга динамики крутящего момента на приводе подвижного вальца измельчителя при помоле определенной массы пробы зерна, а фирма «Pertin Instruments» – методику определения предельного усилия нагружения путем сжатия отдельных зерновок с параллельной статистической обработкой формируемого массива данных в количестве 300 зерен [3, 6, 8].

Таким образом, определяемые показатели твердозерности пшеницы – это прочность при измельчении и прочность при сжатии, являются интегральными реологическими показателями, отражающими сортовые особенности пшеницы, обусловленные морфологическими особенностями зерновок и их микрогетерогенными свойствами – размерами крахмальных зерен, плотностью белковой матрицы и соотношением структурных макрокомплексов в зерновках [1, 4, 5].

Целью настоящей работы является установление взаимосвязи между показателями твердорзерности пшеницы и технологическими свойствами пшеничной муки на основании анализа мониторинга реодинамики процессов измельчения зерна и замеса пшеничного теста.

Метод контроля твердозерности зерна пшеницы по показателям процесса измельчения является наиболее предпочтительным, так как после дезинтегра-

ции зерна получается фактически обойная мука, физико-химические характеристики которой также используются для оценки технологических свойств анализируемого сорта пшеницы [1, 4, 8].

Материалы и методы исследования. Объектами исследования являются шесть сортов озимой пшеницы: Быль, Поэма, Бис, Мера, Влади и Московская 39 и мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта, изготовленная в условиях ОАО «Мелькомбинат в Сокольниках» на мельничной установке «МЛУ-202».

Массовую долю золы определяли по ГОСТ Р 51411-99; массовую долю влаги – по ГОСТ 13586.5-2015; натуру – по ГОСТ Р 54895-2012; массу 100 зерен – по ГОСТ ISO 520-2014; число падения – по ГОСТ 27676-88.

Определение физико-химических характеристик зерна пшеницы и пшеничной муки осуществляли с использованием приборов: колориметр CR-410 (Konica Minolta, Япония) – для оценки цветовых характеристик зерна пшеницы; «Волюмотест ВТ-1» (ООО «Лаборатория качества», Россия) – для установления насыпной плотности (ρ_m , г/мл) пшеничной муки; «ИДК-3» (ООО «Плаун», Россия) – для выявления общей деформации ($h_{\text{общ.}}$, ед. ИДК (измеритель деформации клейковины)) клейковины; «Амилотест АТ-97 (ЧП-ТА)» (ООО НПФ «Радиус», Россия) – для определения автолитической активности пшеничной муки по «числу падения» (ЧП, с); «Гранулометр ГИУ-1» (АО «ЦПФ МГТУ», Россия) – для оценки гранулометрического состава ($d_{\text{экв.}}$, мм); «Farinograph-E» (Brabender GmbH & Co. KG, Германия) – для установления показателей реодинамики замеса пшеничного теста: водопоглотительной способности (ВПС, %); времени образования теста (В, мин); устойчивости теста (С, мин); разжижения теста (Е, ЕФ (единица фаринографа)); удельной энергии замеса ($E_{\text{уд.}}$, кДж/кг); «Glutork» (Perten Instruments, Швеция) – для определения влажности пшеничной муки ($W_{\text{м. ф.}}$, %) и теста ($W_{\text{т.}}$, %); «Rheofermentometr F3» (Chopin, Франция) – для выявления газообразующей способности муки.

В табл. 1 приведены физико-химические характеристики используемого зерна пшеницы.

Таблица 1. Физико-химические характеристики (ФХХ) зерна озимых сортов пшеницы, используемых в работе

Показатель ФХХ зерна	Единица измерения	Сорт озимой пшеницы					
		Быль	Поэма	БИС	Мера	Влади	Московская 39
Массовая доля влаги	%	14,4	14,4	14,6	14,4	13,6	13,4
Натура	г/л	793	802	797	818	818	821
Масса 1000 зерен при фактической влажности	г	41,9	42,4	44,0	47,6	41,8	38,7
Масса 1000 зерен на сухое вещество	г	35,9	36,3	37,6	40,7	36,1	33,5
Стекловидность	%	38	38	48	68	62	54
«Число падения»	с	414	394	286	410	299	390
Массовая доля сырой клейковины	%	19,6	22,0	26,5	25,3	23,2	25,8

Окончание табл. 1

Показатель ФХХ зерна	Единица измерения	Сорт озимой пшеницы					
		Быль	Поэма	БИС	Мера	Влади	Московская 39
Общая деформация клейковины	ед. ИДК	60	70	80	75	85	85
Цветовые характеристики	L:	59,35:	59,33:	55,45:	54,53:	55,12:	56,25:
	a:	6,69:	6,36:	5,93:	5,57:	5,54:	6,07:
	b	14,56	14,27	11,2	10,48	10,48	11,46
Массовая доля золы в пересчете на сухое вещество	%	1,87	1,93	1,76	1,66	1,72	1,94
Сорная примесь	%	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1
Зерновая примесь	%	2,8	0,5	1,0	0,9	2,6	1,8

В табл. 2 представлены физико-химические характеристики муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта.

Таблица 2. Физико-химические характеристики муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта

Показатель ФХХ муки, пшеничной хлеб высшего сорта	Единица измерения	Мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта из разных сортов озимой пшеницы					
		Быль	Поэма	БИС	Мера	Влади	Московская 39
Массовая доля влаги	%	12,2	12,0	11,8	12,0	11,0	11,2
Массовая доля золы в пересчете на сухое вещество	%	0,54	0,52	0,55	0,59	0,54	0,6
Остаток на сите № 43	%	0,20	0,20	0,26	0,14	0,44	0,36
Средний эквивалентный диаметр частиц	мкм	132	116	122	109	131	141
Белизна	ед. РЗ–БПЛ	59	59	58	61	63	64
«Число падения»	с	359	395	294	411	299	448
Газообразующая способность	см ³	987	958	1204	1016	1207	977
Массовая доля сырой клейковины	%	21,1	24,4	26,8	28,4	26,0	28,8
Общая деформация клейковины	ед. ИДК	53	62	65	62	73	78
Насыпная плотность	г/мл	0,415	0,421	0,377	0,361	0,358	0,674
Массовая доля золы в муке после вымольной машины в пересчете на сухое вещество	%	1,41	1,44	1,40	1,30	0,84	1,2
Массовая доля золы отрубей драных в пересчете на сухое вещество	%	7,1	7,1	5,8	5,24	5,4	5,8
Массовая доля золы отрубей размоленных в пересчете на сухое вещество	%	3,57	3,46	2,85	2,77	1,9	2,3

Показатели твердозерности пшеницы определяли с использованием информационно-измерительной системы (ИИС), представленной на рис. 1, а, которая обеспечивает мониторинг динамики величины крутящего момента на приводе измельчителя [1, 4, 8].



Рис. 1. Информационно-измерительная система для определения твердозерности зерна пшеницы на базе прибора «Do-corder E330»

На рис. 2 приведена характерная кривая измельчения зерна пшеницы.

Анализируя реодинамику (рис. 2) технологической операции измельчения пшеницы видно, что в начале протекает деформация сжатия зерновок, сопровождаемая большой скоростью нарастания напряжения, определяемой углом наклона показателя крутящего момента к оси абсцисс, а с появлением трещин в зерновках происходит релаксация напряжения, фиксируемая уменьшением угла наклона. Присутствующая сдвиговая деформация окончательно разрушает зерновки на отрубистые частицы и частицы эндосперма, и процесс дезинтеграции зерна фиксируется уменьшением величины крутящего момента или переходом угла наклона в отрицательную зону.

Далее наблюдаются колебательные изменения величины крутящего момента, обусловленные выходом измельченного зерна из межвальцового зазора и поступлением новой порции измельчаемого зерна. Смена локальных объемов массы зерна, поступающих в межвальцовый зазор при помоле, фиксируется колебаниями крутящего момента на кривой измельчения. Окончание измельчения зерна отражается падением крутящего момента на приводе измельчителя до нулевого значения.

Математическая обработка кривых измельчения разных сортов пшеницы (табл. 3) сводилась к фильтрованию и сглаживанию значений крутящего момента, измеряемого с частотой 1000 Гц, и установлению следующих показате-

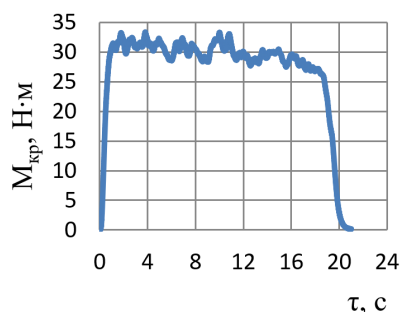


Рис. 2. Динамика крутящего момента на приводе подвижного вальца при измельчении зерна пшеницы

телей: максимальный крутящий момент ($M_{кр. \max}$, Н·м); продолжительность измельчения зерна ($\tau_{изм.}$, с), количество удельной механической энергии, затрачиваемой на измельчение зерна ($E_{изм.}$, кДж/кг).

Таблица 3. Показатели процесса измельчения зерна пшеницы

№ п/п	Сорт озимой пшеницы	Показатели процесса измельчения зерна					
		W_3 , %	$M_{кр. \max}$, Н·м	$\tau_{изм.}$, с	$E_{изм.}$, кДж/кг на с. в.	Ih , Н·м / % (B_m) на с. в.	B_m , %
1	Быль	14,4	19,64	41,7	38	0,54	30,9
2	Поэма	14,4	21,10	38,0	37	0,62	29,3
3	БИС	14,6	23,98	37,3	42	0,78	26,4
4	Мера	14,4	26,98	36,7	45	0,80	28,9
5	Влади	13,6	25,82	39,7	50	0,81	27,6
6	Московская 39	13,4	26,01	36,7	44	0,90	24,9

В табл. 4 приведены физико-химические характеристики муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта, изготовленной из озимых сортов пшеницы: Быль, Поэма, БИС, Мера, Влади и Московская 39.

Таблица 4. Физико-химические характеристики муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта изготовленной из озимых сортов пшеницы

Показатель	Значение ФХХ муки для озимых сортов пшеницы					
	Быль	Поэма	БИС	Мера	Влади	Московская 39
Водопоглощение (v), ВПС муки, %	53,5	52,7	58,9	59,8	57,5	58,2
Время образования теста (a), мин	1,7	1,8	3,9	5,9	4,8	5,2
Устойчивость теста (b), мин	2,7	6,2	5,0	7,8	8,2	9,3
Разжижение теста (d) – метод ИСС, ЕФ	96	61	74	64	69	61
QN («число качества»)	31	33	70	91	92	103
Количество механической энергии, затраченной на формирование структуры теста при замесе, W , кДж/кг	5,4	5,5	12,3	20,0	16,9	18,1

Относительный показатель твердозерности пшеницы – индекс прочности (Ih) определяли с учетом крутящего момента ($M_{кр. \max}$, Н·м) на приводе измельчителя, влажности (W_3 , %) зерна и выхода (B_m , %) пшеничной муки высшего сорта по следующей формуле:

$$Ih = \frac{M_{кр. \max} \cdot (100 - W_3)}{B_m}. \tag{1}$$

Из рис. 3 видна линейная взаимосвязь между показателем твердозерности пшеницы и показателем хлебопекарных свойств муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта, что позволяет с уверенностью рекомендовать экспрессный метод оценки технологических свойств пшеницы, основанный на анализе реодинамики процесса измельчения зерна.

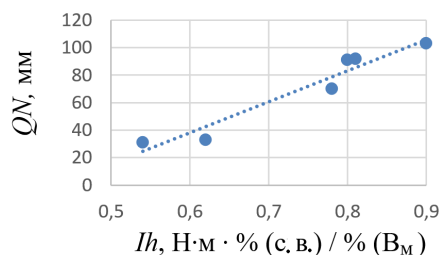


Рис. 3. Взаимосвязь между индексом прочности зерна пшеницы и «числом качества» муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта

Линейная взаимосвязь между показателя QN и Ih при коэффициенте корреляции 0,97 имеет вид:

$$QN = 226 \cdot Ih - 97. \quad (2)$$

Выводы. На основании изучения полученных экспериментальных данных были сделаны следующие заключения:

1. Анализ реодинамики измельчения зерна пшеницы и замеса пшеничного теста позволяет в комплексе оценивать твердозерность зерна пшеницы и прогнозировать хлебопекарные свойства изготавливаемой из него пшеничной муки.
2. Установлена корреляционная взаимосвязь между индексом прочности (Ih) зерна пшеницы и показателем хлебопекарных свойств пшеничной муки – «числом качества» (QN) смолотой из него пшеничной муки.
3. Для инструментальной оценки твердозерности зерна пшеницы и технологических свойств пшеничной муки может использоваться одна и та же информационно-измерительная система на базе прибора типа «Farinograph» при подключении разных технологических насадок: лабораторного измельчителя зерна и месильной емкости.

Список использованных источников

1. Информационно-измерительная система на базе прибора «Полиреотест ПРТ-1» для контроля твердозерности пшеницы / В. Я. Черных [и др.] // Хлебопродукты. – 2020. – № 8. – С. 57.
2. Зверев, С. В. Физические свойства зерна и продуктов его переработки / С. В. Зверев, Н. С. Зверева. – М. : ДеЛи принт, 2007. – 176 с.
3. Глебов, Л. А. Процесс размола зерна / Л. А. Глебов // Теоретические основы пищевых технологий : в 2 кн. ; под ред. В. А. Панфилова. – М. : КолосС, 2009. – С. 395–399.
4. Быкова, Н. Ю. Оценка технологических свойств зерна ржи и продуктов его переработки / Н. Ю. Быкова, В. Я. Черных // Хлебопродукты. – 2016. – № 6. – С. 42.
5. Егоров, Г. А. Управление технологическими свойствами зерна / Г. А. Егоров. – Воронеж : Воронежский гос. ун-т, 2000. – 348 с.
6. Максимов, А. С. Реология пищевых продуктов: лабораторный практикум / А. С. Максимов, В. Я. Черных. – СПб. : ГИОРД, 2006. – 176 с.
7. Онгарбаева, Н. Влияние качества зерна пшеницы на содержание эндосперма / Н. Онгарбаева // Хлебопродукты. – 2005. – № 1. – С. 68.
8. Федин, М. А. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / под ред. М. А. Фекина. – М. : Госагропром, 1988. – 121 с.

УДК 664.761

**С. Р. Сумина;
К. Р. Михайлова, кандидат технических наук**

*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА
имени К. А. Тимирязева»,
г. Москва, Российская Федерация*

ИЗУЧЕНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПШЕНИЧНОЙ И ПОЛБЯНОЙ МУКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ФАРИНОГРАФА

Аннотация. В ходе исследований были изучены реологические свойства пшеничной и полбяной муки при помощи фаринографа, проанализированы полученные результаты, составлена сравнительная характеристика реологических свойств пшеничной и полбяной муки производителя АО «Макфа».

Ключевые слова: пшеничная мука, полбяная мука, показатели качества, реологические свойства, фаринограф.

**S. R. Sumina;
K. V. Mikhaylova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor**

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Russian State Agrarian
University – Moscow State Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev”,
Moscow, Russian Federation*

STUDY OF RHEOLOGICAL PROPERTIES OF WHEAT AND SPELT FLOUR USING A PHARYNOGRAPH

Abstract. In the context of the growing popularity of spelt flour, many agricultural, food and medical universities have studied the technology of production of various flour products with its application, the possibility of using spelt flour in specialized products, including as a functional additive, there are studies on the chemical composition and baking properties of flour. It was revealed that the rheological properties of spelt flour have not yet been studied. Having received information about the rheological properties, we can identify the priority baking direction of flour and the behavior of the dough during kneading.

Keywords: wheat flour, spelt flour, quality indicators, rheological properties, pharynograph.

Введение. В условиях роста популярности полбяной муки многие аграрные, пищевые и медицинские университеты изучали технологию производства различных мучных изделий с ее применением, возможность использования полбяной муки в специализированной продукции, в том числе как функциональную добавку, есть исследования о химическом составе и хлебопекарных свойствах муки. Было выявлено, что реологические свойства полбяной муки еще не изучены. Получив информацию о реологических свойствах, мы можем выявить приоритетное хлебопекарное направление муки и поведение теста при замесе.

Цель: исследование реологических свойств пшеничной и полбяной муки с применением фаринографа и разработка рекомендаций использования полбяной муки.

Задачи: изучить реологические свойства пшеничной муки, реологические свойства полбяной муки, провести анализ полученных данных, разработать рекомендации по применению полбяной муки.

Материалы и методы исследования. Объектами исследования являются *пшеничная и полбяная мука*. Метод исследования – определение водопоглощения муки и реологических свойств теста, замешиваемого из нее, с применением фаринографа согласно ГОСТ ISO 5530-1-2013 «Мука пшеничная. Физические характеристики теста. Часть 1. Определение водопоглощения и реологических свойств с применением фаринографа».

Результаты и их обсуждение. Потребление полбяной муки набирает популярность среди различных групп населения России. Полбяная мука содержит большое количество пищевых волокон, клетчатки, белка и витаминов группы В и макро- и микроэлементов. В отличие от пшеничной муки, полбяная мука не содержит глютен, что позволяет включить ее в диабетический рацион [1–3].

В ходе исследования была проведена и представлена сравнительная характеристика реологических свойств пшеничной и полбяной муки одного из популярных производителей – АО «Макфа» с применением фаринографа, а также разработаны рекомендации по использованию полбяной муки.

Реологические свойства теста – это комплексный показатель, который описывает состояние и поведение теста при замесе и в течение всего технологического процесса [4]. Изучение реологических свойств муки проводилось строго согласно ГОСТ ISO 5530-1-2013 [5].

Для исследования реологических свойств применялся прибор фаринограф. С его помощью можно измерить показатели, влияющие на качество муки, такие как водопоглощающая способность (ВПС), время образования теста, устойчивость теста, разжижение [6].

Принцип действия фаринографа:

1. В тестомесилку засыпают навеску муки и закрывают ее крышкой до конца анализа.
2. Мука автоматически перемешивается в течение 1 мин.
3. После окончания перемешивания в тестомесилку через правый нижний угол крышки тестомесилки приливают воду в необходимом количестве для получения требуемой консистенции в 500 единиц фаринографа (ЕФ).
4. Если тесто получается слишком густым, то в течение 1 мин с начала замеса добавляют воду в необходимом количестве для получения требуемой консистенции в 500 ЕФ [7].

Фаринограмма – это цветная диаграмма, которая наглядно демонстрирует функцию крутящего момента от времени. На рисунке представлены фаринограммы пшеничной и полбяной муки.

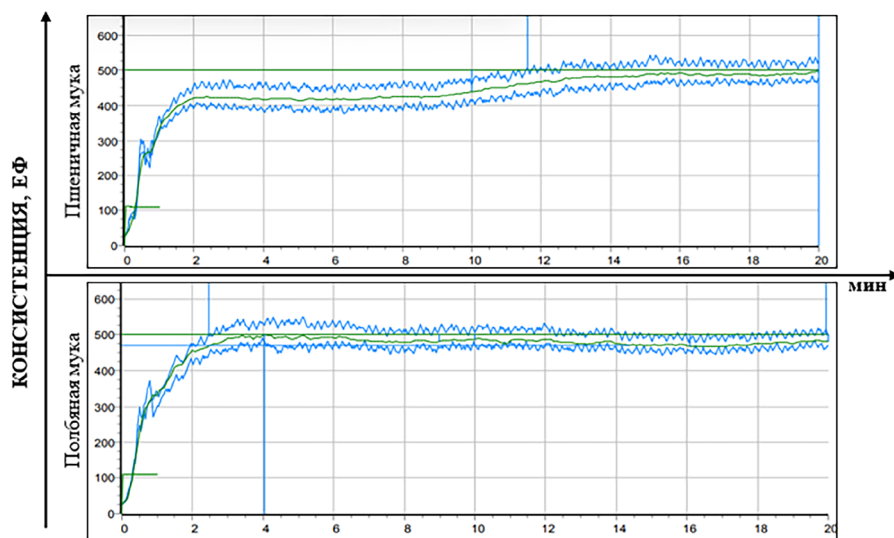


Рис. 1. Фаринограммы пшеничной и полбяной муки

У исследуемых образцов одинаковые условия замеса:

1. Тестомесилка на 50 г.

С пересчетом на влажность образцов у пшеничной муки при влажности 10,6 % необходимо 48,1 г; у полбяной при влажности 10,9 % – 48,26 г.

2. Скорость вращения мешалок – 63 об/мин.

3. Длительность замеса – 20 мин.

Консистенция – сопротивляемость теста замешиванию при установленной постоянной скорости вращения лопастей в тестомесилке фаринографа. Консистенция теста определяется по наивысшей точке графика. Согласно ГОСТ ISO 5530-1-2013, требуемая консистенция теста находится в пределах 480–520 ЕФ. В нашем случае в обоих образцах консистенция – 502 ЕФ.

Водопоглотительной способностью (ВПС) муки называется способность муки поглощать воду для образования теста нормальной консистенции.

ВПС зависит от физико-химических показателей качества зерна, чем больше мучнистых зерен, тем больше этот показатель, так как в мучнистых зернах содержится большое количество крахмала, который хорошо впитывает влагу [8].

С увеличением процента выхода муки водопоглотительная способность увеличивается, так как в такой муке содержится больше измельченных отрубей, хорошо поглощающих воду. Чем выше водопоглотительная способность муки, тем больший выход теста, а следовательно, и больший выход хлеба (припек) даст такая мука.

Мука сухая, с хорошей клейковиной, выдержанная, поглощает больше воды, чем влажная, с недостаточной отлежкой и слабой клейковиной. При понижении влажности муки на 1 % водопоглотительная способность муки повышается на 1,8–1,9 %.

ВПС – один из важнейших показателей, по нему мы можем определить необходимое количество воды для выпечки, а также для каких целей эта мука больше подходит и что стоит включить в рецептуру для образования необходимой консистенции теста для кондитерского изделия (например, по мере увеличения количества сахара, ВПС уменьшается) [9].

Фаринограф определяет сразу три показателя ВПС:

1-й – ВПС – фактическое количество прилитой воды. У пшеничной муки этот показатель составил 64,8 %, у полбяной – 62,2 %;

2-й – водопоглощающая консистенция – необходимое количество воды при пересчете на консистенцию в 500 ЕФ. В нашем случае водопоглощающая консистенция соответствует ВПС в обоих образцах;

3-й – водопоглощение 14 % – пересчет необходимого количества воды при влажности 14 %. У пшеничной муки этот показатель составил 61,0 %, у полбяной – 58,8 %.

Время образования теста или развитие. У пшеничной муки развитие продолжалось все время замеса. В норме тестообразование продолжается 2–6 мин, исследуемый образец пшеничной муки не подойдет для большинства мучных изделий. Однако, например, для затяжного теста важна эластичность теста, поэтому замес продолжается дольше, чем для других изделий. В этом случае мы можем быть уверены в том, что от продолжительного замеса произойдет клейстеризация крахмала (нарушение структуры крахмальных зерен).

У полбяной муки развитие составило 4 мин, поэтому ее можно использовать при производстве большинства видов мучных изделий [10].

Устойчивость теста или стабильность – время, в течение которого консистенция колебалась на одном уровне с максимальным значением.

У пшеничной муки показатель стабильности составил 8,3 мин, что значительно ниже, чем у полбяной – 17,2 мин.

Разжижение или размягчение – количество единиц фаринографа, на которое тесто размягчилось, «теряя» пиковую консистенцию. Чем лучше мука, тем меньше этот показатель.

На 12-й минуте замеса пшеничная мука «потеряла» 45 ЕФ, полбяная – 28 ЕФ, при этом консистенция – 457 ЕФ и 474 ЕФ соответственно.

В таблице представлена сравнительная характеристика пшеничной и полбяной муки.

Сравнительная характеристика пшеничной и полбяной муки

Показатель/мука	Пшеничная	Полбяная
Консистенция, ЕФ	502	502
ВПС, %	64,8	62,2
Водопоглощающая консистенция, %	64,8	62,2
Водопоглощение 14 %, %	61,0	58,8
Время образования теста, мин	20,0	4,0
Устойчивость теста, мин	8,3	17,2
Разжижение, ЕФ	45	28

Заключение. По результатам испытаний можно сделать вывод, что по многим показателям полбяная мука показала лучшие реологические свойства, чем пшеничная (ВПС – 58,8 %, развитие – 4 мин, стабильность – 17,2 мин, размягчение – 28 ЕФ). По показателю «Водопоглощение – 14 %» можно сделать заключение о классе зерна, из которого была произведена мука. Значения данного показателя у пшеничной муки выше, чем у полбяной, что свидетельствует о том, что стекловидность пшеницы ниже, чем у полбы, из которой была произведена мука.

При производстве хлебобулочных, кондитерских и других мучных изделий важным показателем муки является время тестообразования (развития), которое должно составлять от 2 до 6 мин, полбяная мука показала лучший результат в сравнении с пшеничной мукой по данному показателю (4 мин), тем самым можно сделать вывод о возможности использования полбяной муки при производстве данных видов изделий.

Список использованных источников

1. Spelt (*Triticum spelta* L.) In Vitro Androgenesis Breeding for Special Food Quality Parameters / J. Pauk [et al.] // *Advances in Plant Breeding Strategies : Cereals* / J. Al-Khayri [et al.]. – Springer, Cham., 2019. doi:10.1007/978-3-030-23108-8_14
2. Comparison of Yield, Chemical Composition and Farinograph Properties of Common and Ancient Wheat Grains / W. Biel [et al.] // *Eur. Food Res. Technol.* – 2021. – Vol. 247. – P. 1525–1538. doi:10.1007/s00217-021-03729-7
3. Feldman, M. *Triticum* L. // M. Feldman, A. A. Levy / *Wheat Evolution and Domestication.* – Springer, Cham., 2023. – P. 365–526. doi:10.1007/978-3-031-30175-9_10
4. Анализ и сравнительная характеристика качества полбяной муки разных производителей / С. Р. Сумина, Н. В. Меркурьев // *Безопасность и качество с.-х. сырья и продовольствия* – 2023. – 2023. – С. 507–511.
5. Мука пшеничная. Физические характеристики теста. Часть 1. Определение водопоглощения и реологических свойств с применением фаринографа : ГОСТ ISO 5530-1-2013. – Введ. 01.01.2014 / Федеральное агентство по техническому регулированию. – М. : Стандартинформ, 2019. – 4 с.
6. Общая оценка качеств зерна полбы сорта «Руно» / К. С. О. Мамедов // *Исследователь: вызовы и перспективы.* – 2020. – С. 58–61.
7. Сравнительная характеристика мукомольных свойств новых сортов зерна пшеницы, тритикале и полбы / Р. Х. Кандроков [и др.] // *Вестн. МГТУ. Тр. Мурманского гос. техн. ун-та.* – 2021. – Т. 24, № 3. – С. 299–305. – doi:10.21443/1560-9278-2021-24-3-299-305
8. Хлебопекарные свойства полбяной муки / Е. В. Хмельва [и др.] // *Хлебопродукты.* – 2018. – № 11. – С. 44–47.
9. Изотермы сорбции пшеничной муки / В. Ф. Сорочинский [и др.] // *Хранение и переработка сельхозсырья.* – 2017. – № 6. – С. 5–8.
10. Торгашова, С. В. Полбяная мука – перспективная добавка при производстве пшеничного хлеба / С. В. Торгашова, А. С. Савельева, А. Ю. Крыницкая // *Вестн. научных конференций.* – 2017. – № 4–5 (20) – С. 142–143.

УДК 664-02

**И. М. Почницкая, доктор технических наук, доцент;
К. С. Рябова, кандидат технических наук;
В. Л. Рослик, Е. Н. Воропай**

*РУП «Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»,
г. Минск, Республика Беларусь*

ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ АКРИЛАМИДА В ТЕРМИЧЕСКИ ОБРАБОТАННЫХ ПРОДУКТАХ

Аннотация. Ввиду доказанной высокой токсичности акриламида актуальным является контроль его содержания в продуктах, технология производства которых предполагает термическую обработку с применением жарки или запекания. Объектами исследования служили образцы чипсов и кондитерских изделий, представленных в торговой сети г. Минска. Определение акриламида проводилось методом газовой хроматографии с масс-селективным детектированием. Содержание акриламида в образцах на основе картофеля не превышало значения контрольного уровня, рекомендуемого европейской директивой. Выявлено существенное превышение количества акриламида в одном образце крекера, что, вероятно, связано с применяемой технологией. В остальных образцах кондитерских изделий содержание акриламида было ниже рекомендуемого контрольного уровня.

Ключевые слова: показатели безопасности, акриламид, термическая обработка, пищевые продукты, метод газовой хроматографии.

**I. M. Pochitskaya, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor;
K. S. Ryabova, Candidate of Technical Sciences;
V. L. Roslyk, E. N. Voropai**

*RUE “Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food”,
Minsk, Republic of Belarus*

STUDY OF ACRYLAMIDE CONTENT IN THERMALLY PROCESSED PRODUCTS

Abstract. Due to the proven high toxicity of acrylamide, it is important to control its content in products whose production technology involves heat treatment using frying or baking. The objects of the study were samples of chips and confectionery products presented in the retail chain of Minsk. Acrylamide was determined by gas chromatography with mass selective detection. The acrylamide content in potato-based samples did not exceed the control level recommended by the European Directive. A significant excess of acrylamide in one cracker sample was revealed, which is probably due to the technology used. In the remaining samples of confectionery products, the acrylamide content was below the recommended control level.

Keywords: safety indicators, acrylamide, heat treatment, food products, gas chromatography method.

Введение. Термическая обработка является одним из наиболее частых способов приготовления пищевых продуктов. В процессе нагревания, при определенных условиях, происходит взаимодействие свободных аминокислот и редуцирующих сахаров (реакция Майяра) и образуется большое количество различных соединений, которые не только улучшают внешний вид и аромат готовых изделий, но и могут являться токсичными и представлять серьезную опасность для здоровья человека [1–3].

Примером таких токсичных соединений является акриламид, образующийся в пищевых продуктах в процессе реакции аминокислоты аспарагин с редуцирующими сахарами в условиях обработки при температуре выше 120 °С и низкой влажности [4–6].

Акриламид широко применяется в различных непищевых отраслях промышленности, имеет высокую токсичность, относится ко 2-му классу опасности [7]. Он обладает нейротоксичным и канцерогенным действием, оказывает негативное воздействие на репродуктивную функцию организма [8, 9].

Высокие уровни акриламида были установлены в пищевых продуктах на основе картофельного и зернового сырья, подвергнутых термической обработке: таких как картофельные чипсы, картофель фри, хлеб, булочки, печенье, тосты, а также кофе [10].

Содержание акриламида в термически обработанных продуктах может существенно варьировать в зависимости от различных факторов, таких как состав сырья (количество аминокислоты аспарагин и редуцирующих сахаров), температура, длительность нагревания и способ нагревания [11].

Руководящими принципами ВОЗ, ввиду опасения относительно канцерогенности и нейротоксичности акриламида, и опасения контаминации, был установлен предел содержания в питьевой воде акриламида, применяемого в качестве коагулянта при очистке воды на уровне 0,5 мкг/кг [12]. В Республике Беларусь его содержание в питьевой воде регламентируется согласно СанПиН 10-124 Республики Беларусь 99 [13].

Специалистами Объединенного комитета экспертов ФАО/ВОЗ по пищевым добавкам определены нормы среднего потребления акриламида с пищей в количестве не более 1 мкг на 1 кг массы тела в сутки или 4 мкг/сут [14].

В Республике Беларусь нормы к содержанию акриламида в пищевых продуктах не установлены.

В этой связи актуальным является осуществление контроля накопления акриламида для оценки рисков, связанных с потреблением термически обработанных продуктов.

Целью исследований являлось исследование содержания акриламида в пищевых продуктах, представленных в торговой сети г. Минска.

Основная часть. Объектом исследований являлись образцы чипсов, снеков, крекера, вафель и печенья, имеющих различный состав (табл. 1).

Таблица 1. Характеристика исследуемых образцов

№ п/п	Образец	Состав
1	Чипсы из натурального картофеля	Картофель, масло растительное, ароматизатор, порошок молочной сыворотки, сахар, усилитель вкуса и аромата
2	Чипсы из картофельного пюре	Пюре картофельное сухое, масло растительное, мука пшеничная, крахмал кукурузный, вода питьевая, комплексная пищевая добавка, соль
3	Снеки картофельные	Полуфабрикат снеков, вода питьевая, соль, масло растительное, комплексная пищевая вкусоароматическая добавка
4	Крекер	Мука пшеничная, жир кондитерский, сыворотка молочная сухая деминерализованная, разрыхлитель, комплексная пищевая добавка, ароматизатор, вода питьевая
5	Крекер	Мука пшеничная, вода питьевая, масло подсолнечное, сахар, соль, разрыхлитель, лук репчатый сушеный, ароматизатор, регулятор кислотности – лимонная кислота
6	Крекер	Мука пшеничная, сахар, сироп инвертный, масло растительное, разрыхлители, молоко обезжиренное сухое, регуляторы кислотности, эмульгаторы, антиокислители
7	Вафли	Сахарная пудра, мука пшеничная, жир кондитерский, какао-порошок, продукты яичные, молоко сухое, соль йодированная, разрыхлитель, эмульгатор, комплексная пищевая добавка, влагоудерживающие агенты, консервант, ароматизатор
8	Печенье сахарное	Мука пшеничная, сахар, маргарин, сыворотка молочная сухая, консервант, краситель, ароматизатор, антиокислитель

Определение содержания акриламида проводили методом газовой хроматографии согласно работе [15]. Исследования выполняли на газовом хроматографе Agilent 7890B с масс-селективным детектором Agilent 7010 GC/MS Triple Quad и программным обеспечением MassHunter Workstation. Метод основывается на экстракции целевого компонента раствором трихлоруксусной кислоты при повышенной температуре, осаждении белков и углеводов раствором Карреза I и Кареза II с последующей дериватизацией раствором ксантидрола. Полученные дериваты экстрагируются хлороформом и подвергаются разделению на газохроматографической колонке.

Исследованные образцы имели следующую пищевую ценность (табл. 2).

Таблица 2. Пищевая ценность исследуемых образцов

№ п/п	Образец	Пищевая ценность, г/100 г продукта		
		белки	жиры	углеводы
1	Чипсы из натурального картофеля	8,0	19,0	62,0
2	Чипсы из картофельного пюре	2,9	29,5	35,5
3	Снеки картофельные	1,0	30,0	41,0
4	Крекер	8,5	20,0	60,0
5	Крекер	8,0	19,0	62,0
6	Крекер	8,2	8,0	72,9
7	Вафли	6,0	28,0	61,0
8	Печенье сахарное	7,5	14,0	71,0

Установлено, что в образцах чипсов и снеков наибольшее количество жиров содержится в образце № 1, наименьшее – в образце № 2. Количество белка варьировало от 1,0 г в 100 г продукта в образце № 3 до 6,0 г в образце № 1. Содержание углеводов находилось в диапазоне от 35,5 г в 100 г продукта образца № 2 до 53,0 г в 100 г продукта в образце № 1.

Образцы крекера, представленные на испытания, характеризуются следующими показателями пищевой ценности: максимальное количество жира содержит образец № 4 – 20,0 г в 100 г продукта, минимальное количество жира содержит образец № 6 – 8,0 г в 100 г продукта. Содержание белков несущественно отличается между образцами и находится в диапазоне от 8,0 до 8,2 г в 100 г продукта. Содержание углеводов минимально в образце крекера № 4 – 60,0 г в 100 г продукта. Максимальное количество углеводов содержит образец № 6 – 72,9 г в 100 г продукта.

Образец вафель № 7 и образец печенья сахарного № 8 характеризуются различным содержанием белков – 6,0 г в вафлях и 7,5 г в печенье в 100 г продукта, содержание жира также значительно отличается – 14,0 г в 100 г печенья и 28,0 г в 100 г вафель. Содержание углеводов составляет 61,0 г в 100 г вафель и 71,0 г в 100 г печенья.

Результаты исследований показали, что содержание акриламида в изучаемых образцах находилось в широком диапазоне числовых значений (табл. 3).

Таблица 3. Содержание акриламида в исследованных образцах

№ п/п	Образец	Содержание акриламида, мкг/кг	Рекомендуемые контрольные значения, мкг/кг [16]
1	Чипсы из натурального картофеля	56,67	750
2	Чипсы из картофельного пюре	437,20	500
3	Снеки картофельные	186,23	500
4	Крекер	1118,70	300
5	Крекер	194,65	300
6	Крекер	20,00	300
7	Вафли	367,78	350
8	Печенье сахарное	87,37	300

Минимальное содержание – менее 20 мкг/кг было обнаружено в образце крекера № 6, максимальное – в образце крекера № 4 – более 500 мкг/кг.

Результаты исследований содержания акриламида позволили установить, что образец № 1 содержит 56,67 мкг/кг акриламида, образец № 2 содержит 437,20 мкг/кг, образец № 3 – 186,23 мкг/кг.

В соответствии с рекомендациями европейской директивы контрольный уровень содержания акриламида для картофельных чипсов из свежего картофеля, чипсов на основе картофельного теста, а также для других картофельных изделий не должен превышать 750 мкг/кг. Таким образом, представленные образцы характеризуются сравнительно небольшими величинами

содержания акриламида (образцы № 1 и № 2), в третьем образце содержание акриламида составило менее 50 % контролируемого уровня.

Содержание акриламида в образцах крекера существенно отличалось. При установлении Европейской директивой контрольного уровня в 300 мкг/кг, в образцах № 5 и № 6 содержание было незначительно – 20,0 мкг/кг и 194,65 мкг/кг соответственно. Максимальное его количество установлено в образце № 4 – 1118,70 мкг/кг, что превышает контрольный уровень в 2 раза.

Величина содержания акриламида в образце вафель составила 367,78 мкг/кг, что выше контрольного уровня содержания акриламида в соответствии с европейской директивой в размере 350 мкг/кг. В образце печенья уровень содержания акриламида был равен 87,37 мкг/кг, что ниже рекомендуемого значения в 4 раза.

Заключение. В результате исследования содержания акриламида в образцах чипсов, снеков, крекера, вафель и печенья, представленных в торговой сети, удалось установить существенное варьирование его количества.

Определено, что содержание акриламида в образцах на основе картофеля составило: в чипсах – от 56,67 до 437,2 мкг/кг, снеках – 186,23 мкг/кг и не превышало рекомендуемый Европейской директивой контрольный уровень в 750 мкг/кг, установленный для картофельных чипсов из свежего картофеля, чипсов на основе картофельного теста, а также для других картофельных продуктов.

Количество акриламида в образцах крекера варьировало от 20,0 до 1118,7 мкг/кг, что существенно превышает контрольный уровень Европейской директивы для крекера – 300 мкг/кг. Наибольшее содержание отмечено в образце с максимальным содержанием жира (20,0 г / 100 г продукта).

Определено, что образец вафель содержал повышенное количество акриламида – 367,78 мкг/кг, что выше контрольного уровня акриламида в соответствии с европейской директивой – 350 мкг/кг, при этом в образце сахарного печенья отмечено содержание акриламида в количестве не более 87,37 мкг/кг.

На основании анализа результатов исследования продуктов, подвергшихся термической обработке (чипсы картофельные, крекер, печенье), было установлено, что акриламид, являющийся продуктом реакции между аминокислотами, в особенности аспарагином, и редуцирующими сахарами, накапливается в широком диапазоне значений: от 20 до 1,2 мг/кг, и его количество зависит от состава продукта и температуры, что необходимо учитывать при производстве продуктов.

Список использованных источников

1. Влияние термической обработки на аромат и цветовые характеристики белого пшеничного хлеба / И. М. Почницкая [и др.] // Известия вузов. Пищевая технология. – 2018. – № 1. – С. 44–48.
2. Jouquand, C. Effects of Maillard Reaction Products on Sensory and Nutritional Qualities of the Traditional French Baguette / C. Jouquand, C. Niquet-Léridon, P. Gadonna-Widehem // Food

quality of the French baguette // *Journal of Food Science*. – 2018. – Vol. 83, iss. 10. – P. 2424–2431. doi:10.1111/1750-3841.14331

3. Protection against neoformed contaminants (NFCs)-induced toxicity by phytochemicals / M. Zhao [et al.] // *Food Chem Toxicol*. – 2017. – Vol. 108, pt. B. – P. 392–406. doi:10.1016/j.fct.2017.01.023

4. Acrylamide in food: Occurrence, metabolism, molecular toxicity mechanism and detoxification by phytochemicals / F. Yan [et al.] // *Food Chem Toxicol*. – 2023. – Vol. 175. doi:10.1016/j.fct.2023.113696

5. Acrylamide, a toxic maillard by-product and its inhibition by sulfur-containing compounds: A mini review / D. A. Augustine, G.-A. Bent / // *Front. Food. Sci. Technol*. – 2022. – Vol. 2. – P. 1072675. doi:10.3389/frfst.2022.1072675

6. Acrylamide Induced Toxicity and the Propensity of Phytochemicals in Amelioration: A Review Affiliations expand / G. K. Shinomol [et al.] // *Cent. Nerv. Syst. Agents. Med. Chem*. – 2019. – Vol. 19 (2). – P. 100–113. doi:10.2174/1871524919666190207160236

7. Акриламид [Электронный ресурс] // Википедия: Свободная энциклопедия. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Акриламид/>. – Дата доступа: 11.07.2024.

8. Acrylamide exposure and risks in most frequently consumed foods in a total diet study / M. O. Siaw [et al.] // *American Journal of Food Science and Technology*. – 2018. – Vol. 6, № 4. – P. 123–137. doi:10.12691/ajfst-6-4-1

9. Акриламид, содержащийся в пищевых продуктах, представляет потенциальную угрозу для здоровья: информационная записка ИНФОСАН [Электронный ресурс] // ВОЗ. – 2005. – № 2/2005.

10. CAC/RCP 67-2009. Нормы и правила по снижению содержания акриламида в пищевых продуктах. Кодекс Алиментариус. Международные стандарты пищевых продуктов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/codes-of-practice/ru>. – Дата доступа: 12.03.2024.

11. Analysis of acrylamide, a carcinogen formed in heated foodstuffs / E. Tareke [et al.] // *J. Agric. Food Chem*. – 2002. – Vol. 50, № 17. – P. 4998–5006.

12. Acrylamide in Drinking-water : WHO/SDE/WSH/03.04/71 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.health.state.mn.us/communities/environment/risk/docs/guidance/gw/acrylainfo.pdf> https://cdn.who.int/media/docs/default-source/wash-documents/wash-chemicals/acrylamide.pdf?sfvrsn=ed4d8dbd_. – Дата доступа: 11.07.2024.

13. Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества : СанПиН 10-124 РБ 99 : утв. постановлением Главного гос. санитарного врача Респ. Беларусь 19 окт. 1999 г., № 46. – Минск : Респ. центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья, 1999. – 48 с.

14. Акриламид : WHO/SDE/WSH/03.04/71/Rev/1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www-who-int.translate.goog/teams/environment-climate-change-and-health/water-sanitation-and-health/chemical-hazards-in-drinking-water/acrylamide?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=ru&_x_tr_hl=ru&_x_tr_pto=sc. – Дата доступа: 11.07.2024.

15. Determining the amount of Acrylamide in Potato Chips Using Xanthidrol as a Derivative Representative with Gas Chromatography-Mass Spectrometry / Maryam Zokaie // *Journal of Food Science and Technology*. – 2015. – Vol. 3, № 1. – P. 51–56.

16. Регламент Европейской Комиссии 2017/2158 от 20 ноября 2017 г. об установлении мер по уменьшению последствий наличия акриламида в пищевых продуктах и контрольных уровней для его снижения [Электронный ресурс] / EUR-Lex : Access to European Union law. – Режим доступа: <http://data.europa.eu/eli/reg/2017/2158/oj>. – Дата доступа: 11.07.2024.

УДК 57.083.3:577.182.54

**О. С. Купrienko, кандидат химических наук, доцент;
Д. А. Семенов; А. И. Зильberman; В. С. Лапина;
И. И. Вашкевич, кандидат химических наук, доцент;
О. В. Свиридов, доктор химических наук, профессор**

*Институт биоорганической химии НАН Беларуси,
г. Минск, Республика Беларусь*

ИММУНОФЕРМЕНТНАЯ ТЕСТ-СИСТЕМА ДЛЯ ВЫСОКОЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕТРАЦИКЛИНОВ И ИХ ЭПИМЕРОВ В ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ

Аннотация. Разработана иммуноферментная тест-система для количественного определения тетрациклинов и их 4-эпимеров в сырье и пищевой продукции животного происхождения. Чувствительность тест-системы к тетрациклину в водном растворе равна 0,03 нг/мл, предел количественного определения этого антибиотика находится в диапазоне от 0,5 до 3,0 мкг/кг для широкого перечня видов продукции. Специфичность анализа к тетрациклинам и их 4-эпимерам составляет от 40 до 100 %. Извлечение тетрациклина, 4-эпитетрациклина, окситетрациклина, 4-эпиокситетрациклина, хлортетрациклина, 4-эпихлортетрациклина из молока, молочных продуктов, яиц и мяса варьируется от 0,85 до 1,16.

Ключевые слова: иммуноферментный анализ, тетрациклины, эпитетрациклины.

**O. S. Kuprienko, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor;
D. A. Semenov; A. I. Zilberman; V. S. Lapina;
I. I. Vashkevich, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor;
O. V. Sviridov, Doctor of Chemical Sciences, Professor**

*Institute of Bioorganic Chemistry of the NAS of Belarus,
Minsk, Republic of Belarus*

IMMUNOENZYME TEST SYSTEM FOR HIGHLY SENSITIVE DETERMINATION OF TETRACYCLINES AND THEIR EPIMERS IN FOOD PRODUCTS

Abstract. A system of enzyme-linked immunosorbent assay to determine tetracyclines and their 4-epimers in raw materials and food products of animal origin has been developed. The sensitivity of the assay for tetracycline in a water solution is 0,03 ng/ml, the limit of quantification is in the scope from 0,5 to 3,0 µg/kg for a wide range of products. Assay specificity (cross-reactions) for tetracyclines and their 4-epimers ranges from 40 to 100 %. The recovery of tetracycline, 4-epitetracycline, oxytetracycline, 4-oxytetracycline, chlortetracycline, 4-epichlortetracycline from milk, dairy products, eggs and meat ranges from 0,85 to 1,16.

Keywords: enzyme-linked immunosorbent assay, tetracyclines, epitetracyclines.

Введение. *Тетрациклины* – антибиотики широкого спектра действия, которые уже более 50 лет применяются для лечения людей и животных. Нерациональное применение этих соединений в животноводстве может спровоцировать различные негативные последствия, среди которых наиболее серьезное – развитие устойчивости к антибиотикам у микроорганизмов. Также существует опасность протекания аллергических реакций у людей, употребляющих в пищу содержащие тетрациклины продукты питания, и токсического воздействия антибиотиков на организм.

В кислой среде тетрациклины переходят в 4-эпиформы [1–3], которые могут не обладать антимикробной активностью как 4-эпитетрациклин или оказывать токсическое влияние как, например, 4-эпиангидротетрациклин. Химическая реакция образования 4-эпиформ имеет обратимый характер и в надлежащих условиях сдвигается в сторону исходных тетрациклинов [1, 2]. Поэтому максимально допустимый уровень (МДУ) антибиотиков тетрациклиновой группы в продуктах питания и сырье животного происхождения установлен для суммы используемых в ветеринарии тетрациклина, окситетрациклина, хлортетрациклина и их 4-эпимеров (рис. 1). В ТР ТС 21/2011 указано, что содержание тетрациклинов в пищевой продукции не допускается (массовая доля менее 0,01 мг/кг).



Рис. 1. Структурные формулы тетрациклинов

Цель работы – разработать иммуноферментную систему для скринингового определения нормируемых антибиотиков группы тетрациклинов в пищевой продукции и сырье животного происхождения в концентрациях, существенно меньших, чем установленное значение МДУ.

Материалы и методы исследования. Использовали стандарты аналитические тетрациклина, окситетрациклина и хлортетрациклина гидрохлоридов производства ООО Научно-производственная компания «Эврика» (Россия), 4-эпитетрациклина, 4-эпиокситетрациклина, 4-эпихлортетрациклина гидрохлориды фирмы Cayman Chemical (США). Конъюгат тетрациклина с пероксидазой из корней хрена синтезировали в результате реакции карбодиимидной

конденсации с использованием 1-этил-3-(3-диметиламинопропил) карбодиимида, который добавляли в смесь растворов фермента и производного тетрациклина. Моноклональное антитело к тетрациклину получено от ОДО «Ком-ПродСервис» (Беларусь). Цитратно-фосфатный буфер готовили путем смешивания равных объемов 0,1 М лимонной кислоты и 0,2 М фосфата натрия двухосновного, pH доводили 30%-м водным раствором NaOH до значения 7,0.

В процессе подготовки проб молоко, детские смеси на основе сухого молока, коктейли молочные, мороженое, сыворотку молочную, молоко сгущенное и десерты на молочной основе разводили в 10–40 раз буфером для проведения ИФА. Образцы творога, творожных продуктов, жидких кисломолочных продуктов предварительно нагревали до 50 °С на водяной бане, затем центрифугировали и супернатант разбавляли в 10 раз. Тетрациклин из проб мяса экстрагировали 9-кратным количеством буферного раствора. К пробам сыра приливали экстрагирующие растворы различного состава, выдерживали смеси на водяной бане, затем в результате центрифугирования отделяли супернатант, который дополнительно разбавляли в 10 раз буфером для проведения ИФА. Тетрациклин из проб яиц экстрагировали 2–5 мл буферного раствора подобранного состава, затем разбавляли экстракт до суммарного фактора разведения 60. Для приготовления контаминированных проб в навески различных видов продовольственного сырья и пищевой продукции животного происхождения вносили растворы антибиотиков группы тетрациклинов и осуществляли пробоподготовку, как описано выше.

При постановке ИФА в лунки планшета с иммунохимически иммобилизованным моноклональным антителом к тетрациклину вносили 50 мкл градуировочных растворов с концентрацией тетрациклина от 0,05 до 1,8 нг/мл или 50 мкл растворов исследуемых проб и приливали по 50 мкл ферментного конъюгата в подобранном разведении. Инкубацию проводили в течение 1 ч при (20–25) °С. Затем промывали лунки, добавляли в каждую лунку хромоген-субстрат и через 15 мин приливали стоп-реагент. Измеряли оптическую плотность растворов в лунках при 450 нм, на основании полученных значений строили градуировочный график, по которому определяли содержание тетрациклина в пробах.

Результаты и их обсуждение. Принцип работы тест-системы для определения тетрациклинов основан на прямом конкурентном ИФА, в ходе которого антибиотик в составе градуировочного раствора или анализируемой пробы конкурирует с пероксидазным конъюгатом тетрациклина за сайты связывания специфического антитела, иммобилизованного на внутренней поверхности лунок планшета. После удаления не связавшихся с антителом компонентов системы, количество оставшегося в лунках ферментного конъюгата выявляют с помощью хромогена, который образует окрашенный продукт в реакции с субстратом, катализируемой ферментом. Чем выше концентрация тетрациклинов в пробе, тем меньше интенсивность окраски раствора и ниже детектируемый колориметрический сигнал. Градуировочный график ИФА

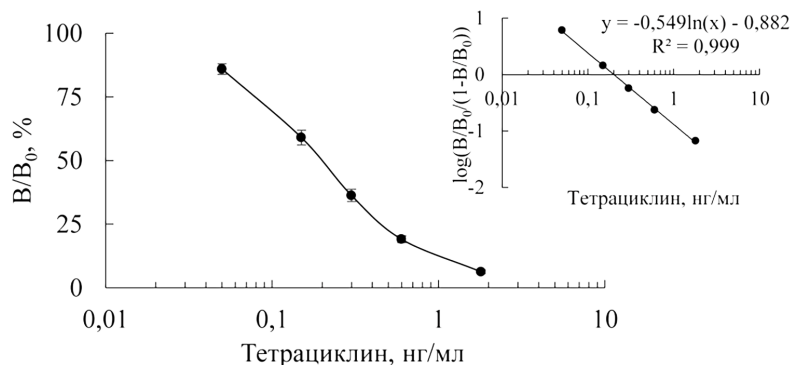


Рис. 2. Градуировочный график прямого ИФА тетрациклинов

тетрациклинов в полулогарифмических координатах представляет собой нисходящую кривую, а в координатах $\text{logit}(B/B_0/(1-B/B_0)) - \text{log}C$ (где B – детектируемая интенсивность сигнала, о. е.; B_0 – интенсивность сигнала в отсутствии определяемых соединений, о. е.; C – концентрация тетрациклина, нг/мл) – прямую линию, точка пересечения которой с осью абсцисс приходится на концентрации тетрациклина от 0,1 до 0,3 нг/мл (рис. 2).

Чувствительность тест-системы к тетрациклину (концентрация в точке с ординатой B_0 минус $2 SD$ на градуировочном графике в линейных координатах) оказалась равной 0,03 нг/мл. Специфичность анализа к тетрациклинам, рассчитанная как отношение концентрации тетрациклина, вызывающей снижение детектируемого сигнала на 50 %, к концентрации тестируемого соединения, приводящей к такому же падению интенсивности сигнала, составила для тетрациклина 100 %, 4-эпитетрациклина – 98 %, окситетрациклина – 65 %, 4-эпиокситетрациклина – 49 %, хлортетрациклина – 65 %, 4-эпихлортетрациклина – 40 %.

Подготовка проб продовольственного сырья и пищевой продукции животного происхождения сводилась к экстракции антибиотиков и (или) разведению пробы. Известно, что тетрациклины образуют комплексы с мультивалентными катионами, в том числе с Ca^{2+} и Mg^{2+} [1, 3], которыми богаты пищевые матрицы. Это может существенно мешать проведению анализа. Поэтому для разведения как градуировочных, так и исследуемых проб использовали буферный раствор, содержащий хелатирующие соединения, которые связывают ионы металлов.

Подобраны условия подготовки проб сыра и яиц. Для экстракции тетрациклина из сыра использовали как водно-органическую смесь (10%-й раствор метанола), так и смесь метанола с буферами, обладающими хелатирующими свойствами. Извлечение (recovery, R) тетрациклина рассчитывали как отношение найденной массовой доли тетрациклина в пробе с добавкой к теоретическому значению добавки. Надлежащее значение R , равное 0,95, наблюдали для случая использования 0,1 М раствора цитрата Na (pH 7,0), содержащего

10 % метанола. При использовании водного 10%-го раствора метанола, цитрата Na без добавления органического растворителя, а также смеси равных объемов метанола с цитратно-фосфатным буфером среднее значение извлечения не превышало 0,37. При экстракции тетрациклина из яиц использование буфера с pH 4,0 на основе янтарной кислоты не позволило проводить определение тетрациклина с высоким значением извлечения – величина R составила 0,72. Эффективнее протекала экстракция тетрациклина при использовании смеси равных объемов метанола с цитратно-фосфатным буфером. Наблюдали возрастание показателя R от 0,64 до 0,91 при переходе от 2 мл экстрагирующего буфера к 5 мл.

Результаты определения тетрациклина в 9 видах продукции, в том числе в смесях на молочной основе для детского питания, приведены в таблице, учитывающей в том числе и фактор разведения пробы (F).

Установленные значения фактора разведения пробы, предела количественного определения и извлечения тетрациклина

Вид продукции	F	LOQ , мкг/кг	$\bar{R}$, %	
			1 мкг/кг	10 мкг/кг
Молоко (стерилизованное, пастеризованное, восстановленное сухое обезжиренное), детские смеси на основе сухого молока	10	0,5	0,94	1,10
Коктейли на молочной основе, мороженое	10	0,5	1,01	1,16
Сыворотка молочная деминерализованная, подсырная	20	1,0	0,96	1,03
Сыр (твердый, рассольный, творожный, с плесенью)	24	1,2	–	0,95
Молоко сгущенное, десерты на молочной основе	40	2,0	–	1,10
Яйца	60	3,0	–	0,91
Творог и продукты творожные	10	0,5	1,06	1,07
Жидкие кисломолочные продукты (кефир, простокваша, айран, йогурт питьевой)	10	0,5	0,86	1,12
Мясо (свинина, говядина)	10	0,5	0,85	0,97

Тетрациклин вносили в пробы продовольственного сырья и пищевой продукции животного происхождения в количестве, равном МДУ и в 10 раз меньше. Предел количественного определения (*limit of quantification*, LOQ) рассчитан как сумма средней массовой доли тетрациклина в чистой пробе и 6-кратного значения отклонения наблюдаемой величины от средней. Среднее значение извлечения $\bar{R}$ варьировало от 0,85 до 1,16. Для сыра, молока сгущенного, десертов на молочной основе, яиц из-за относительно высокого значения LOQ проводили определение тетрациклина только при контаминации до массовой доли 10 мкг/кг.

Для определения правильности анализа в отношении других тетрациклинов к аликвоте молока порознь приливали растворы тетрациклина, окситетрациклина, хлортетрациклина или их 4-эпимеров до концентрации 2 мкг/кг. В результате ИФА определяли содержание антибиотиков в пересчете на тетра-

циклин, который приняли для построения градуировочного графика. При расчете величины R использовали данные о специфичности тест-системы к тетрациклиновым антибиотикам. Проводили расчет по следующей формуле:

$$R = \frac{X_{Tetr} \cdot 100}{X_{REF} \cdot CR},$$

где X_{Tetr} – массовая доля тетрациклина в пробе с добавкой, найденная в результате ИФА, мкг/кг; X_{REF} – массовая доля антибиотика группы тетрациклинов в пробе, рассчитанная по процедуре внесения добавки, мкг/кг; CR – специфичность тест-системы, %.

Извлечение 6 антибиотиков из проб молока составило от 0,87 до 1,15.

Закключение. Завершена разработка, установлены технико-аналитические параметры и метрологические характеристики тест-системы для одностадийного конкурентного ИФА антибиотиков тетрациклиновой группы: тетрациклина, окситетрациклина, хлортетрациклина и трех их эпимеров (Извещение об изменении № 2 ТУ ВУ 100185129.149-2015). Чувствительность определения тетрациклина составила 0,03 нг/мл, LOQ тетрациклина в молоке – 0,5 мкг/кг. Средние значения извлечения антибиотиков из продовольственного сырья и пищевой продукции животного происхождения – от 0,85 до 1,16. Дальнейшая работа будет направлена на аттестацию методики выполнения измерений массовой доли тетрациклинов и освоение серийного выпуска соответствующих наборов реагентов.

Список использованных источников

1. Anderson, C. R. Complexities in tetracycline analysis – chemistry, matrix extraction, cleanup, and liquid chromatography // C. R. Anderson, H. S. Rupp, W.-H. Wu // J. Chromatogr. A. – 2005. – Vol. 1075. – P. 23–32.
2. Halling-Sorensen, B. Toxicity of tetracyclines and tetracycline degradation products to environmentally relevant bacteria, including selected tetracycline-resistant bacteria / B. Halling-Sorensen, G. Sengelov, J. Tjornelund // Arch. Environ. Contam. Toxicol. – 2002. – Vol. 42. – P. 263–271.
3. Удалова, А. Ю. Методы выделения, концентрирования и определения антибиотиков тетрациклиновой группы / А. Ю. Удалова, С. Г. Дмитриенко, В. В. Аляри // Журнал аналитической химии. – 2015. – Т. 70, № 6. – С. 577–593.

УДК 637.13

¹Ю. В. Трофимов, кандидат технических наук;

¹С. И. Лишик, кандидат технических наук;

²О. Л. Сороко, кандидат технических наук, доцент;

²Е. В. Беспалова, кандидат технических наук, доцент;

¹В. И. Цвирко; ¹А. Е. Челяпин; ²Э. А. Бареко

¹Государственное предприятие «Центр светодиодных
и оптоэлектронных технологий НАН Беларуси»

²РУП «Институт мясо-молочной промышленности»,
г. Минск, Республика Беларусь

ВЛИЯНИЕ СВЕТОДИОДНОГО УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ МОЛОКА

Аннотация. Исследованы спектры пропускания образцов молока в УФ и видимом диапазонах спектра. Разработано устройство для экспериментов по УФ-облучению образцов молока в чашке Петри. Изучено влияние светодиодного УФ-С-излучения на бактериальную обсемененность молока-сырья при температуре $(45 \pm 5)^\circ\text{C}$ и $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$, а также в зависимости от его сортности и жирности.

Ключевые слова: молоко, температурные режимы, бактериальная обсемененность, светодиодное ультрафиолетовое облучение, сортность, жирность.

Yu. V. Trofimov, Candidate of Technical Sciences¹;

S. I. Lishik, Candidate of Technical Sciences¹;

O. L. Soroko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor²;

E. V. Beshpalova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor²;

V. I. Tsvirko¹; A. E. Chelyapin¹; E. A. Bareko²

¹SE "Center for LED and Optoelectronic Technologies of the NAS of Belarus"

²RUE "Institute of Meat and Dairy Industry",
Minsk, Republic of Belarus

THE EFFECT OF LED ULTRAVIOLET RADIATION ON MILK DISINFECTION

Abstract. The transmission spectra of milk samples in the UV and visible ranges of the spectrum were studied. A device for experiments on UV irradiation of milk samples in a Petri dish was developed. The effect of LED UV-C radiation on the bacterial contamination of raw milk at a temperature of $(45 \pm 5)^\circ\text{C}$ and $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$, as well as depending on its grade and fat content, was studied.

Keywords: milk, temperature conditions, bacterial contamination, LED ultraviolet irradiation, grade, fat content.

В настоящее время для обеззараживания молока и увеличения сроков его хранения широко используются технологии пастеризации и высокотемпературной стерилизации. Несмотря на известные достоинства, у данных тех-

нологий имеется ряд недостатков, связанных с тем, что при нагреве молока в нем происходят необратимые физико-химические и биологические изменения, которые негативно влияют на пищевую и биологическую ценность молока, а также ухудшают его вкус, запах и технологические свойства. Некоторые белки, например, лактоферрин при тепловой пастеризации и вовсе разрушаются [1].

Известны альтернативные способы нетепловой («холодной») обработки молока, основанные на микрофилтрации, электропульсионном, ультразвуковом и ультрафиолетовом (УФ) воздействии, а также СВЧ-обработке молока [2]. Среди них, по нашему мнению, наиболее перспективным является метод светодиодной УФ-обработки молока. Дело в том, что традиционная пастеризация молока – процесс достаточно энергоемкий, а при светодиодной УФ-обработке молока, этот показатель может быть уменьшен более чем в три раза. Таким образом, проведение исследований и разработок в области светодиодной УФ-обработки молока является актуальной научно-технической задачей, решение которой может дать значительный экономический эффект. Поскольку в Беларуси исследования по светодиодной УФ-обработке молока ранее не проводились, то целью настоящей работы являлось исследование оптических свойств молока в УФ-С-диапазоне и определение влияния УФ-С-излучения на бактериальную обсемененность молока-сырья.

На первом этапе были исследованы спектры пропускания образцов молока в УФ и видимом диапазонах спектра (рис. 1). На основании исследований определены эффективные толщины образцов по данным интегрального коэффициента пропускания в видимом диапазоне в зависимости от концентрации молока в дистиллированной воде. Как следует из рис. 1, в УФ-С-диапазоне наблюдаются характерный максимум коэффициента пропускания на длине волны 255,6 нм и характерный минимум коэффициента пропускания на длине волны 275,5 нм. В зависимости от эффективной толщины слоя молока определены коэффициенты пропускания УФ-С-излучения. При толщине слоя 100 мкм коэффициент пропускания составляет в среднем около 15 % в диапазоне 240–280 нм. Выявлено, что для толщин слоя молока ≤ 150 мкм может применяться закон Бугера – Ламберта – Бера в интегральной форме и могут быть определены коэффициенты поглощения, независимые от толщины слоя. При толщине слоя молока свыше 150 мкм из-за рассеяния излучения коэффициент пропускания значительно снижается. Полученные результаты свидетельствуют о непрозрачности молока для УФ-С-излучения. Для обеззараживания молока в промышленных объемах необходимо облучать сырое молоко либо в ламинарных тонких слоях, либо в искусственно созданных турбулентных потоках.

На втором этапе определялось влияние УФ-С-излучения на бактериальную обсемененность молока-сырья. С этой целью было разработано устройство для УФ-облучения образцов молока в чашке Петри (рис. 2).

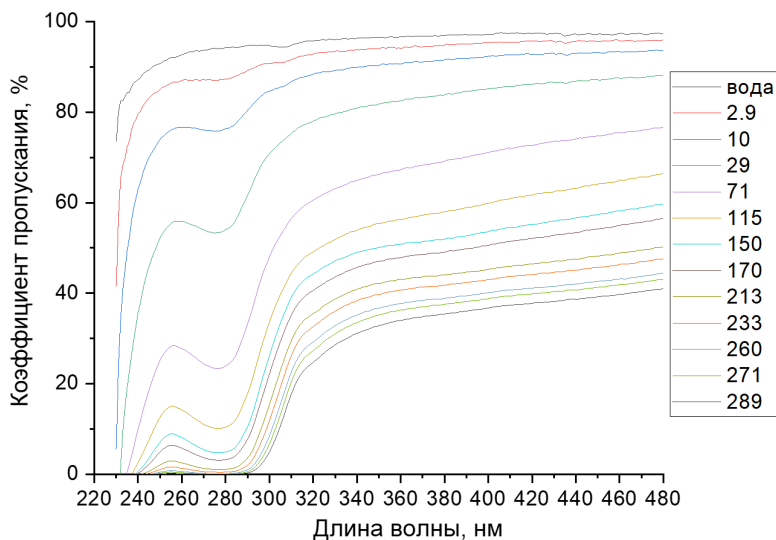


Рис. 1. Спектральные зависимости коэффициента пропускания образца молока 2,4%-й жирности для различных значений эффективной толщины слоя образца в микрометрах



Рис. 2. Внешний вид устройства для УФ-облучения молока в чашке Петри

Корпус устройства состоит из основания, предназначенного для установки в чашки Петри, цилиндрического кожуха и крышки. К крышке устройства прикреплен алюминиевый радиатор с печатной платой с тремя УФ-С-светодиодами NCSU334B ($\lambda = 280$ нм) – с одной стороны, и вентилятором охлаждения – с другой. Внутри кожуха устройства вставлена цилиндрическая вставка, изготовленная из материала UV-Vega, обладающего высоким коэффициентом отражения в УФ-С-диапазоне, благодаря чему освещенность и неравномерность освещенности на поверхности чашки Петри составляют около 8 Вт/м^2 или 25 % соответственно (рис. 3).

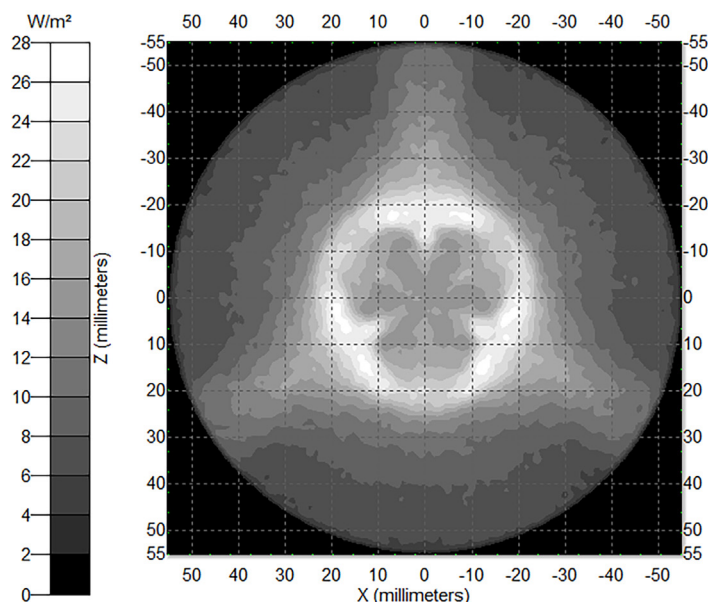


Рис. 3. Распределение энергетической освещенности на поверхности чашки Петри

Далее с использованием вышеуказанного устройства были проведены эксперименты по оценке влияния светодиодного УФ-С-излучения на бактериальную обсемененность молока-сырья. При этом, учитывая непрозрачность молока в УФ-С диапазоне спектра (рис. 1), эксперименты проводились на тонких пленках молока. Температура сырого молока во время его обработки светодиодным УФ-излучением составляла $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$.

Установлено, что общая бактериальная обсемененность в образце после 3 мин обработки уменьшается в 1,9 раза (с $2,3 \cdot 10^5$ до $1,2 \cdot 10^5$ КОЕ/см³), а в образце после 5 мин обработки – в 4,8 раза (с $2,3 \cdot 10^5$ до $4,8 \cdot 10^4$ КОЕ/см³), по сравнению с исходным сырым молоком. Наибольшее изменение БГКП (бактерий группы кишечных палочек) наблюдалось в обеззараженном молоке после 5 мин обработки, где данный параметр уменьшился в 2,9 раза (с $2,4 \cdot 10^4$ до $6,4 \cdot 10^3$ / см³), по сравнению с образцом после 3 мин обработки (с $2,4 \cdot 10^4$ до $1,9 \cdot 10^4$ / см³).

Затем повторно был проведен эксперимент при той же температуре, но другом времени обработки. Установлено, что интенсивное уменьшение общей бактериальной обсемененности по сравнению с контрольным образцом происходит в образце после 3 мин обработки в 2,4 раза (с $4,2 \cdot 10^5$ до $1,7 \cdot 10^5$ КОЕ/см³) и после 4 мин обработки – в 7,9 раза (с $4,2 \cdot 10^5$ до $5,3 \cdot 10^4$ КОЕ/см³), что свидетельствует об эффективности светодиодного УФ-излучения.

В ходе изучения исследований ученых установлено, что УФ-обработка в качестве дополнения к термической может обеспечить лучшее поддержание качества молока [3–5]. Исходя из этого, авторы выполнили экспериментальное сравнение влияния температуры молока $(45 \pm 5)^\circ\text{C}$ и $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$ на эффек-

тивность его УФ-обработки. Анализ результатов микробиологических экспериментов показал, что совместное УФ и термическое воздействие позволяет уменьшить общую бактериальную обсемененность при обработке в течение 3 мин с $3,8 \cdot 10^6$ КОЕ/см³ до $6,0 \cdot 10^4$ КОЕ/см³ (в 63,3 раза). При том же времени обработки, но без подогрева, уменьшение бактериальной обсемененности происходит хуже (с $3,8 \cdot 10^6$ КОЕ/см³ до $2,2 \cdot 10^6$ КОЕ/см³). Наибольшее изменение БГКП наблюдалось в образцах с температурой (45 ± 5) °С и временем обработки 3, 4, 5 мин, где данный показатель равен $4,0 \cdot 10^2$ / см³.

Согласно данным некоторых литературных источников, сырое, не гомогенизированное молоко имеет низкий коэффициент пропускания УФ-лучей, что связано с молочным жиром, который при температуре (4 ± 2) °С имеет твердую фазу, а размер жировых шариков составляет от 2 до 6 мкм, вследствие чего, эффективность УФ-обработки понижается [6, 7]. Также были проведены эксперименты по определению влияния УФ-излучения на деконтаминацию молочного сырья различной сортности и жирности. Установлено, что при 5-минутном УФ-облучении на него оказывается обеззараживающее воздействие. Отмечено, что скорость снижения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) в молочном сырье в процессе УФ-обработки составляет:

- сорт экстра с жирностью 4,7 % – 810 КОЕ/с;
- высший сорт с жирностью 2,8 % – 1423,3 КОЕ/с;
- первый сорт с жирностью 3,5 % – 25 966,6 КОЕ/с;
- овечье молоко с жирностью 8,0 % – 5763,3 КОЕ/с.

На данном этапе были зарегистрированы следующие скорости снижения БГКП в процессе обработки светодиодным УФ-излучением:

- сорт экстра с жирностью 4,7 % – 1,78 КОЕ/с;
- высший сорт с жирностью 2,8 % – 6,45 КОЕ/с;
- первый сорт с жирностью 3,5 % – 46,8 КОЕ/с;
- овечье молоко с жирностью 8,0 % – 70,6 КОЕ/с.

Выявлено, что на скорость снижения КМАФАнМ и БГКП влияет исходная обсемененность молочного сырья. Овечье молоко по содержанию мезофильных аэробных и анаэробных микроорганизмов схожи с показателями молока-сырья первого сорта. Однако из-за высокого содержания жира в овечьем молоке, коэффициент пропускания УФ-лучей ниже, чем у молока-сырья первого сорта с массовой долей жира 3,5 %. Следовательно, скорость понижения содержания КМАФАнМ и БГКП в овечьем молоке ниже, чем у молока первого сорта. Обнаружено, что овечье молоко с массовой долей жира 8,0 % и молоко-сырье с массовой долей жира 3,5 % в процессе обработки светодиодным УФ-излучением имеют наибольшие скорости снижения КМАФАнМ (5763,3 КОЕ/с и 25966,6 КОЕ/с соответственно) и БГКП (70,6 КОЕ/с и 46,8 КОЕ/с соответственно).

Установлено, что общая бактериальная обсемененность молока-сырья сорта экстра соответствует требованиям СТБ 1598-2006 даже до обработки

светодиодным УФ-излучением. Для достижения требований СТБ 1598-2006 продолжительность УФ-обработки молока высшего сорта составляет не более 1 мин, в то время как для молока первого сорта – не менее 5 мин. Овечье молоко с массовой долей жира 8,0 % по содержанию мезофильных аэробных и анаэробных микроорганизмов соответствуют требованиям, предъявляемым к молоку питьевому после 4 мин обработки светодиодным УФ-излучением. Наибольшее изменение БГКП наблюдалось в образце после 5 мин обработки, где происходит уменьшение в 7,8 раза, по сравнению с исходным образцом овечьего молока.

Список использованных источников

1. Черных, Е. А. Влияние ультрафиолетовой обработки молока и пастеризации на его санитарно-гигиенические и питательные свойства // Материалы III науч.-практ. конф. «Современные технологические и селекционные аспекты развития животноводства России» / ВНИИ животноводства. – Дубровицы, 2005. – Т. 1. – С. 270–272.
2. Рязанцева, К. А. Традиционные и инновационные способы применения ультрафиолетового излучения в молочной промышленности / К. А. Рязанцева, Н. Е. Шерстнева // Техника и технология пищевых производств. – 2022. – Т. 52. – № 2. – С. 390–406.
3. UV irradiation as a comparable method to thermal treatment for producing high quality stabilized milk whey / S. Buhler // LWT. – 2019 – Vol. 105. – P. 127–134. doi:10.1016/j.lwt.2019.01.051
4. Ikhlov, B. L. Spectra of DNA / B. L. Ikhlov // Review. Journal of New Medical Technologies. – 2018. – Vol. 25 (2). – P. 121–134. (In Russ.). doi:10.24411/1609-2163-2018-16001
5. Fedotova, O. B. Non-traditional approach to the decontamination of food package / O. B. Fedotova, D. M. Myalenko // Dairy Industry. – 2016. – Vol. 1. – P. 25–27 (In Russ.)
6. Efficacy of ultraviolet (UV-C) light in reducing foodborne pathogens and model viruses in skim milk / D. M. Gunter-Ward [et al.] // J. Food Process. Preserv. // Inactivation and potential reactivation of pathogenic *Escherichia coli* O157:H7 in bovine milk exposed to three monochromatic ultraviolet UVC lights / F. Yin [et al.] // Food Microbiol. – 2015. – Vol. 49. – P. 74–81.
7. Сборник методов технологического контроля для обеспечения заданных качественных характеристик молочных продуктов / Е. В. Беспалова [и др.]. – Минск : РУП «Ин-т мясо-молочной промышленности», 2022. – 50 с.

УДК 664.1:691.215.1

Л. Н. Пузанова, кандидат сельскохозяйственных наук

*ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр»,
г. Курск, Российская Федерация*

РОЛЬ КАЧЕСТВА ИЗВЕСТНЯКОВОГО КАМНЯ В ФОРМИРОВАНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА САХАРА

Аннотация. Рассмотрен уровень показателя расхода известнякового камня при производстве сахара в России. Приведены сведения о его роли в технологии сахара как источника получения технологических вспомогательных средств: известкового молока и сатурационного газа. Изучена взаимосвязь расхода известнякового камня и содержания в нем карбоната кальция. Показано, что качество известнякового камня является одним из факторов формирования эффективности производства сахара; обозначен обеспечивающий ее уровень содержания карбоната кальция не менее 95 %.

Ключевые слова: производство сахара, технологическое вспомогательное средство, известняковый камень, карбонат кальция, примеси, расход известнякового камня, эффективность.

L. N. Puzanova, Candidate of Agricultural Sciences

*FSBSI "Federal Agricultural Kursk Research Center",
Kursk, Russian Federation*

THE ROLE OF LIMESTONE QUALITY IN FORMING THE EFFICIENCY OF SUGAR PRODUCTION

Abstract. The level of consumption of limestone in sugar production in Russia was considered. Information was provided on its role in sugar technology as a source for obtaining technological aids: lime milk and saturation gas. The relationship between the consumption of limestone and the content of calcium carbonate in it was studied. It was shown that the quality of limestone is one of the factors in determining the efficiency of sugar production; a calcium carbonate content of at least 95 % was identified as ensuring this.

Keywords: sugar production, technological aid, limestone, calcium carbonate, impurities, limestone consumption, efficiency.

Введение. Свеклосахарное производство – важная часть агропромышленного комплекса России, которая обеспечивает продовольственную независимость страны по белому сахару [1]. Перерабатывающая составляющая свеклосахарного производства представлена 64 свеклосахарными заводами, при этом каждое предприятие стремится работать эффективно, достигая высоких технико-экономических показателей условного современного эталонного свеклосахарного завода: степень извлечения сахарозы из сахарной свеклы –

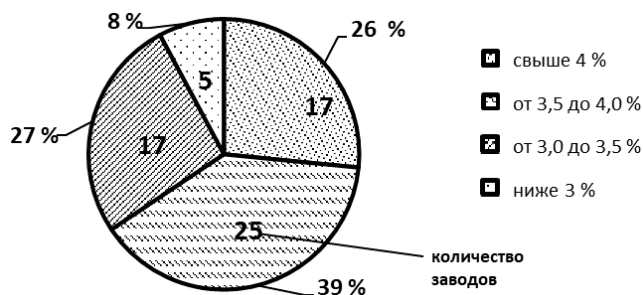


Рис. 1. Расход известнякового камня свеклосахарными заводами России в сезоне 2023–2024 гг.

84–88 %; расход условного топлива – 2,8–3,0 %; расход известнякового камня – 3,0–3,2 % [2]; содержание сахарозы в мелассе – 1,4–1,5 %. В перечень этих показателей включен расход известнякового камня, который используется как сырье для производства технологических вспомогательных средств гидроксида кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и диоксида углерода CO_2 , применяемых согласно части 9 статьи 7 Технического регламента Таможенного союза «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств» (ТР ТС 029/2012 в редакции изменений Решения Совета Евразийской экономической комиссии от 29 августа 2023 г. № 84). Норма расхода известнякового камня на производство сахара рассчитывается по формуле, в которой присутствует показатель содержания карбоната кальция в пересчете на сухое вещество.

В настоящее время свеклосахарными заводами страны ежегодно потребляется около 1,5–1,7 млн т известнякового камня (известняка). И если до 2000 г. его расход в России составлял в среднем более 7 % к массе переработанной свеклы, то за последние 20 лет он постепенно снижался и с 2019 г. в среднем составлял менее 4 %. В производственном сезоне 2023–2024 гг. расход известнякового камня составил в среднем по отрасли 3,60 %, при этом из 64 свеклосахарных заводов 5 имели расход известняка менее 3,0 %, 17 – от 3,0 до 3,5 %, 25 – от 3,5 до 4 %, 17 – выше 4 % к массе переработанной сахарной свеклы (рис. 1), что свидетельствует о резерве для его снижения у более чем половины предприятий.

Цель работы – рассмотрение влияния качества известнякового камня на его расход при производстве белого сахара.

Основная часть. В пункте 6 части 1 статьи 7 ТР ТС 029/2012 оговаривается, что «пищевые добавки, ароматизаторы и технологические вспомогательные средства должны применяться при производстве пищевой продукции в минимальном количестве, необходимом для достижения технологического эффекта, в технологических функциях, определяемых изготовителем пищевой продукции и установленных настоящим Техническим регламентом». Применение гидроксида кальция и диоксида углерода как технологических

вспомогательных средств в пищевой системе производства сахара обусловлено необходимостью решения локальной технологической задачи очистки диффузионного сока – максимального удаления из него несахаров с получением термоустойчивого очищенного сока, не подверженного изменениям при выпаривании, которую осуществляют известково-углекислотным способом [3]. При этом превалирующим направлением развития известково-углекислотной очистки является снижение расхода гидроксида кальция, определяемого в пересчете на известь, % СаО. Связано это с тем, что стоимость вспомогательных материалов на проведение известково-углекислотной очистки диффузионного сока и сгущение очищенного сока составляет около 11–13 % себестоимости товарного сахара [4].

Для максимально возможного удаления несахаров и получения хорошо отделяемого фильтрованием осадка расход извести на очистку должен составлять 80–120 % к массе несахаров диффузионного сока, содержание которых в сахарной свекле современных гибридов варьирует в пределах 1,8–3,0 % в зависимости от состояния сырья, поступающего в технологический поток (здоровая свежевыкопанная или хранившаяся и подверженная заболеваниям сахарная свекла). Считается, что в среднем при очистке диффузионного сока нормального качества при расходе извести 1,5 % СаО и ее активности на уровне не менее 85 % общий эффект очистки составляет около 30 %, снижаясь до 25 % при использовании известкового молока неудовлетворительного качества, с активностью менее 85 % за счет снижения содержания основного компонента углекислого кальция и увеличения сопутствующих примесей [5]. Снижение эффекта очистки диффузионного сока приводит к увеличению количества несахаров в очищенном соке, которые удерживают сахарозу от кристаллизации, перевода в мелассу – так, при снижении общего эффекта очистки на 3 %, за производственный сезон в мелассе дополнительно остается примерно 800–1000 т сахара [6].

Исходя из теоретических положений технологии сахара и практики работы свеклосахарных заводов, к известняковому камню предъявляются определенные требования, позволяющие при правильной организации процессов обжига известнякового камня, получения сатурационного газа и известкового молока произвести продукты соответствующего качества для эффективного проведения известково-углекислотной очистки диффузионного сока.

Известняковый камень, поступающий на сахарный завод, должен быть без примесей песка, глины и других горных пород; обладать высокой механической прочностью – не ниже 40 кПа; сопротивление его на раздавливание должно составлять 200–900 кг/см³, плотность – 2,4–2,7 г/см³. При таких характеристиках известняковый камень хорошо хранится, его куски не коробятся и не образуют трещин при перепадах температур и влажности, сохраняются показатели качества. Фракционный состав известнякового камня – также весьма важный фактор качества, так как определяет свойства извести: длительность обжига прямо пропорциональна размеру кусков известняка, а их

неравномерность приводит к сбоям в работе печи. Преобладание крупных кусков вызывает недопал, что приводит не только к снижению производительности печи, но и к ухудшению качества жженой извести. Исходя из опыта технологии обжига, принято считать оптимальным размер кусков известняка 90–120 мм [7].

Химический состав известнякового камня непосредственно связан с качеством образующихся при обжиге оксида кальция CaO и печного газа, а также получаемого известкового молока. Считается, что в технологии сахара необходимо использовать известняки с содержанием карбоната кальция не менее 93,0 %, так как именно эта величина определяет невысокое содержание примесей, правильную работу известково-обжигательной печи с выходом активного оксида кальция в известь более 85 % и содержанием CO_2 в сатурационном газе на уровне 28–35 %.

Все примеси известнякового камня считаются нежелательными, поскольку в процессе обжига приводят к снижению температуры плавления, вызывают рекристаллизацию частиц обожженной печной извести; образуют плавы и перепалы, тормозят процесс гашения извести. В этом случае снижается степень обжига известняка и выход жженой извести. Отклонение от нормативных величин режимных показателей обжига негативно отразится на качестве известкового молока и сатурационного газа, которые не обеспечат заданных условий для протекания реакций и в целом эффекта очистки диффузионного сока [8]. Это приведет к повышенному расходу извести и нежелательным последствиям для пищевой системы – возрастанию количества поступающей с известковым молоком воды, подлежащей выпариванию; увеличению продолжительности пребывания соков в технологическом потоке и нагрузки на насосный парк и фильтрационное оборудование; росту количества образующегося осадка и потере сахарозы в нем; в целом к перерасходу энерго-, тепло- и водных ресурсов.

Результаты влияния качества известняка на его расход в производстве изучались в период 2014–2020 гг. на примере 11 свеклосахарных заводов, использующих известняки различных месторождений, которые по качеству были объединены в соответствующие партии; данные представлены в таблице.

Как видно из таблицы, наиболее низкий расход известнякового камня в среднем 3,81 % отмечается у свеклосахарных заводов 10 и 11, которые использовали известняк со средним содержанием карбоната кальция 95,3 %, соответственно содержание всех сопутствующих примесей в нем было низким. Для дальнейшего анализа принимали состав известняка данной партии как эталонный.

Далее по увеличению расхода известняка до 3,85 % следуют заводы 3 и 4, которые использовали известняк со средним содержанием карбоната кальция 93,7 %. При этом содержание магниевых примесей в данной партии в 1,2 раза выше эталонного, силикатов – в 3,3 раза. Следующими по увеличению расхода известняка до 3,90 % располагаются заводы 5, 6, 7, использовавшие из-

вестняка со средним содержанием карбоната кальция 93,1 %. Содержание магниевых примесей в данной партии было в 1,6 раза выше эталонного, силикатов – в 4,5 раза. Заводы 8 и 9, а также 1 и 2, у которых в среднем расход известняка составил, соответственно, 3,91 и 4,30 %, использовали партии известняка с содержанием карбоната кальция ниже принятого в России норматива – 92,8 и 92,3 %.

Расход известняка на свеклосахарных заводах в зависимости от качества партии

Свеклосахарный завод	Расход известняка, % к массе сахарной свеклы		Состав известняка				
			CaCO ₃	MgCO ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	CaSO ₄
1	4,20	4,30	90,2–93,7	1,5–3,9	1,6–4,9	0,1–1,5	0,1–0,2
2	4,39		92,3	2,8	2,9	0,7	0,2
3	3,94	3,85	92,5–95,4	1,6–2,9	1,5–2,5	0,3–0,7	0,1–0,2
4	3,75		93,7	2,0	2,0	0,5	0,2
5	3,54	3,90	91,6–93,9	1,4–3,3	1,7–3,4	0,2–0,7	0,1–0,2
6	4,21		93,1	2,7	2,7	0,5	0,2
7	3,94						
8	3,95	3,91	91,1–94,2	1,5–3,5	1,7–3,5	0,3–0,7	0,1–0,1
9	3,87		92,8	2,8	2,5	0,5	0,1
10	3,67	3,81	94,1–96,6	1,1–2,4	0,2–1,4	0,1–0,5	0,1–0,2
11	3,94		95,3	1,7	0,6	0,4	0,1

Приведенные данные подтверждают, что увеличение расхода известняка на свеклосахарных заводах совпадает с понижением его качества, что свидетельствует о существовании обратной зависимости расхода известняка на свеклосахарных заводах от содержания карбоната кальция (рис. 2).

Таким образом, использование известняков с содержанием карбоната кальция менее 93,0 % приведет, в первую очередь, к нарушению режимов обжига в известково-газовой печи, снижению качества полученных печной извести и печного газа. Указанное негативно отразится на качестве известко-

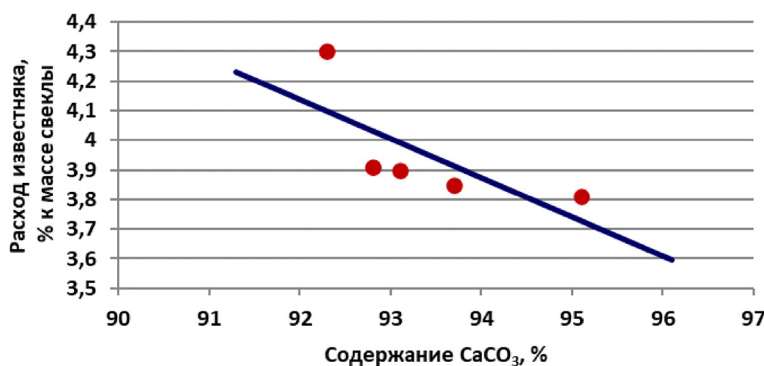


Рис. 2. Зависимость расхода известнякового камня на производство сахара от содержания в нем карбоната кальция

вого молока и сатурационного газа, состоянии и последствиях для пищевой системы. Кроме того, поступившие в пищевую систему примеси известняка могут отразиться на качестве готового продукта. Оксид магния всегда попадает в полуфабрикаты технологического потока, вызывая снижение эффекта очистки, быстрое загорание фильтровальных тканей и поверхностей нагрева выпарных аппаратов. Присутствие силикатов в соке, а затем в сиропе определяет наличие мути в растворе, создает риск включения в кристаллы сахара. Оксиды алюминия и железа при попадании в полуфабрикаты ухудшают качество фильтрованного сиропа, создают риск включения в кристаллы сахара. Гипс вследствие его повышенной растворимости в сахарных растворах при наличии в сиропе может включаться в кристаллы сахара [8].

В последние годы некоторые поставщики известнякового камня для производства сахара устанавливают требования по содержанию углекислого кальция собственных месторождений не менее 95,0 %, тем самым создавая себе конкурентное преимущество. Приобретение сырья такого качества свеклосахарными заводами позволит уменьшить ресурсозатраты и себестоимость сахара, т. е. способствовать повышению эффективности производства сахара.

Заключение. Рассмотрены аспекты влияния качества известнякового камня на эффективность производства сахара. Показана взаимосвязь содержания карбоната кальция в известняках с его расходом в производстве. Подтверждено, что достижение показателей эталонного свеклосахарного завода возможно при использовании известняка с содержанием карбоната кальция не менее 95 %.

Список использованных источников

1. Пищевой комплекс России – 2019 год: результаты и задачи предстоящего периода в новых условиях развития / К. В. Колончин [и др.] // Пищевая промышленность. – 2020. – № 9. – С. 34–40. doi:10.24411/0235-2486-2020-10095
2. Николаева, Е. С. Качество известнякового камня как резерв повышения эффективности производства сахара / Е. С. Николаева // Проблемы и перспективы научно-инновационного обеспечения агропромышленного комплекса регионов : сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф., Курск, 11–13 сент. 2019 г. – Курск : Курский ФАНЦ, 2019. – С. 295–299.
3. Усовершенствование способа известково-углекислотной очистки диффузионного сока свеклосахарного производства / В. О. Городецкий [и др.] // Известия вузов. Пищевая технология. – 2017. – № 5–6. – С. 67–70.
4. Инновационный способ сокращения материальных и энергетических затрат на известково-углекислотную очистку и сгущение диффузионного сока / А. В. Савостин [и др.] // Известия вузов. Пищевая технология. – 2015. – № 5–6. – С. 58–61.
5. Теория и практика разделения суспензий в свеклосахарном производстве. Книга I. Образование суспензий и их свойства : монография / Н. Н. Пушанко [и др.]. – Киев : Изд-во «Сталь», 2017. – 541 с.
6. Очистка диффузионного сока в сахарном производстве / З. В. Ловкис [и др.] ; под общ. ред. З. В. Ловкиса. – Минск : Беларуская навука, 2013. – 232 с.
7. Причины технологических отклонений в сахарном производстве / З. В. Ловкис [и др.] ; под общ. ред. З. В. Ловкиса. – Минск : ИВЦ Минфина, 2016. – 168 с.
8. Научно-практические основы применения известнякового камня при производстве сахара / М. И. Егорова [и др.]. – Курск : ФГБНУ «Курский ФАНЦ», 2023. – 119 с.

УДК 633.854:664.38

**Е. В. Иванова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;
Е. Л. Андроник, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;
С. И. Нехведович; М. А. В. Качановская;
Д. А. Батюков, аспирант**

*Республиканское научное дочернее унитарное предприятие «Институт льна»,
а. г. Устье, Республика Беларусь*

ЦЕННОСТЬ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ПРОИЗВОДСТВА ЛЬНЯНОГО МАСЛА

Аннотация. В статье дана оценка товарного качества, пищевой ценности и потенциала использования льняных жмыхов и шротов в кормлении сельскохозяйственных животных и птицы. Приведена сравнительная характеристика и дана качественная оценка отходов переработки льносемян в льномасло. Изложен опыт научно-исследовательских организаций и фермерских хозяйств ближнего зарубежья и Республики Беларусь в получении экономических выгод кормового использования побочных продуктов переработки льняного масла.

Ключевые слова: лен масличный, льняной шрот, льняной жмых, протенны, жир, переработка, качество, экономическая выгода.

**Ye. V. Ivanova, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor;
Ye. L. Andronik, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor;
S. I. Nekhviadovich; H. M. V. Kachanouskaya;
D. A. Batsiukou, Postgraduate Student**

*Republican Scientific Subsidiary Unitary Enterprise “Institute of Flax”,
a. v. Ustye, Republic of Belarus*

THE VALUE AND USE OF BY-PRODUCTS OF LINSEED OIL PRODUCTION

Abstract. The article evaluates the commercial quality, nutritional value and potential of using flax cakes and meal in feeding farm animals and poultry. A comparative characteristic is given and a qualitative assessment of the waste from processing flax seeds into flax oil is given. The experience of research organizations and farms of the near abroad and the Republic of Belarus in obtaining economic benefits from the feed use of by-products of flaxseed oil processing is described.

Keywords: oilseed flax, flax meal, linseed cake, protein, fat, processing, quality, economic benefit.

Введение. *Лен масличный* – культура, которая в сочетании с разносторонним использованием продукции (пищевое масло, хлебопекарное направление, медицинские и технические цели) характеризуется небольшими затратами производства, хорошей сохранностью посевов к уборке, скороспелостью, устойчивостью к полеганию и ценностью конечной (семена и масло) и побочной продукции (жмых и шрот).

Одной из нерешенных проблем практического животноводства в республике остается дефицит протеина и жиров в рационах сельскохозяйственных животных [1, с. 5]. Корма, богатые жирами, необходимы животным как источники энергии, особенно для лактирующих коров. Протеин жмыхов и шротов является источником незаменимых аминокислот. Жирные кислоты в составе корма должны достигать тонкого отдела кишечника, не нарушая рубцового пищеварения и обмена веществ, и обеспечивать организм животного необходимой энергией. Такие жиры называют «защищенными» от воздействия бактериальной микрофлоры рубца. К таким жирам относят жиры льняного шрота (жмыха) [2, с. 76].

В последние годы соотношение спроса и предложения на традиционные источники кормового белка (например, соевый и подсолнечный шроты) претерпело серьезные изменения. А сложившийся дисбаланс отразился на закупочных ценах на белковое сырье: стоимость соевого шрота стабильно растет. Несмотря на то, что соевый шрот (жмых) – ценный белковый корм, наиболее рационально использовать его в комбикормах для свиней и птицы, в первую очередь для молодняка [3]. За 2023 г. соотношение цен на соевый и льняной шроты было 1:1,76 (стоимость сырого протеина в льняном шроте при этом была ниже, чем в соевом, на 26 %) [4]. Подсолнечный шрот также охотно поедается всеми видами сельскохозяйственных животных, а жмых содержит от 45 до 50 % сырого протеина и 8 % жира. Однако, по сравнению с соевым шротом или жмыхом, в нем в 2 раза меньше лизина и в 2 раза больше клетчатки [3]. При одинаковой цене за 1 кг льняного жмыха и подсолнечного шрота, цена кормовой единицы первого также дешевле (на 25 %) [2, с. 75]. Льняной жмых положительно отличается от жмыха подсолнечника существенно низкой, более чем в три раза, концентрацией сырой клетчатки. Это означает, что переваримость такой белковой добавки будет максимальной и ее можно включать в рационы практически всех половозрастных групп животных, при более высоких уровнях введения, чем жмых подсолнечника [5]. Белорусские специалисты сходятся во мнении, что если ориентироваться на показатели питательности и закупочную стоимость шротов, в качестве альтернативы подсолнечному и дорожающему соевому шроту имеет смысл рассматривать льняной.

По использованию семян масличного льна, льняного масла и побочных продуктов его производства в кормах животных накоплен значительный научный и практический опыт [1–2, 4, 6–11]. В этой связи целью данной статьи является раскрытие ценности и направлений использования жмыхов и шротов из льна как для повышения эффективности возделывания культуры, так и для импортозамещения в условиях рыночной экономики.

Основная часть. В настоящее время все чаще встречаются рекомендации ученых и практиков по использованию льняного жмыха (шрота) в кормосмесях для сельскохозяйственных животных и птицы. Жмых получают при переработке масла с помощью отжима методом прессования, шрот – при производстве масла экстрагированием.

Один килограмм льняного жмыха способен сбалансировать по перевариваемому протеину не менее 4 кг ячменя кормового и не менее 3 кг кормового зерна кукурузы, а по содержанию белка превосходит пшеницу в 2,7 раза, по содержанию жира – в 5 раз, по содержанию кальция – в 4,2 раза, по железу – в 5 раз. Льняной жмых имеет высокую энергетическую ценность: в 1 кг содержится 1,27 корм. ед., обменной энергии – 13,73 МДж (как в 1,3–1,4 кг овса) и 287 г переваримого протеина. Его состав богат микроэлементами.

Опасность использования льняного жмыха связана с возможностью отравления синильной кислотой из-за содержащегося в семени льна гликозида линамарина. Опасным считается корм, в 1 кг которого образуется более 200 мг синильной кислоты [12]. Обеззараживание льняных жмыхов проводят путем экструзии, которая улучшает структуру и повышает доступность макронутриентов целевого продукта.

В результате изучения влияния экструдирования на кормовую ценность семян льна, сотрудниками ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» было установлено увеличение содержания сырого протеина в экструдированных семенах льна на 3,97 % по сравнению с контролем; водорастворимой фракции – на 66,18 %, которая характеризуется наиболее сбалансированным аминокислотным составом, что свидетельствует о повышении биологической ценности экструдата; содержания минеральной питательности – на 12,5 %; обменной энергии – на 2,19 %; перевариваемого протеина – на 4,08 %. А также установлено снижение массовой доли сырой клетчатки на 1,18 %, указывающее на улучшение переваримости экструдированного продукта, кислотного и перекисного чисел на 40 и 39 % соответственно, что свидетельствует о снижении активности ферментов, вызывающих гидролитическую и окислительную порчу экструдата [13]. Экструзия льняного жмыха перед скармливанием КРС способствует значительному удержанию дополнительного азота в организме коров и молодняка, следовательно, и дополнительному белковому синтезу (молока и мяса) [2].

В льняном шроте при соблюдении технологии практически не остается синильной кислоты, так как при экстракции масла из семени льна, оно подвергается влаготепловой обработке. К качественным характеристикам льняного шрота относят: содержание (массовую долю) сырого протеина – не менее 36 %; сырого жира – до 3–4 %; сырой клетчатки в обезжиренном продукте – до 15 % в пересчете на а. с. в.; золы – 1,5 % в пересчете на а. с. в.; энергетическая ценность – 1,08 корм. ед. [7; 8, с. 11]. По питательной ценности, содержанию витаминов и фосфатидов шрот уступает жмыху, однако концентрация протеина в шроте выше, как и концентрация микроэлементов.

Протеин льняного жмыха отличается высокой усвояемостью и хорошим аминокислотным составом. Содержание изолейцина, фенилаланина (с тирозином) и триптофана в льняном белке составляет соответственно 106,0, 115,8 и 180,0 %, а содержание валина и треонина – 97,0 и 92,5 %. Льняной белок (линулин) обладает высокой растворимостью (77,1 %) и повышенной биологи-

ческой активностью. В льняном жмыхе (шроте) содержится крайне мало сахаров – в среднем 2–3 %. Жмых льна содержит в своем составе около 28–34 % диетических пищевых волокон [5, 6].

Исследования по замене рапсового жмыха льняным в производстве комбикормов при откорме бычков черно-пестрой породы показали, что замена приводила к более высокому содержанию в корме сухих веществ, сырого жира, сырой клетчатки и повышению энергетической ценности корма на 4 %. Бычки, которых кормили льняным жмыхом, потребляли на 7,27 % меньше метаболизируемой энергии, но на 9, 10 % больше сырого протеина, чем быки, которых кормили комбикормом, содержащим рапсовый жмых. Скорость роста у бычков, участвующих в эксперименте и получавших комбикорм с льняным жмыхом, была достоверно большей (на 9,8 %), чем у контрольных бычков, получавших комбикорм со жмыхом рапса [14].

Хозяйственные опыты в четырех аграрных научных организациях двух стран ЕАЭС по откорму бычков черно-пестрой породы показали, что бычки опытных групп, которым скармливали продукты переработки семян льна (жмых), имели более высокие показатели убоя по сравнению с животными контрольной группы. Увеличились показатели по количеству мяса с одного животного, а также существенно улучшилось его качество [15].

В результате проведения научно-хозяйственного опыта в племенном хозяйстве имени Л. Муродова Гиссарского района Республики Таджикистан на дойных коровах, установлено положительное влияние льняного жмыха на химический состав и сыропригодность молока и качество сыра [16].

Исследования, проведенные учеными ФНЦ биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, позволили установить, что замена части основного рациона (пшеничные отруби) у карликовых коз нигерийской породы льняным жмыхом усиливала течение обменных процессов в рубце, в частности уровень ЛЖК, и повышала концентрацию небелкового азота в рубцовом содержимом, что оказывало позитивное влияние на процессы пищеварения в преджелудках, позволяя сохранить продуктивность при снижении экономических затрат [17].

Изучение влияния льняного жмыха на рост, развитие, переваримость и усвоение питательных веществ, мясную продуктивность и экономическую эффективность производства мяса цыплят-бройлеров, проведенное на базе Сибирского НИИ птицеводства, показало, что при вводе в комбикорма 15 и 20 % льняного жмыха отмечается увеличение живой массы бройлеров на 2,2–4,0 %, среднесуточного потребления корма – на 2,2–4,8 %, возрастает переваримость питательных веществ бройлерами: сырого протеина – на 1,7–2,3 %, сырого жира – на 1,8–2,2 %, БЭВ – на 0,3–0,9 %. По результатам анатомической разделки тушек цыплят-бройлеров было установлено, что во всех опытных группах содержалось больше съедобных частей и мышц по сравнению с контрольной. Использование льняного жмыха увеличило выход мяса на 2,3–4,5 % по сравнению с контролем. Рентабельность производства

мяса бройлеров опытных групп превышала показатель контрольной группы на 4,1–5,6 % [18].

Применение льняного жмыха (шрота) позволяет решать многие проблемы свиноводства: повышает биологическую ценность рационов свиней, в том числе вследствие улучшения всасываемости жирорастворимых витаминов, увеличения уровня незаменимых жирных кислот и аминокислот; значительно улучшает жизнеспособность поросят и энергию их роста на 12–25 %. Повышает репродуктивные функции свиноматок, особенно крупноплодность помета (на 10–15 %), молочность (на 16 %), увеличивает среднесуточный прирост, снижает затраты корма на 1 кг прироста на 0,5–1,2 корм. ед., улучшает вкус и нежность свинины, повышает рентабельность как в условиях промышленных технологий, так и в малых фермерских хозяйствах [2].

В ряде белорусских хозяйств также есть положительный опыт использования льняного шрота в рационе сельскохозяйственных животных. Фермерское хозяйство Шруба М. Г. – одно из первых хозяйств, где использовали льняной шрот в кормлении свиней и КРС. СФК «Клецкий» филиал ОАО «Слуцкий сыродельный комбинат» с 2022 г. также использует в рационах КРС льняной шрот: после добавления в рацион 15 % льняного шрота отмечали снижение случаев ацидоза и улучшение переваримости кормов животными. В ОАО «Гордидово» Молодечненского района для дойного стада льняной шрот используют в составе 12-компонентного комбикорма с частичной заменой рапсового, без снижения качественных показателей комбикорма. Следующий шаг в хозяйстве – частичная замена в комбикорме льняным шротом соевого – для снижения себестоимости. Аграриями подчеркивается преимущество в содержании жира в льняном шроте по сравнению с рапсовым: 3 % против 1,5 %. Два месяца использования льняного шрота в комбикорме позволило увеличить в хозяйстве жирность молока на 0,1 %, что ощутимо в общем объеме молока (в зачетном весе это плюс 0,5 т) [4].

В исследованиях, проведенных на базе ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» Смолевичского района Минской области, по использованию в рационах молодняка крупного рогатого скота в период откорма комбикормов с вводом жмыхов из льна масличного, отмечали повышение концентрации гемоглобина в крови испытуемых животных на 2,3–5,0 %, эритроцитов – на 1,0–3,6 %, общего белка – на 2,0–7,4 %, а также снижение в пределах физиологической нормы уровня лейкоцитов на 16,2–23,9 %. Получен среднесуточный прирост живой массы на уровне 971–995 г (выше контрольного показателя на 4,5–6,8 %), затраты на получение прироста живой массы снижены на 2,0–4,3 %. Кроме того, скармливание комбикормов с льняным жмыхом способствовало снижению затрат сырого протеина на 1 кг прироста на 37–49 г или на 4,2–5,5 % [19].

Одним из способов решить в Республике Беларусь ситуацию недостатка кормового белка и дефицита незаменимых жирных кислот является расширение площадей под льном масличным (реально – до 20 тыс. га) и изменить отношение к экономически рентабельной (эффективность возделывания может

стабильно находиться на уровне 30–40 %), не требующей чрезмерной интенсификации производства, культуре. При условии увеличения площади возделывания до указанной выше, ежегодно можно получать около 30 тыс. т маслосемян, в результате переработки которых будет обеспечена возможность получения около 9,0 тыс. т высококачественного льняного масла и 21,0 тыс. т льняного жмыха. Это в свою очередь позволит сократить закупку дорогостоящих импортных.

Закключение. На основании многочисленных экспериментов было установлено, что льняной жмых (шрот) в смеси с другими кормами и в составе комбикормов показывает высокую результативность в кормлении сельскохозяйственных животных и птицы: ускоряет рост, значительно улучшает здоровье животных, хорошо усваивается, повышает продуктивность молока и мяса и улучшает его качество. Побочные продукты переработки льняного масла стали частью белковых добавок, используемых в животноводстве и птицеводстве разных стран мира и Беларуси, а содержание полезных микроэлементов, высокий уровень обменной энергии и низкая стоимость делает его все более популярным.

Список использованных источников

1. Нормы скармливания жмыха и шрота из семян новых сортов рапса молодняку крупного рогатого скота : моногр. / В. Ф. Радчиков [и др.] // РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству». – Жодино, 2019. – 132 с.
2. Зубцов, В. А. Стратегия развития технологий в кормопроизводстве по использованию семян льна и продуктов их переработки / В. А. Зубцов, И. Э. Миневич // Вестн. ВНИИМЖ. – 2015. – № 4 (20). – С. 72–79.
3. Лисунова, Л. И. Кормление сельскохозяйственных животных [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Л. И. Лисунова ; под ред. В. С. Токарева ; Новосиб. гос. аграр. ун-т. – Электрон. дан. и прогр. – Новосибирск : отдел ИОР. – 2018. – Режим доступа: <https://nsau.edu.ru/htmldocs/8503/20.html>. – Дата доступа: 15.08.2024.
4. Еременко, О. Использование льняного шрота в кормлении сельскохозяйственных животных: экспертное мнение и практический опыт / О. Еременко // Белорус. сельское хоз-во. – 2023. – № 8 (256). – С. 60–65.
5. Подобед, Л. И. Льняной жмых пополняет ассортимент белковых добавок для животных и птицы / Л. И. Подобед // Эффективное животноводство. – 2019. – № 5 (153) (спецвып.). – С. 46–48.
6. Жмых льняной – свойства и применение в животноводстве [Электронный ресурс] / Сайт ООО НПО «Агро-Матик». – 2018. – 10 апр. – Режим доступа: <https://agro-matik.ru/press/info-spec/zmyh-lyanoj-svojstva-i-primenenie-v-zhivotnovodstve/>. – Дата доступа: 02.07.2024.
7. Снегирева, Н. В. Технологические свойства продуктов переработки льна / Н. В. Снегирева, М. А. Янова // Мир инноваций. – 2023. – № 2. – С. 65–70.
8. Жмыхи и шроты в кормлении сельскохозяйственной птицы: рекомендации. – Алматы : ТОО «КазНИИЖиК». – 2019. – 32 с.
9. Цай, В. П. Влияние скармливания комбикормов с различным уровнем жмыха льняного на продуктивность молодняку крупного рогатого скота / В. П. Цай, Ж. А. Истринина // Зотехническая наука Беларуси : сб. науч. тр., посвящ. 70-летию со дня основания НПЦ НАН Беларуси по животноводству. – Жодино, 2019. – Т. 54, ч. 2 : Технология кормов и кормления, продуктивность, технология производства, зоогигиена, содержание. – С. 113–120.

10. Dietary flaxseed cake influences on performance, quality, and sensory attributes of eggs, serum, and egg trace minerals of la [Electronic resource] / Y. A. Attia [et al.] // Journal of Poultry Science. – 2024. – Vol. 61. – Mode of access: https://www.researchgate.net/publication/381762821_Egg_Quality_Sensory_Attributes_and_Protein_Metabolites_of_Laying_Hens_Fed_Whole_Flaxseed_Fish_Oil_and_Different_Sources_of_Trace_Elements. – Date of access: 15.08.2024.
11. Xu, L. Flaxseed Meal and Its Application in Animal Husbandry: A Review [Electronic resource] / Lei Xu [et al.] // Agriculture. – 2022. – № 12, 2027. – Mode of access: <https://doi.org/10.3390/agriculture12122027>. – Date of access: 15.08.2024.
12. Шараськина, О. Г. Жмыхи и шроты / О. Г. Шараськина // Конный журнал «Гиппомания». – 2006. – № 5 (14). – С. 64–67.
13. Миневич, И. Э. Влияние экструдирования на кормовую ценность семян льна / И. Э. Миневич, А. А. Гончарова, Л. А. Зайцева // Аграрная наука. – 2021. – № 352 (9). – С. 57–61.
14. Uchockis, V. The effects of linseed cake supplementation on the growth and quality of carcass and meat of fattening bulls / V. Uchockis, G. J. Švirmickas, G. Baltrukoniene // Veterinarija ir Zootechnika. – 2024. – № 66 (88). – P. 73–77.
15. Раджабов, Ф. М. Мясная продуктивность бычков черно-пестрой породы при скармливании льняного жмыха / Ф. М. Раджабов [и др.] // Известия ОГАУ. – 2020. – № 1 (81). – С. 189–193.
16. Раджабов, Ф. М. Влияние льняного жмыха на сыропригодность молока коров и качество сыра / Ф. М. Раджабов, И. И. Солиев, М. Т. Достов // Сб. науч. тр. СКНИИЖ. – 2018. – № 7 (1). – С. 133–138.
17. Льняной жмых как альтернатива традиционным кормам в рационе коз / Д. А. Кислова [и др.] // Вестн. АГАУ. – 2023. – № 7 (225). – С. 55–61.
18. Продуктивность цыплят-бройлеров при использовании льняного жмыха [Электронный ресурс] / Т. В. Селина [и др.] // Кормление с.-х. животных и кормопроизводство. – 2019. – № 5. – Режим доступа: <https://panor.ru/articles/produktivnost-tsyplyat-broylerov-pri-ispolzovanii-lynyanogo-zhmykha/4275.html>. – Дата доступа: 22.08.2024.
19. Цай, В. П. Комбикорма с разными уровнями жмыха льна масличного в рационах откармливаемого молодняка крупного рогатого скота / В. П. Цай, Ж. А. Истранина // Зоотехническая наука Беларуси. – 2022. – № 57 (2). – С. 84–93.

УДК 602.4:57.083.3

¹В. А. Шипелин, кандидат медицинских наук;

²А. В. Бервинова; ²А. В. Замятина;

¹В. К. Мазо, доктор биологических наук, профессор;

¹Д. Б. Никитюк, академик Российской академии наук,
доктор медицинских наук, профессор

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи»,
г. Москва, Российская Федерация;

² Филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки
«Государственного научного центра Российской Федерации Института
биоорганической химии имени академиков М. М. Шемякина
и Ю. А. Овчинникова Российской академии наук»,
г. Пушкино, Московская область, Российская Федерация

ПИЩЕВОЙ ИНГРЕДИЕНТ – КОНЦЕНТРАТ ФИКОЦИАНИНОВ ИЗ *ARTHROSPIRA PLATENSIS*: ДОКЛИНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ИММУНОМОДУЛИРУЮЩИХ СВОЙСТВ НА *IN VIVO* МОДЕЛИ ВАКЦИНАЦИИ ПРОТИВ SARS-COV-2

Аннотация. Фикобилипротеины – С-фикоцианин и аллофикоцианин из пищевой циано-бактерии *Arthrospira platensis* являются перспективным компонентом специализированной пищевой продукции, предназначенной для поддержания иммунной системы, профилактики и диетотерапии вирусных инфекций. В настоящей работе экспериментально показана способность концентрата фикоцианинов и комплекса яичного белка с ним модулировать состояние гуморального и клеточного звеньев иммунной системы мышей линии BALB/c на модели ослабленной иммунизации противокоронавирусной вакциной Гам-КОВИД-Вак.

Ключевые слова: *Arthrospira platensis*, концентрат фикоцианинов, белковый комплекс фикоцианина, доклинические исследования, иммуномодулятор, SARS-CoV-2.

¹V. A. Shipelin, Candidate of Medical Sciences;

²A. V. Bervinova; ²A. V. Zamyatina;

¹V. K. Mazo, Doctor of Biological Sciences, Professor;

¹D. B. Nikityuk, Academician of the Russian Academy of Sciences,
Doctor of Medical Sciences, Professor

¹Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Research Center of Nutrition,
Biotechnology and Food Safety”, Moscow, Russian Federation;

²Branch of the Shemyakin-Ovchinnikov Institute of Bioorganic Chemistry
of the Russian Academy of Sciences, Pushchino, Moscow Region, Russian Federation

FOOD INGREDIENT – PHYCOCYANIN CONCENTRATE FROM *ARTHROSPIRA PLATENSIS*: PRECLINICAL ASSESSMENT OF IMMUNOMODULATORY PROPERTIES ON AN *IN VIVO* MODEL OF VACCINATION AGAINST SARS-COV-2

Abstract. Phycobiliproteins – C-phycoerythrin and allophycocyanin from the food cyanobacterium *Arthrospira platensis* are a promising component of specialized food products for maintaining the immune system, prevention, and diet therapy of viral infections. In this work, we experimentally demonstrated the ability of phycocyanins concentrate and egg protein complex with phycocyanins concentrate to modulate the state of the humoral and cellular components of the immune system of BALB/c mice on a model of weakened immunization with the anti-coronavirus vaccine Gam-COVID-Vac.

Keywords: *Arthrospira platensis*, phycocyanin concentrate, phycocyanin protein complex, pre-clinical studies, model, immunomodulator, SARS-CoV-2.

Введение. Пандемия коронавирусной инфекции COVID-19, вызванная вирусом SARS-CoV-2, обозначила необходимость повышения эффективности вакцинации как важнейшего фактора иммунопрофилактики. Для этой цели актуальным является создание специализированных пищевых продуктов с экспериментально доказанными иммуностимулирующими свойствами при вакцинации. Важным этапом для создания таких продуктов является разработка медико-биологического состава, определяемая соответствующей областью применения. Анализ научных публикаций свидетельствует о перспективах использования фикобилинов – С-фикоцианина и аллофикоцианина из пищевой цианобактерии *Arthrospira platensis* (*A. platensis*) для поддержания иммунной системы, профилактики и диетотерапии вирусных инфекций [1–5]. Фикоцианины являются фото- и термочувствительными соединениями [6], восприимчивыми к деградации в ходе технологического процесса или при хранении. Создание комплексов фикоцианинов с различными белками, как это показано для других светочувствительных микронутриентов, может, по-видимому, снизить степень их деградации [7]. Для целей доклинического тестирования иммуномодулирующих свойств концентрата фикоцианинов и белкового комплекса с ним нами была разработана и верифицирована *in vivo* модель на лабораторных грызунах, позволяющая в динамике оценивать выраженность иммунного ответа при вакцинации [8].

Цель настоящей работы: изучить в динамике способность концентрата фикоцианинов и белкового комплекса с концентратом фикоцианинов модулировать состояние гуморального и клеточного звеньев иммунной системы мышей линии BALB/c на модели ослабленной модельной иммунизации противокоронавирусной вакциной Гам-КОВИД-Вак.

Основная часть. Образец сухой биомассы *A. platensis*, полученный культивированием в закрытой теплице под искусственным освещением, собранной, сконцентрированной, промытой и лиофильно высушенной, предоставлен научно-производственным объединением «Биосоляр МГУ». Концентрирование фикоцианинов путем экстракции биомассы *A. platensis* проводили согласно работе [9]. Суммарное содержание фикоцианинов в концентрате составляло $(50,9 \pm 0,7)$ мас.%. Суммарное содержание фикоцианинов в комплексе яичного белка с концентратом фикоцианинов в соотношении 5:1 (далее – комплекс) составляло $(8,8 \pm 0,2)$ мас.%.

На основании результатов проведенного исследования по определению острой пероральной токсичности концентрата фикоцианинов (отсутствие негативных эффектов у мышей до 1000 мг/кг массы тела (м. т.)), был разработан дизайн экспериментального исследования *in vivo* с набором прижизненных маркерных показателей, необходимых для оценки перорального иммуномодулирующего потенциала фикоцианинов и разработанного комплекса при иммунизации лабораторных грызунов противокоронавирусной вакциной. Исследования выполнены на SPF (свободные от патогенной флоры) животных на базе лаборатории биологических испытаний филиала ИБХ Российской академии наук, аккредитованной AAALACi (Association for Assessment and Accreditation of Laboratory Animal Care International) в соответствии с принципами надлежащей лабораторной практики (Good Laboratory Practice, GLP) и действующими отечественными и международными биоэтическими правилами (протокол этической комиссии ИБХ Российской академии наук № 939/23 от 23 июня 2023 г.).

В цели исследований входила оценка ряда физиолого-биохимических показателей и состояния гуморального и клеточных звеньев иммунной системы лабораторных грызунов в условиях модельной иммунизации противокоронавирусной вакциной Гам-КОВИД-Вак. В качестве тест-системы в исследовании были использованы 40 мышей линии BALB/c по 6 (контрольные) и 7 особей в каждой опытной группе. Базируясь на результатах определения острой пероральной токсичности и анализа мировой научной литературы по вопросам токсичности, антиоксидантной и иммуномодулирующей активности *in vivo* С-фикоцианина, для исследования были выбраны две экспериментальные дозы: 200 и 420 мг/кг м. т. Дозы «мг/кг» рассчитывались исходя из процентного содержания фикоцианинов в концентрате и комплексе. Тестируемые объекты – концентрат фикоцианинов и комплекс вводили перорально зондом в желудок ежедневно в течение 49 дней. Комбинированную векторную вакцину Гам-КОВИД-Вак для профилактики коронавирусной инфекции у человека вводили двукратно (на 29-й и 50-й день исследования) внутримышечно в объеме 100 мкл в четырехглавую мышцу бедра (по 50 мкл в каждую). Всех животных осматривали ежедневно для своевременного выявления отклонений после введения тестируемых объектов. Клинический осмотр выполнялся непосредственно после первого введения и далее еженедельно. Масса тела и потребление корма регистрировались перед началом перорального введения тестируемых препаратов и далее еженедельно в течение всего исследования. Статистически значимых межгрупповых различий показателей массы тела и прироста массы тела на протяжении всего периода наблюдения в течение исследования выявлено не было. Во время всего эксперимента ни у одного животного не наблюдалось никаких клинических отклонений, связанных с введением тестируемых препаратов или введением противокоронавирусной вакцины.

В ходе прижизненной фазы исследования у животных собирали образцы крови в объеме 100–200 мкл для получения сыворотки с последующим проведением иммуноферментного анализа (на 49-й, 57-й, 64-й дни исследования) с целью определения специфических иммуноглобулинов класса G (IgG) к рецептор-связывающему домену поверхностного гликопротеина S (spike) коронавируса SARS-CoV-2. После 1-й иммунизации до введения второго компонента вакцины титр специфических IgG составил в среднем 1/2000 у всех иммунизированных животных. После введения второго компонента комбинированной вакцины у животных, предварительно получавших перорально в течение 49 дней комплекс в обеих дозах, титры IgG были достоверно выше, чем у других экспериментальных животных. Через 14 дней после второй иммунизации титры специфических антител в группах животных, употреблявших комплекс в дозах 200 и 420 мг/кг м. т., были достоверно более чем в 2 раза выше (присутствовали животные с титром 1/400 000), чем в контрольной группе и группах, получавших только концентрат фикоцианинов. Основываясь на полученных результатах, комплекс – яичный белок + фикоцианин 5:1 способен потенцировать активную выработку специфических антител к вирусу SARS-CoV-2.

Для оценки клеточного иммунного ответа образцы цельной крови собирали на 28-й день исследования (за день введения вакцины), через 48 ч после введения 1-го компонента вакцины (31-й день), и через 24 ч после введения 2-го компонента (51-й день). Методом проточной цитометрии получены данные о процентном содержании В-клеток, NK-клеток, общем содержании Т-клеток, Т-helper и Т-killer. Данные определены в популяции лейкоцитов. По результатам анализа Т-клеток определено значение иммунорегуляторного индекса. На 28-й день исследования статистически значимых отличий в группах, получавших тестируемые препараты, обнаружено не было. Все статистически значимые изменения были обнаружены относительно животных контрольной группы на 31-й день исследования. У животных, получавших комплекс в дозе 200 мг/кг м. т., обнаружено увеличение Т-killer на 29,3 %. У животных, получавших комплекс в дозе 420 мг/кг м. т., наблюдалось достоверное снижение концентрации Т-helper и иммунорегуляторного индекса на 20,9 и 16,95 % соответственно. Вместе с этим в данной группе замечено дозозависимое увеличение концентрации Т-killer на 17,1 %. На 51-й день исследования в контрольной вакцинированной группе концентрация В-клеток и NK-клеток была статистически снижена относительно интактных животных на 52,5 и 56,7 % соответственно. Аналогичные изменения наблюдались у животных, получавших комплекс в дозе 200 мг/кг м. т., – В-клетки и NK-клетки были снижены на 60 и 58,8 % относительно значений у интактных животных, соответственно. Кроме того, в данной группе было обнаружено статистически значимое увеличение лимфоцитов на 4,9 %. В группе животных, получавших комплекс в дозе 420 мг/кг м. т., было выявлено достоверно значимое увеличение лимфоцитов на 4,9 %, индекса позитивности на 71,9 %, а также снижение субпопуля-

ций T-killer на 27,6 % относительно интактных животных. Проанализировав полученные флуктуационные изменения субпопуляций лимфоцитов в крови мышей, получавших комплекс, можно сделать вывод о его способности определенным образом влиять на клеточный иммунитет мышей, тем не менее при отсутствии значимой дозозависимости.

Заключение. Результаты проведенного на разработанной *in vivo* модели исследования с использованием набора прижизненных маркерных показателей, характеризующих состояние гуморального и клеточного иммунитета SPF животных – мышей линии BALB/c, свидетельствуют об иммуномодулирующей способности концентрата фикоцианинов и разработанного комплекса. Выявленные повышенные титры специфических IgG к коронавирусу SARS-CoV-2 были продемонстрированы при потреблении комплекса яичного белка с концентратом фикоцианинов 5:1, что, таким образом, свидетельствует о потенциале применения комплекса в качестве БАВ-иммуномодулятора при двукратной иммунизации противокоронавирусной вакциной Гам-КОВИД-ВАК. Полученные результаты указывают на целесообразность получения высокоочищенных белковых комплексов концентратов фикоцианинов для создания пищевых ингредиентов специализированной пищевой продукции и биологически активных добавок к пище, обладающих иммуностимулирующими свойствами.

Финансирование. Работа проведена за счет средств гранта Российского научного фонда № 22-16-00006 «Пищевые ингредиенты, повышающие эффективность вакцинации против коронавирусной инфекции: технология, доклиническая оценка *in vivo*».

Список использованных источников

1. Well-tolerated Spirulina extract inhibits influenza virus replication and reduces virus-induced mortality / Y. H. Chen [et al.] // Sci. Rep. – 2016. – № 6 (1). – P. 24253.
2. Prospective options of algae-derived nutraceuticals as supplements to combat COVID-19 and human coronavirus diseases / S. K. Ratha [et al.] // Nutrition. – 2021. – P. 83.
3. Ferreira, A. O. Postulated Adjuvant Therapeutic Strategies for COVID-19 / A. O. Ferreira, H. C. Polonini, E. C. F. Dijkers // J. Pers. Med. – 2020. – № 10 (3). – P. 80.
4. C-phycocyanin of Spirulina plantesis inhibits NSP12 required for replication of SARS-CoV-2: a novel finding in-silico / T. K. Raj [et al.] // Int. J. Pharm. Sci. & Res. – 2020. – № 11 (9). – P. 4271–4278.
5. Elaya, P. U. Algae: A Potential Source to Prevent and Cure the Novel Coronavirus – A review / P. U. Elaya, R. Sundararaj // Int. J. Emerg. Tech. – 2020. – № 11 (2). – P. 479–483.
6. Petrukhina, D. I. Stability of phycocyanin of the cyanobacterium Spirulina subsalsa under different temperature storage conditions / D. I. Petrukhina, I. N. Lykov // Current problems and achievements in natural and mathematical sciences. – 2017. – P. 28–33.
7. Vasava, H. Characterisation of whey protein-polyphenol conjugates prepared by the noncovalent and covalent methods for their effect on the functional properties of whey proteins / H. Vasava, R. Singh, T. Yadav // Int. J. Dairy Technol. – 2022. – Т. 75. – P. 563–574.
8. Оценка гуморального и клеточного иммунного ответа у мышей линии BALB/c, иммунизированных противокоронавирусной вакциной / А. В. Бервинова [и др.] / Актуальные проблемы общей и клинической биохимии – 2024 : сб. материалов республиканской науч.-практ. конф. – Гродно, 2024. – С. 148–150.
9. Модифицированный метод получения фикоцианинового концентрата биомассы *Arthrospira platensis* / Н. А. Бирюлина [и др.] // Вопросы питания. – 2023. – Т. 92, № 5. – С. 110–116.

УДК 613.2

¹О. В. Оксененко; ¹К. Б. Сухарев;

²А. Л. Новокшанова, доктор технических наук, доцент;

³К. М. Гаппарова, кандидат медицинских наук

¹*Общество с ограниченной ответственностью «Пятигорский молочный комбинат»,
г. Пятигорск, Ставропольский край, Российская Федерация;*

²*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный
исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи»,
г. Москва, Российская Федерация;*

³*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии
и безопасности пищи», клиника лечебного питания,
г. Москва, Российская Федерация*

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ И БЕЗОПАСНОСТЬЮ В ПРОИЗВОДСТВЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО КИСЛОМОЛОЧНОГО ПРОДУКТА «КОВИТАЛАКТ»

Аннотация. Для достижения заданных характеристик качества специализированного кисломолочного продукта на предприятии дополнительно выполнены организационные, научно-исследовательские и другие мероприятия. На базе медико-биологического обоснования разработаны рецептура, нормативная документация и внедрена технология промышленного производства продукта. В результате оценки эффективности биопродукта в клинических условиях установлена целесообразность его употребления для нутритивной поддержки взрослого населения после перенесенных острых респираторных заболеваний.

Ключевые слова: управление качеством, специализированный пищевой продукт, пробиотический продукт, пахта, сухое обезжиренное молоко, клинические испытания.

¹O. V. Oksenenko, ¹K. B. Sukharev,

²A. L. Novokshanova, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

³K. M. Gapparova, Candidate of Medical Sciences³

¹*Limited liability company "Pyatigorsk Dairy Plant",
Pyatigorsk, Stavropol Territory, Russian Federation*

²*Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Research Center
of Nutrition, Biotechnology and Food Safety", Moscow, Russian Federation*

³*Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Research Center for Nutrition,
Biotechnology and Food Safety", Clinic of Therapeutic Nutrition,
Moscow, Russian Federation*

MANAGEMENT OF QUALITY AND SAFETY IN THE PRODUCTION OF SPECIALIZED FERMENTED MILK PRODUCT «KOVITALACT»

Abstract. To achieve the specified quality characteristics of the specialized fermented milk product, the enterprise additionally carried out organizational, research and other activities. Based on the medical and biological justification, a recipe, regulatory documentation were developed and

the technology for industrial production of the product was introduced. Evaluation of the effectiveness of the bioproduct in clinical conditions showed the feasibility of its use for nutritional support of the adult population after acute respiratory diseases.

Keywords: quality management, specialty food product, probiotic product, buttermilk, skim milk powder, clinical trials.

Введение. Государственная политика Российской Федерации в области здорового питания направлена на достижение национальных целей развития страны – обеспечение устойчивого естественного роста численности населения и повышение ожидаемой продолжительности жизни до 78 лет (к 2030 г. – до 80 лет). В реализации этой стратегии могут возникнуть риски разного рода. Хорошо известный пример – пандемия COVID-19.

Еще в разгар эпидемии стали очевидны причинно-следственные связи между метаболическим статусом пациентов и тяжестью течения инфекции. Накопленный международный и отечественный опыт, на примере COVID-19, убедительно доказал, что для улучшения восстановительной динамики и устранения последствий после перенесенных острых респираторных заболеваний целесообразна нутритивная поддержка и включение в рацион питания данной категории пациентов широкого спектра специализированных пищевых продуктов (СПП) [1, 2].

Продукты диетического лечебного и диетического профилактического питания для лиц, перенесших острые респираторные заболевания, должны служить дополнительными источниками белка, пищевых волокон, витаминов, минеральных веществ и других биологически активных соединений. Поскольку большинство иммунных ответов организма реализуется на уровне слизистых оболочек, а ведущее место в системе барьерных органов занимает кишечник, содержащий около 80 % всех иммунокомпетентных клеток [3, 4], важная роль в иммунопрофилактике отводится нормализации микрофлоры кишечника. Большое значение в поддержании кишечной микробиоты имеют кисломолочные продукты.

Хотя ассортимент СПП регулярно пополняется, ее разработка осуществляется производителями спонтанно, без учета целей популяционной профилактики, а зачастую без медико-биологического обоснования состава и заявленных свойств. В то же время ориентация на запросы общества и потребителей – это стратегическая основа управления качеством. Поэтому руководством ООО «Пятигорский молочный комбинат» было принято решение о целесообразности разработки и внедрения в промышленное производство специализированного кисломолочного продукта, предназначенного для нутритивной поддержки взрослого населения после перенесенных острых респираторных заболеваний.

Основная часть. Пятигорский молочный комбинат – одно из крупнейших предприятий по переработке молока в Ставропольском крае. Мощность завода составляет 350 т молока в сутки. На предприятии установлено современное оборудование «TetraPak» и внедрены уникальные технологические решения,

повышающие конкурентоспособность молочного комбината и выпускаемой продукции.

Однако СПП является усложненной и более совершенной по многим показателям качества продукцией, требования к которой строго регламентированы [5–7]. Во-первых, это видоизмененные, в сравнении с традиционными продуктами, состав и пищевая ценность. Во-вторых, наличие и подтверждение заявленных свойств продукта, что требует доказательных материалов об эффективности СПП.

Для достижения заданных характеристик качества разрабатываемого продукта руководством предприятия был разработан и применен алгоритм действий, объединяющий теоретический, экспериментальный, аналитический и другие этапы, представленные в таблице.

На первом этапе разработано медико-биологическое обоснование состава нового продукта, согласно которому в качестве основы рекомендовано использовать низкожирное молочное сырье. Перечень ФПИ должен включать широкий спектр витаминов, магний, цинк, инулин и несколько биологически активных веществ, а готовый продукт должен быть источником живых молочнокислых микроорганизмов и бифидобактерий. В соответствии с медико-биологическим обоснованием, и, учитывая потоки сырья на комбинате, было принято решение об использовании пахты для изготовления продукта. Массовую долю белка и сухих веществ в продукте повышали сухим обезжиренным молоком до 5,0 и 16,2 % соответственно.

**Содержание основных этапов создания
специализированного кисломолочного продукта «Ковиталакт»**

Этап	Содержание этапа
Теоретический	Медико-биологическое обоснование состава продукта. Выбор молочного сырья и функциональных пищевых ингредиентов
Экспериментальный	Исследование технологической и органолептической совместимости основного сырья и функциональных пищевых ингредиентов. Определение физико-химических показателей продукта
Аналитический	Анализ пищевой и энергетической ценности продукта. Разработка рецептуры и технологии продукта. Подготовка комплекта нормативной документации
Прикладной	Выработка опытной партии продукта. Исследование соответствия санитарно-химических и микробиологических показателей специализированного кисломолочного продукта требованиям действующих нормативных документов. Клинические испытания разработанного продукта. Подтверждение соответствия продукта

На этапе экспериментальных исследований установлены рациональные количества ингредиентов в рецептуре таким образом, чтобы соблюдались требования о наличии функциональных свойств СПП согласно действующим нормативным документам [7, 8]. При этом, во-первых, исследована органо-

лептическая совместимость ФПИ с молочным сырьем. Во-вторых, стандартными физико-химическими методами с учетом принципов пищевой комбинаторики изучена технологическая совместимость ФПИ с молочным сырьем. В результате из допустимого перечня форм минеральных веществ, разрешенных в производстве СПП диетического лечебного и диетического профилактического назначения, выбраны цитраты магния и цинка. Эти соли, а также таурин, хорошо растворялись в смеси пахты с СОМ, не изменяли кислотность и вязкость молочного сырья. Из доступного перечня пищевых волокон выбран инулин, поскольку в изучаемом диапазоне 0,4–4,0 % от массы исследуемого сырья, он растворялся без осадка и не влиял на органолептические показатели смеси пахты с СОМ. Установлено, что по показателям безопасности количество использованного витаминного премикса (А, D, E, B₁, B₂, B₆, B₉, B₁₂, пантотеновая кислота, биотин, ниацин, аскорбиновая кислота) не может превышать 0,1 % от массы продукта. В противном случае для ряда витаминов может быть превышен верхний допустимый уровень суточного потребления [9].

Для сквашивания смеси пахты с СОМ и добавленным набором ФПИ использовали комбинированную закваску из молочнокислых микроорганизмов и бифидобактерий. В результате получали продукт сливочно-белого цвета с однородной консистенцией. Вкус и запах продукта были чистыми, кисло-молочными, без посторонних привкусов и запахов. При этом установлена хорошая выживаемость микроорганизмов закваски. Численность молочнокислых микроорганизмов составляла от $1 \cdot 10^7$ до $1 \cdot 10^8$ КОЕ/г, а бифидобактерий – не менее $1 \cdot 10^7$ КОЕ/г. Такие микробиологические показатели удовлетворяют понятию «пробиотический» [10].

Далее для утвержденной рецептуры экспериментальным путем установлены основные технологические режимы производства и разработан проект нормативной документации на производство специализированного продукта, включающий технические условия и технологическую инструкцию.

Промышленно выработанные по нормативной документации образцы продукта прошли исследование в аккредитованном испытательном центре на содержание биологически активных веществ, показателей микробиологической и гигиенической безопасности. После подтверждения на соответствие требованиям технических регламентов Таможенного союза [5, 10] и положительного заключения образцы были направлены для оценки эффективности при диетической коррекции в клинических условиях.

В исследовании эффективности специализированного кисломолочного продукта приняли участие 34 человека, среди них: мужчины ($n = 5$) и женщины ($n = 29$) в возрасте от 18 до 80 лет после перенесенной коронавирусной инфекции. Вкус продукта был хорошо оценен пациентами. Средний органолептический показатель продукта по пятибалльной шкале составил 4,6 балла.

В результате оценки динамики клинико-метаболических показателей пациентов на фоне приема специализированного кисломолочного продукта установлено, что биопродукт кисломолочный «Ковиталакт» эффективен для по-

вышения адаптационного потенциала организма в процессе восстановления после перенесенных острых респираторных заболеваний, включая COVID-19.

На основании исследования клинической эффективности продукта, в Федеральной службе по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека на продукт выдано Свидетельство о государственной регистрации.

Заключение. Создание СПП, в отличие от традиционных продуктов, требует от руководства предприятия и всего персонала дополнительных организационных, научно-исследовательских, технических, экономических мероприятий. Только компетентная выработка управляющих решений и поэтапная их реализация, начиная с аналитико-теоретического этапа, и, заканчивая постановкой продукта на производство, позволили успешно справиться с поставленной задачей – созданием специализированного кисломолочного продукта. Высокая квалификация персонала, передовые технологии и полноценная материальная база предприятия служат основой качества и безопасности специализированного кисломолочного продукта «Ковиталакт».

Список использованных источников

1. Laviano, A. Nutrition support in the time of SARS-CoV-2 (COVID-19) [Electronic resource] / A. Laviano, A. Koverech, M. Zanetti // National Library of Medicine : Nutrition, 2020. – № 74. – P. 110834. – Mode of access: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7132492/>. – Date of access: 15.08.2024.
2. Nutritional recommendations for CoVID-19 quarantine / G. Muscogiuri [et al.] // Eur. J. Clin. Nutr., 2020. – № 74. – P. 850-1. doi:10.1038/s41430-020-0635-2
3. Дисбиоз (дисбактериоз) кишечника: современное состояние проблемы, комплексная диагностика и лечебная коррекция // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология / М. Д. Ардатская [и др.]. – 2015. – № 5. – С. 13–50.
4. Adak, A. An insight into gut microbiota and its functionalities / A. Adak, M. R. Khan // Cell. Mol. Life Sci, 2019. – Vol. 76, № 3. – P. 473–493. doi:10.1007/s00018-018-2943-4
5. О безопасности пищевой продукции [Электронный ресурс] : ТР ТС 021/2011 : принят 09.12.2011 : вступ. в силу 01.07.2013 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/902320560>. – Дата доступа: 25.07.2024.
6. О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического лечебного и диетического профилактического питания : ТР ТС 027/2012 : принят 15.06.2012 : вступ. в силу 01.07.2013 / Евраз. экон. комис. – М., 2012. – 21 с.
7. Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к продукции (товарам), подлежащей санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю) [Электронный ресурс] : утв. решением Комиссии Таможенного союза, 28 мая 2010 г., № 299 // Консультант-Плюс. Россия / ЗАО «Консультант Плюс». – М., 2010.
8. Пищевая продукция в части ее маркировки [Электронный ресурс] : ТР ТС 022/2011 : утв. решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. № 881 : вступ. в силу 01.07.2013 / Евраз. экон. комис. – Режим доступа: <http://www.eurasiancommission.org/ru/act/techreg/deptexreg/tr/Documents/TrTsPishevkaMarkirovka.pdf>. – Дата доступа: 27.06.2024.
9. Обоснование количества витаминного премикса в составе специализированной молочной продукции / А. Л. Новокшанова [и др.] // Молочнохозяйственный вестник. – 2024. – № 1 (53). – С. 184–194. doi:10.52231/2225-4269_2024_1_184
10. О безопасности молока и молочной продукции [Электронный ресурс] : ТР ТС 033/2013 : принят 09.10.2013 : вступ. в силу 01.05.2014 / Евраз. экон. комис. – Режим доступа: <https://ees.eaeunion.org/commission/departement/deptexreg/tr/tr-ts-033.php>. – Дата доступа: 17.07.2024.

УДК 637.524.5

**А. А. Семенова, доктор технических наук, профессор;
В. А. Пчёлкина, кандидат технических наук;
А. С. Дыдыкин, доктор технических наук;
Н. М. Ревуцкая, кандидат технических наук**

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр пищевых систем имени В. М. Горбатова» Российской академии наук,
г. Москва, Российская Федерация*

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МРАМОРНОСТИ СВИНИНЫ НА ОСНОВЕ ДВУХ МЕТОДОВ

Аннотация. Мраморность служит основным критерием качества мяса. Степень мраморности определяется количеством жировых включений, распределенных внутри мышечных волокон. Применение современных компьютерных программ позволяет проводить объективную оценку мраморности мяса.

Целью данного исследования являлось определение содержания внутримышечного жира в образцах свинины с помощью программ анализа изображений («AxioVision 4.7.1.0», ImageJ) и гистологического анализа.

Результаты исследования показали, что значения площади жировых включений (%), полученные с помощью программ анализа изображений, не имели достоверных различий ($P < 0,05$) и коррелировали с данными гистологического анализа.

Ключевые слова: мраморность, количественная оценка, свинина, длиннейшая мышца спины (*m. L. dorsi*), «мышечный глазок», гистологический метод, анализ фотографии.

**A. A. Semenova, Doctor of Technical Sciences, Professor;
V. A. Pchelkina, Candidate of Technical Sciences;
A. S. Dydykin, Doctor of Technical Sciences;
N. M. Revutskaya, Candidate of Technical Sciences**

*Federal State Budgetary Scientific Institution "V. M. Gorbatov Federal Scientific Center for Food Systems" of the Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russian Federation*

COMPARATIVE STUDY OF PORK MARBLING BASED ON TWO METHODS

Abstract. Marbling is a major criterion of the meat quality. The marbling degree is determined of fat distributed within the muscle fiber of meat. The use of modern computer programs allows for an objective assessment of the marbling of meat. The purpose of this study was to determine the intramuscular fat content in pork samples using image analysis programs ("AxioVision 4.7.1.0", ImageJ) and histological analysis. The results of the study showed that the values of the area of fat inclusions (%) obtained from image analysis programs had no significant differences ($P < 0,05$) and correlated with the histological analysis data.

Keywords: marbling, quantitative assessment, pork, longissimus dorsi muscle (*m. L. dorsi*), "muscle eye", histological method, photo analysis.

Введение. Качество мяса имеет не приходящее значение для потребителя. В отношении каждого вида мяса у потребителей в разных странах формируются представления о предпочтительных атрибутах качества при покупке – внешнем виде, цвете и мраморности [1]. Вариативность характеристик мяса и изучение потребительского спроса к мясу разного качества привели к тому, что во многих странах разработаны шкалы и эталоны для визуальной оценки цвета жира и мраморности мышечной ткани [2, 3].

Мраморность мяса является уникальной характеристикой, так как общеизвестно, что между степенью ее выраженности и оценками вкуса, аромата, сочности, консистенции существует непосредственная взаимосвязь. Чем выше мраморность, тем выше общая потребительская оценка кулинарно-приготовленного мяса [4].

Первоначально наибольшее коммерческое значение оценка мраморности имела при определении качества говядины. В отношении свинины долгое время основной задачей по улучшению ее качества считалось снижение ее жирности. Однако постная свинина с низким содержанием внутримышечного жира не находила достаточного спроса у покупателей [5].

В последние годы произошел пересмотр взглядов в отношении качества свинины. Свинина с хорошо выраженной мраморностью стала более интересным объектом для продаж. Одновременно у производителей свинины и торговых сетей появилась заинтересованность в объективизации подходов к оценке мраморности [6]. В отношении говядины, несмотря на развитие инструментальных методов, до сих пор продолжает использоваться в качестве наиболее распространенного метода визуальная оценка мраморности на основе сравнения с эталонными изображениями, различающимися по степени выраженности жировых включений в мышечной ткани [7]. Заинтересованность различных организаций в применении объективных методов оценки мраморности свинины объясняется двумя основными факторами. Во-первых, потребление свинины в значительной мере превалирует над потреблением говядины, а, следовательно, оценка требуется для гораздо больших количества и объемов партий. Во-вторых, цвет свинины, в отличие от говядины, характеризуется высокими значениями светлоты, поэтому при оценке выраженности жировых включений на менее контрастном фоне мышечной ткани субъективность мнений экспертов может возрастать.

В настоящее время для оценки мраморности свинины предложены различные инструментальные методы. Большинство исследователей отмечают перспективность спектральных методов с последующим использованием компьютерной оценки полученных изображений. Однако такие системы являются дорогостоящими, требуют большой работы по калибровке и часто показывают лучшие результаты на усредненных объектах (фарше), а не на мышечной ткани [7].

В основе представленного ниже исследования лежит использование для оценки мраморности свинины компьютерного анализа изображений, по-

лученных с помощью средств фотографирования. При этом в качестве контрольного метода был применен гистологический анализ.

Материалы и методы исследования. Из охлажденных свиных полутуш ($n = 15$), полученных в результате убоя чистопородных (1-я группа, $n = 5$) и гибридных (2-я и 3-я группы, $n = 5$ в каждой группе) свиней с ожидавшейся разной степенью мраморности, выделяли спинно-поясничный отруб на кости по ГОСТ 31778-2012 «Разделка свинины на отрубы. Технические условия». Затем отруб обваливали, из бескостного мяса выделяли длинейшую мышцу спины (*m. L. dorsi*). Каждую мышцу разрезали на две равные части. От линии разреза отрезали от каждой части по три образца в виде стейка толщиной (30 ± 2) мм. Три образца от одной части использовали для фотографирования, от другой части – для гистологических исследований.

Установление степени мраморности по оптическим изображениям «мышечного глазка» проводили следующим образом. Вначале фотографировали «мышечный глазок» образцов с использованием цифрового фотоаппарата Nikon (Nikon Corporation, Япония). Для исключения бликов от освещения фотографирование образцов проводили на темном фоне, исключая блики от естественного/искусственного освещения, с двух сторон в трех повторах. Общее количество изображений, выполненных с одного образца, составляло 18 штук. Далее все изображения проходили предварительную обработку, включавшую коррекцию яркости, контрастности и насыщенности для лучшей визуализации и дифференциации жировых включений.

Определение мраморности (подсчет количества жировых включений в % от площади всего мышечного глазка) проводили с использованием двух программ анализа изображений «AxioVision 4.7.1.0» и ImageJ. Программа анализа изображений «AxioVision 4.7.1.0» (Carl Zeiss, Германия) является частью системы анализа изображений и разработана для микроскопов AxioImager от Carl Zeiss. Пакет программ ImageJ (Fiji) (Национальный институт здоровья, США) выступает универсальным стандартом средств анализа и обработки цифровых изображений во всем мире из-за свободного распространения, открытого кода и хорошей технической поддержки. Дистрибутивы ImageJ находятся в свободном доступе (<https://imagej.net/download.html>).

Полученные фотографии мышечных глазков предварительно обрабатывали в фоторедакторе, корректируя яркость, контрастность и насыщенность для лучшей дифференциации жировых включений («белые» области) от окружающей мышечной ткани («розовые» области) (рис. 1).

При последующей обработке в программе AxioVision 4.7.1.0. выделяли элементы изображения для интерактивного анализа (рис. 2), при котором определяли в автоматическом режиме площадь «мышечного глазка» и площадь выделенных включений (в % от площади «мышечного глазка»).

При работе в программе ImageJ (рис. 3) последовательно выделяли область «мышечного глазка», переводили изображения в цветовую модель RGB (красный, зеленый, голубой), выделяли на изображении «мышечного глазка» обла-

сти, соответствующие «белым» участкам, проводили интерактивный расчет площадей анализируемых элементов изображения и переносили результаты расчета в файл Excel для дальнейшей работы.

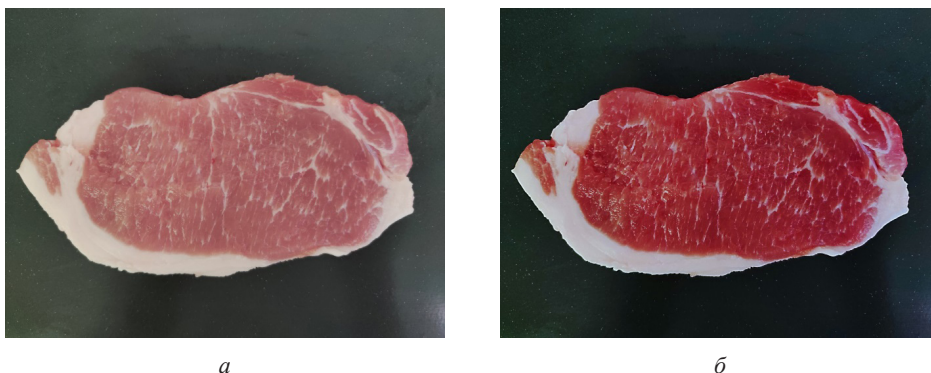


Рис. 1. Изображения «мышечного глазка» (*m. L. dorsi*) до (а) и после (б) предварительной обработки

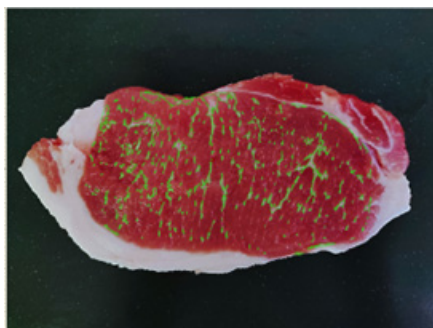


Рис. 2 Выделение требуемых элементов на изображении для определения содержания жировых включений в % от площади «мышечного глазка» в программе AxioVision 4.7.1.0.

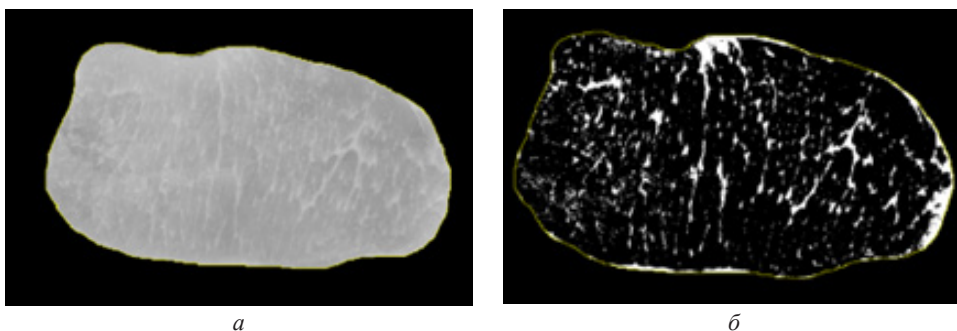


Рис. 3. Обработка изображения в программе ImageJ: а – изображение после выделения «мышечного глазка» и перевода в цветовую модель RGB; б – изображение после выделения областей, соответствующих «белым» участкам (пороговые значения для выделения от 80–100 до 255)

Гистологический анализ проводили в соответствии с ГОСТ 19496-2013 «Мясо и мясные продукты. Метод гистологического исследования» и ГОСТ 34989-2023 «Мясо и мясные продукты. Общие требования и порядок проведения идентификации состава гистологическим методом». В процессе пробоподготовки из каждого стейка, выделенного из *m. L. dorsi* для гистологических исследований, отбирали образец (30 × 30 × 30) мм, учитывая ориентацию мышечных волокон (поперечную и продольную). Отобранные образцы подвергали фиксации, промывке, уплотнению, затем изготавливали срезы, проводили их окрашивание и заключали под покровное стекло.

Для фиксации образцы помещали в 10%-й нейтральный забуференный раствор формалина, взятый в десятикратном объеме к объему фиксируемых образцов, и плотно закупоривали. Время фиксации при комнатной температуре (21 °C) составило 72 ч. По завершении фиксации образцы были равномерно уплотненными и имели одинаковый вид как с поверхности, так и на свежем разрезе.

Фиксированные образцы помещали в колбу и через вставленную стеклянную воронку промывали холодной проточной водой в течение 15 мин. Затем из фиксированных образцов вырезали кусочки размером (15 × 15 × 4) мм (в количестве трех штук с продольной и поперечной ориентацией мышечных волокон) и пропитывали последовательно в 12,5%-м растворе желатина в течение 6 ч и в 25 %-м растворе желатина в течение 12 ч в термостате при температуре 37 °C. Всего для дальнейшей работы было изготовлено 18 кусочков с одного образца мышцы (*m. L. dorsi*).

После пропитки кусочки помещали на замораживающих столиках в камеру микротом-криостата «MIKROM-HM525» (Thermo Scientific, США) с температурой 20 °C и замораживали в течение 15 мин. Далее изготавливали с каждого кусочка по три среза толщиной 14 мкм с интервалом 150 мкм с поперечной ориентацией мышечных волокон для окрашивания на жир. Срезы монтировали на предметные стекла, окрашивали и заключали под покровное стекло. Для окрашивания на жир срезы промывали 60%-м изопропанолом, инкубировали в 0,5%-м растворе Oil Red O в течение 10 мин и снова промывали последовательно 60%-м изопропанолом и дистиллированной водой. Для заключения окрашенных срезов под покровное стекло применяли глицерин-желатин.

Подготовленные гистологические препараты рассматривали под биологическим бинокулярным световым микроскопом «AxioImaiger A1» (Carl Zeiss, Германия) с фотовидеовыходом и подключенной видеокамерой «AxioCam MRc 5» (Carl Zeiss, Германия), используя сначала обзорный 10-кратный план-объектив, а затем 20- и 40-кратный объективы. Окуляры применяли с 10-кратным увеличением. Площадь жировых включений определяли с применением программы анализа изображений AxioVision 4.7.1.0. Подсчитывали площадь окрашенных жировых клеток на участке среза, равном 1 см², далее значение переводили в %.

Статистический анализ экспериментальных данных осуществляли в Excel, а также при помощи программного обеспечения Statistica 10.0. Количественные данные представлены в виде средних арифметических ($\bar{x}$) и стандартных отклонений ($\pm SD$).

Результаты и их обсуждение. Репрезентативные фотографии поперечного разреза *m. L. dorsi* от трех групп животных представлены на рис. 4, репрезентативные фотографии гистологических срезов – на рис. 5.

Как видно из рис. 4 и 5, образцы *m. L. dorsi* визуально отличались по степени выраженности мраморности мышечной ткани и по содержанию внутримышечного жира.

Результаты подсчета количества жировых включений в двух программах анализа изображений и на гистологических срезах приведены в таблице.

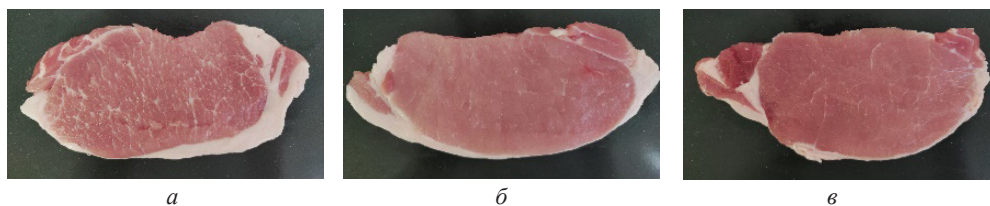


Рис. 4. Репрезентативные фотографии поперечного разреза *m. L. dorsi*:
а – группа 1; б – группа 2; в – группа 3

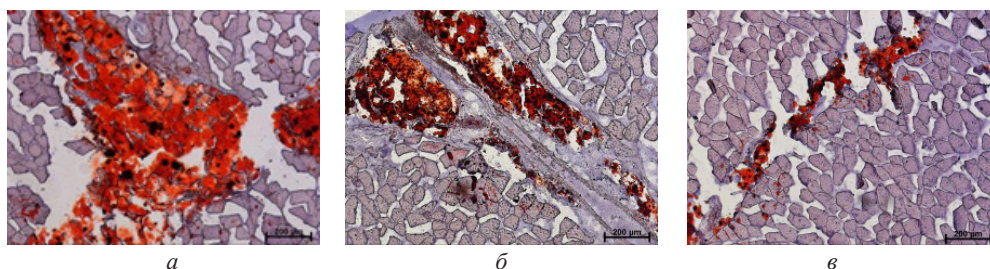


Рис. 5. Репрезентативные фотографии гистологических срезов *m. L. dorsi*:
а – группа 1; б – группа 2; в – группа 3 ($\times 340$)

Площадь жировых включений на поперечном срезе *m. L. dorsi* («мышечный глазок»)

Метод/программа	Жировые включения, % ($\bar{x} \pm SD$) к площади «мышечного глазка», в исследованных образцах, полученных от трех групп животных					
	1	2	3	4	5	Среднее значение
Группа 1						
Обработка фотографий/ AxioVision	11,56 ± 2,08	15,56 ± 2,19	14,45 ± 0,87	14,35 ± 3,99	13,78 ± 0,79	13,94 ± 2,66
Обработка фотографий/ ImageJ	12,67 ± 1,24	14,16 ± 0,93	13,89 ± 1,11	13,48 ± 0,82	13,61 ± 1,22	13,56 ± 1,19
Гистологический/ AxioVision	8,60 ± 2.20	11,80 ± 0.60	9,20 ± 1.60	10,70 ± 2.70	9,90 ± 1.90	10,00 ± 2.20

Окончание табл.

Метод/программа	Жировые включения, % ($\bar{x} \pm SD$) к площади «мышечного глазка», в исследованных образцах, полученных от трех групп животных					
	1	2	3	4	5	Среднее значение
<i>Группа 2</i>						
Обработка фотографий/ AxioVision	3,79 ± 0,93	3,69 ± 0,31	4,25 ± 0,28	5,43 ± 0,33	5,13 ± 0,36	4,46 ± 0,87
Обработка фотографий/ ImageJ	3,89 ± 0,37	3,59 ± 0,85	3,67 ± 0,78	5,34 ± 0,66	4,99 ± 0,54	4,29 ± 0,98
Гистологический/ AxioVision	2,30 ± 0,50	2,90 ± 0,40	3,40 ± 0,40	4,40 ± 0,20	4,00 ± 0,50	3,40 ± 0,80
<i>Группа 3</i>						
Обработка фотографий/ AxioVision	3,47 ± 0,37	3,46 ± 0,32	3,55 ± 0,27	3,46 ± 0,32	3,56 ± 0,20	3,50 ± 0,31
Обработка фотографий/ ImageJ	3,38 ± 0,24	3,38 ± 0,39	3,43 ± 0,54	3,70 ± 0,53	3,56 ± 0,74	3,49 ± 0,53
Гистологический/ AxioVision	2,00 ± 1,30	2,20 ± 0,80	2,20 ± 0,10	1,90 ± 0,30	2,20 ± 0,70	2,10 ± 0,80

Как видно из таблицы, обработка фотографий в двух программах – AxioVision и ImageJ дала очень близкие результаты по определению площади жировых включений, не имевшие достоверных различий ($p < 0,05$). Данные гистологического анализа достоверно ($p > 0,05$) отличались от результатов анализа фотографий, полученных для группы 1 и группы 3, соответственно, представлявших образцы с максимальной и минимальной степенью мраморности. Тем не менее была установлена высокая степень корреляции между результатами, полученными двумя методами анализа фотографий и гистологическим методом (значения r , соответственно, составили 0,997 и 0,996).

Некоторые различия в полученных результатах при расчете площади жировых включений в двух программах могли быть связаны с разными алгоритмами предварительной обработки изображений (выделением областей анализа). Однако, несмотря на это, результаты были очень близки, различия незначительны, соответственно, обе программы могут быть рекомендованы для целей количественного определения степени мраморности по фотографии «мышечного глазка».

Применение программы ImageJ было оценено как наиболее оптимальное по времени анализа и трудозатратам. Ранее программа ImageJ была успешно применена для оценки мраморности говядины по фотографическим изображениям. Было показано, что результаты оценки мраморности говядины с использованием этой программы хорошо коррелировали с химическим содержанием внутримышечного жира [8]. Аналогичные результаты были получены и на свинине [9].

Проведенное исследование российской свинины показало, что программа ImageJ может быть рекомендована для поточной оценки мраморности свиной *m. L. dorsi* по фотографическим изображениям среза, в том числе в производственных лабораториях.

В данном исследовании дополнительно была установлена тесная корреляция с данными гистологического анализа. При использовании гистологического анализа площадь жировых включений оценивалась в меньших значениях, чем по фотографическим изображениям, на 21–40 %. Это различие объясняется тем, что гистологическим красителем окрашивается непосредственно жировая капля в клеточной структуре. Однако высокая корреляция между значениями, полученными по микро- и макроизображениям, свидетельствует о том, что гистологический метод может быть использован в качестве арбитражного стандартного метода.

Заключение. В результате проведенных исследований мраморности свинины установлена высокая корреляция между программами анализа изображений и гистологическим методом (значения r , соответственно, составили 0,997 и 0,996). Полученные данные позволят в дальнейшем разработать комплексную систему определения мраморности свинины, адаптированную к программе производственного контроля, действующей на предприятии.

Данная система повысит объективность оценки, что обеспечит потребительские ожидания в отношении мраморной свинины. Отработана методика определения степени мраморности *m. L. dorsi* свинины по оптическим изображениям с использованием программы анализа изображений ImageJ.

При определении степени мраморности по оптическим изображениям был установлен диапазон изменений степени мраморности для *m. L. dorsi*, полученных от чистопородных и гибридных животных: доля жировых включений составила – от 3 до 13 %. Результаты этой работы также могут быть полезны для целей разработки шкалы мраморности свинины российского производства.

Список использованных источников

1. Understanding the main factors that influence consumer quality perception and attitude towards meat and processed meat products / P. D. de Araújo [et al.] // Meat Science. – 2022. – Vol. 193. – P. 108952. doi:10.1016/j.meatsci.2022.108952
2. Are Marbling and the Prediction of Beef Eating Quality Affected by Different Grading Sites? / J. Liu [et al.] // Front. Vet. Sci. – 2021. – Vol. 8. – P. 611153. doi:10.3389/fvets.2021.611153
3. MSNet: Marbling score estimation network for automated assessment of Korean beef / H. J. Lee [et al.] // Meat Science. – 2022. – Vol. 188. – P. 108784. doi:10.1016/j.meatsci.2022.108784
4. Effects of marbling on physical and sensory characteristics of ribeye steaks from four different cattle breeds / N. N. Shahrai // Anim. Biosci. – 2021. – Vol. 34 (5). – P. 904–913. doi:10.5713/ajas.20.0201
5. Jaworska, D. The effect of selected factors on sensory quality of pork / D. Jaworska, W. Przybylski // Żywność Nauka Technologia Jakość. – 2014. – Vol. 21, № 5 (96). – P. 21–35. doi:10.15193/ZNTJ/2014/96/021-035
6. Marbling-Net: A Novel Intelligent Framework for Pork Marbling Segmentation Using Images from Smartphones / S. Zhang // Sensors. – 2023. – Vol. 23, № 11. – P. 5135. doi:10.3390/s23115135
7. Marbling analysis for evaluating meat quality: Methods and techniques / W. Cheng // Compr. Rev. Food Sci. Food Saf. – 2015. – Vol. 14. – P. 523–535. doi:10.1111/1541-4337.12149
8. Assessment of muscle Longissimus thoracis et lumborum marbling by image analysis and relationships between meat quality parameters / E. Giaretta [et al.] // PLOS ONE. – 2018. – Vol. 13 (8). – P. e0202535. doi:10.1371/journal.pone.0202535
9. An image analysis approach to identification and measurement of marbling in the intact pork loin / B. Uttaro [et al.] // Meat Science. – 2021. – Vol. 179. – P. 108549. doi:10.1016/j.meatsci.2021.108549

Н. Б. Кондратьев, доктор технических наук

*Всероссийский научно-исследовательский институт кондитерской промышленности – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр пищевых систем имени В. М. Горбатова» Российской академии наук,
г. Москва, Российская Федерация*

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА СОХРАННОСТИ ШОКОЛАДНЫХ КОНФЕТ

Аннотация. Рассмотрено влияние различных факторов на скорость процессов влагопереноса и миграции жиров. Изучены процессы миграции жира и влаги в процессе хранения конфет с фруктовой начинкой и начинкой из массы пралине / типа пралине, упакованных в полипропиленовую пленку с различной толщиной, при различных температурах. С помощью полученных математических зависимостей стало возможным прогнозирование изменения массовой доли влаги и состава жировой фракции в процессе хранения конфет с начинками в зависимости от температуры хранения, наличия модифицированного крахмала с влагоудерживающими свойствами, состава жировой фракции частей конфет, толщины полипропиленовой упаковки. На основании анализа результатов исследований обозначены направления прогнозирования срока годности шоколадных конфет с начинками.

Ключевые слова: шоколад, конфеты, начинка, миграция жира, миграция влаги.

N. B. Kondratyev, Doctor of Technical Sciences

*All-Russian Scientific Research Institute of Confectionery Industry – Branch of V. M. Gorbатов
Federal Research Center for Food Systems of RAS,
Moscow, Russian Federation*

COMPREHENSIVE VALUATION OF THE PRESERVATION PERFORMANCE OF CHOCOLATE CONFECTIONERY

Abstract. The influence of various factors on the rate of moisture transfer and fat migration processes is considered. The processes of fat and moisture migration during storage of candies with fruit filling and praline/praline-type filling, packed in polypropylene film of different thickness, at different temperatures are studied. The obtained mathematical dependencies allow predicting changes in the mass fraction of moisture and the composition of the fat fraction during storage of candies with fillings depending on the storage temperature, the presence of modified starch with moisture-retaining properties, the composition of the fat fraction of candy parts, and the thickness of the polypropylene packaging. The obtained results allow predicting the shelf life of chocolate candies with fillings.

Keywords: chocolate, sweets, filling, fat migration, moisture migration.

Введение. Шоколадные конфеты пользуются высоким спросом у потребителей, однако их срок годности ограничен процессами миграции влаги и жиров. Потеря влаги в конфетах с фруктовой начинкой приводит к деформации

изделий, а миграция жира приводит к осветлению и размягчению поверхности. При этом на поверхности возможно образование белого налета или сахарного или жирового «поседения».

В процессе миграции жиров или влаги между частями шоколадных изделий также может возникать сахарное или жировое «поседение» поверхности. Жировое поседение шоколада обусловлено переходом нестабильных форм масла какао в стабильную кристаллическую на поверхности шоколадных изделий [1].

Для изучения механизма жирового поседения шоколада исследованы процессы миграции масла в многокомпонентных пищевых системах, содержащих какао-масло. С помощью микрофокусной рентгенографии установлено, что масло сначала мигрирует через поры изделий, вероятно, под действием капиллярного давления. Затем происходит химическая миграция через жировую фазу, вызывающая размягчение поверхности.

При высокой влажности воздуха выявлено увеличение содержания жира и снижение содержания сахара на поверхности, образуются «поры», которые позволяют жиру проникать на поверхность [2, 3].

Движение жидкого масла через твердую матрицу зависит не только от концентрации частиц, но и от геометрии дисперсной фазы, формы частиц, размера и их распределения, и смоделировано с помощью уравнений диффузии Фика [4].

Важным фактором миграции жира является удельная площадь поверхности частиц. Исследовано три варианта шоколадной глазури с размером частиц 15, 22 и 40 мкм. Установлено, что образцы конфет пралине с размером частиц 15 мкм обеспечивают более высокую скорость миграции жира и, соответственно, высокую скорость образования жирового поседения по сравнению с образцами с большим размером частиц [5].

Температура хранения является одним из важных факторов миграции жиров в глазированные сахаристых кондитерских изделиях [6].

Исследованы процессы миграции арахисового масла в системах: арахисовое масло / какао-масло; паста из арахисового масла / какао-масло; паста из арахисового масла / шоколад. Коэффициент диффузии варьировался от 1,10 до $2,01 \times (10-13) \text{ м}^2/\text{с}$ [7].

Процессы миграции жиров могут оказывать влияние на изменения реологических характеристик в процессе хранения глазированных конфет [8, 9].

На сохранность шоколадных конфет с начинками оказывают влияние различные факторы, такие как химический состав частей изделий, температура хранения, упаковочные материалы и др.

Целью данной работы было установить закономерности, позволяющие прогнозировать изменения массовой доли влаги, состава жировой фракции в процессе хранения конфет и влияющие на срок годности.

Материалы и методы исследования. Объектами исследования являлись шоколадные конфеты с фруктовыми начинками и с начинками на основе мас-

сы пралине / типа пралине с корпусами из темного шоколада. Массовая доля фруктовой начинки составила 54 %, на основе массы пралине / типа пралине – 46 % от массы изделия. Фруктовая начинка изготовлена на основе модифицированных крахмалов E1442 (гидроксипропилдикрахмалфосфат), E1412 (дикрахмалфосфат, кукурузный), E1412 (дикрахмалфосфат, картофельный). Для изготовления начинок пралине / типа пралине использованы фундук, миндаль, кешью, арахис. Массовая доля жира в соответствии с ГОСТ Р 53041-2008 «Изделия кондитерские и полуфабрикаты кондитерского производства. Термины и определения» составила 50,2 %, в том числе 25,6 % орехового.

В качестве отделяемой части использованы шоколад темный с содержанием общего сухого остатка какао 54 %. Шоколадные части были отлиты в поликарбонатные формы с размером ячеек (11 × 11 × 12) мм. Толщина шоколада составила 2 мм, толщина донышка – 3 мм. Конфеты упакованы в полипропиленовую пленку (коэффициент паропроницаемости – $340 \text{ см}^3 \times \text{см}/\text{м}^2 \times \text{сут} \times \text{атм}$) и заложены на хранение при температурах 18 и 28 °C.

Рабочие рецептуры модельных образцов шоколадных конфет с фруктовой начинкой рассчитаны в соответствии с ГОСТ 4570-2014 «Конфеты. Общие технические условия». Образцы шоколадных конфет с фруктовой начинкой изготовлены с использованием разработанных рецептур с фруктовой начинкой с использованием модифицированных крахмалов E1412 (кукурузный), E1412 (картофельный) и с начинкой пралине на основе орехов и арахиса (рис. 1).

Рабочие рецептуры образцов конфет с начинками рассчитаны в соответствии с ГОСТ 4570-2014 «Конфеты. Общие технические условия».

Массовая доля влаги измерена по ГОСТ 5900-2014 «Изделия кондитерские. Методы определения массовой доли влаги и сухих веществ».

Активность воды определена по ГОСТ ISO 21807-2015 «Микробиология пищевой продукции и кормов (AquaLab 3TE, США).

Жирнокислотный состав определен по ГОСТ Р 54686-2011 «Изделия кондитерские. Метод определения массовой доли насыщенных жирных кислот» (Shimadzu GC-2010, Япония).

Хранение образцов шоколадных конфет проведено в климатической камере («Climacell 404», Чехия), термостате («Sanyo Mir 262», Япония) при температурах 18 и 28 °C, относительной влажности воздуха 40 и 50 %.

Математическая обработка проведена с использованием программы Excel 2019.



Рис. 1. Образцы конфет с фруктовой начинкой и пралине

Результаты и их обсуждение. Исследовано влияние различных видов модифицированного крахмала в составе фруктовой начинки на направление и скорость процессов влагопереноса в конфетах, упакованных в полипропиленовую пленку с толщиной 20 мкм, в процессе хранения при температуре 18 °С (рис. 2).

При хранении образцов конфет с фруктовыми начинками происходит миграция влаги из начинки через корпус конфет в атмосферу над изделием и затем через полипропиленовую пленку в окружающую среду. Математические зависимости для образцов шоколадных конфет с фруктовой начинкой позволяют рассчитать массовую долю влаги изделий (W , %) в заданный момент хранения (τ , нед.):

$$\text{Контроль} \quad W = -0,088 \tau + 14,06 \quad (R^2 = 0,96);$$

$$\text{E1412 (картофельный)} \quad W = -0,045 \tau + 13,91 \quad (R^2 = 0,96);$$

$$\text{E1412 (кукурузный)} \quad W = -0,238 \tau + 12,75 \quad (R^2 = 0,81);$$

$$\text{E1442} \quad W = -0,033 \tau + 12,46 \quad (R^2 = 0,96).$$

Наименьшая скорость влагопереноса, характеризующаяся минимальным углом наклона зависимости массовой доли влаги от длительности хранения, выявлена у конфет с начинками на основе гидроксипропилдикрахмалфосфата E1442 и дикрахмалфосфата E1412 (картофельный), а наибольшая – для конфет с начинкой, изготовленной без крахмалов.

Например, массовая доля влаги конфет с начинкой, изготовленной на основе модифицированного крахмала E1412 (картофельный), составит после 10 недель хранения:

$$W = -0,045 \tau \times 10 + 13,91 = -0,45 + 13,91 = 13,5 \text{ (\%)}.$$

Активность воды при хранении шоколадных конфет находилась в диапазоне от 0,57 до 0,79 (рис. 3).

Активность воды при хранении контрольного образца конфет незначительно уменьшилась, в то время как для конфет с фруктовыми начинками,

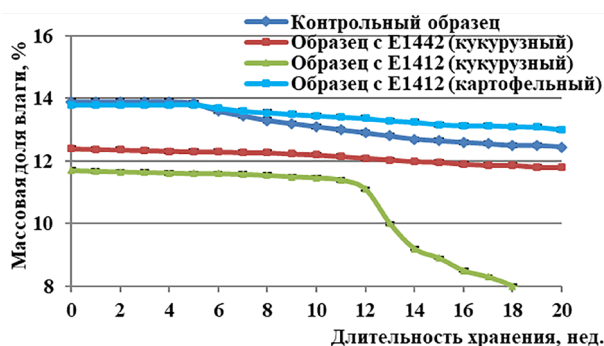


Рис. 2. Массовая доля влаги конфет с фруктовыми начинками, изготовленными на основе модифицированных крахмалов

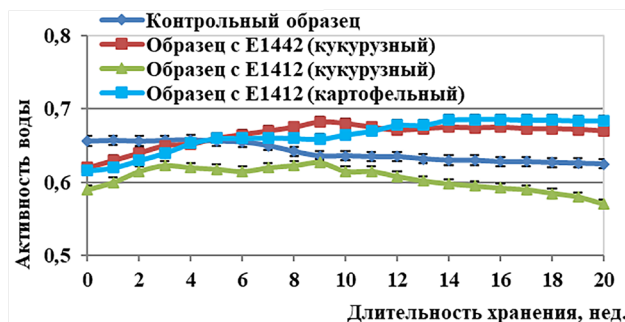


Рис. 3. Активность воды шоколадных конфет с фруктовой начинкой

изготовленными на основе модифицированных крахмалов, изменений не выявлено. Таким образом, использование модифицированных крахмалов в составе начинок позволяет управлять процессами миграции влаги и, следовательно, сроком годности шоколадных конфет.

Исследована массовая доля влаги шоколадных конфет с фруктовой начинкой, изготовленных с использованием модифицированного крахмала E1412 (картофельный), упакованных в полипропиленовую пленку с толщиной 20 мкм, при различных температурах хранения 18 и 28 °C (рис. 4).

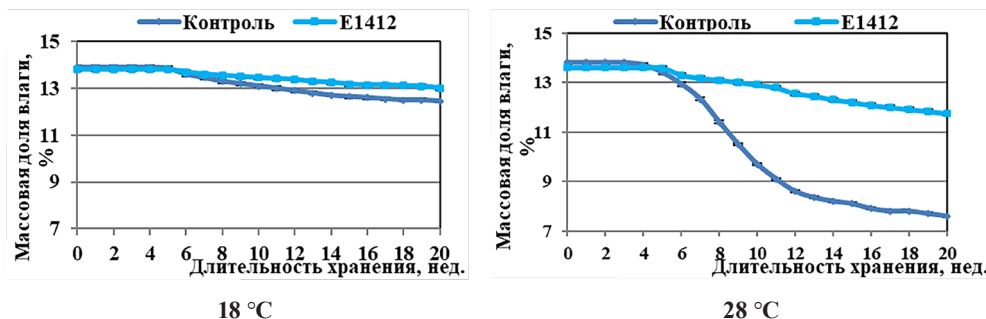


Рис. 4. Массовая доля влаги конфет с фруктовой начинкой при различных температурах



Рис. 5. Конфеты с фруктовой начинкой на 8-й неделе хранения при температуре 28 °C

После 20 недель хранения при температуре 18 °C массовая доля влаги контрольного образца уменьшилась на 1,5 %, а конфет с начинкой, изготовленной на основе модифицированного крахмала E1412 – только на 0,8 %. При увеличении температуры потери влаги контрольного образца возросли в 4,1 раза, а для конфет с начинкой на основе модифицированного крахмала – в 2,2 раза. На 8-й неделе хранения произошла деформация поверхности конфет (втягивание), обусловленная процессами влагопереноса (рис. 5).

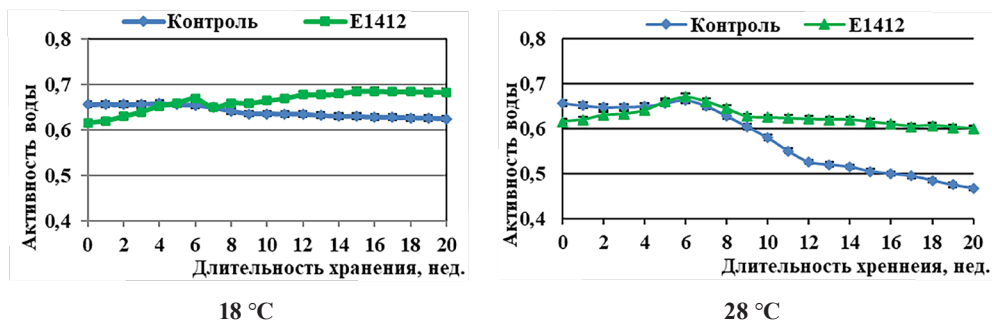


Рис. 6. Активность воды конфет с фруктовой начинкой при различных температурах хранения

Для оценки направления процессов влагопереноса и риска микробиологических изменений исследована активность воды образца шоколадных конфет с фруктовой начинкой на основе крахмала E1412 в процессе хранения при температурах 18 и 28 °C (рис. 6).

Активность воды контрольного образца шоколадных конфет с фруктовой начинкой при температуре 18 °C за период хранения незначительно уменьшилась.

В процессе хранения при температуре 28 °C активность воды после увеличения на 0,02–0,05 на 6-й неделе уменьшилась, причем для контрольного образца – с большей скоростью, что обусловлено уменьшением массовой доли влаги. Таким образом, модифицированные крахмалы способствуют удержанию влаги во фруктовых начинках, позволяют уменьшить потери влаги, приблизительно в 2 раза и способствуют увеличению срока годности шоколадных конфет с фруктовыми начинками.

Пищевая упаковка является важнейшим аспектом современной кондитерской промышленности, способствует стабильности органолептических показателей качества шоколадных кондитерских изделий и гарантирует их безопасность в течение всего срока годности. Исследована массовая доля влаги образцов шоколадных конфет с фруктовой начинкой на основе модифицированного крахмала E1412, упакованных в полипропиленовую пленку с толщиной 20, 30 и 40 мкм в процессе хранения при температуре 18 °C (рис. 7).

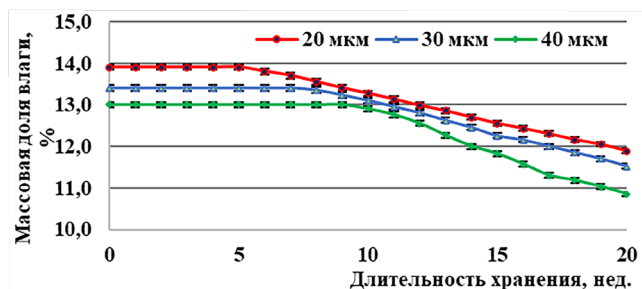


Рис. 7. Массовая доля влаги шоколадных конфет с фруктовой начинкой, упакованных в полипропиленовую пленку с различной толщиной

Движущей силой процессов миграции жира является градиент концентраций триглицерида, содержащих определенные жирные кислоты. Различия состава жировых фаз начинки и корпуса обуславливают миграцию жиров с различными свойствами между частями изделий. При хранении шоколадных конфет с начинками из масс пралине / типа пралине происходят процессы миграции жиров между шоколадной частью и начинкой.

Проведены исследования жирнокислотного состава жировой фракции конфет с начинкой пралине на основе фундука, кешью, миндаля и типа пралине на основе арахиса в процессе хранения при температуре 18 °С (см. таблицу; рис. 8).

Высокое содержание олеиновой кислоты в орехах обусловило ее выбор в качестве индикаторов процессов миграции.

Жирнокислотный состав жировой фракции частей конфет

Жирная кислота	Обозначение	Жирнокислотный состав жировой фракции, %				
		шоколад темный	масса пралине/типа пралине			
			фундук	кешью	миндаль	арахис
Лауриновая	12:0	—	0,5	—	—	—
Миристиновая	14:0	—	0,2	—	—	—
Пальмитиновая	16:0	26,9	13,6	15,6	13,0	15,2
Пальмитолеиновая	16:1	0,3	0,1	—	0,2	—
Стеариновая	18:0	35,1	18,8	22,9	18,6	17,2
Олеиновая	18:1	33,9	61,2	50,1	54,3	36,4
Линолевая	18:2	2,9	4,7	10,6	13,4	24,8
Арахидиновая	20:0	0,9	0,6	0,9	0,5	2,1

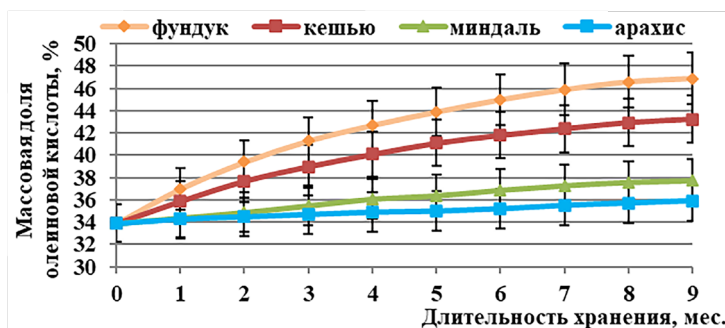


Рис. 8. Массовая доля олеиновой кислоты на поверхности шоколадных конфет

Скорость миграции олеиновой кислоты на поверхности шоколадной конфеты с начинкой на основе фундука наибольшая среди использованных видов сырья. Для прогнозирования процессов миграции жиров установлены математические зависимости массовой доли олеиновой кислоты на поверхности конфет от длительности хранения изделий:

- на основе фундука: $M_{18:1} = 1,38 \tau + 36,0$ ($R^2 = 0,93$; $F = 106,3$);
- на основе кешью: $M_{18:1} = 1,01 \tau + 35,2$ ($R^2 = 0,94$; $F = 125,3$);
- на основе миндаля: $M_{18:1} = 0,44 \tau + 34,1$ ($R^2 = 0,98$; $F = 392,0$);
- на основе арахиса: $M_{18:1} = 0,21 \tau + 34,0$ ($R^2 = 0,98$; $F = 792,0$),

где $M_{18:1}$ – массовая доля олеиновой кислоты в жировой фракции части шоколадной конфеты; R^2 – коэффициент корреляции; F – критерий Фишера.

Аналогичные результаты получены при исследовании массовой доли линолевой кислоты. Различия состава жирных кислот орехового сырья и арахиса оказывают существенное влияние на скорость миграции жировой фракции начинки пралине / типа пралине в шоколадный корпус конфеты в процессе хранения.

Заключение. На основании анализа результатов исследований была спрогнозирована скорость миграции жиров из жиросодержащих начинок на поверхность конфет. С помощью использования различного орехового сырья появилась возможность комбинировать жирнокислотный состав жировой фракции начинок и, тем самым, управлять скоростью процессов миграции жиров и сроком годности шоколадных конфет с начинками.

Список использованных источников

1. Павлова, И. В. Исследование влияния масел орехов на скорость миграции жидкой жировой фазы кондитерских жиров / И. В. Павлова, М. Б. Коблицкая // Вестн. ВНИИЖ. – 2018. – № 2. – С. 28–31.
2. Effect of different storage conditions on fat bloom formation in different types of chocolate / S. Škrabal [et al.] // Food in Health and Disease. – 2019. – Vol. 8, № 2. – P. 97–104.
3. Tracking Structural Changes in Lipid-based Multicomponent Food Materials due to Oil Migration by Microfocus Small-Angle X ray Scattering / S. K. Reinke [et al.] // ACS Appl. Mater. Interfaces. – 2015. – Vol. 7, № 18. – P. 9929–9936.
4. Effect of Cocoa Butter Structure on Oil Migration / M. Fatemeh [et al.] // Journal of Food Science. – 2012. – Vol. 77, № 3. – P. 74–79.
5. Dahlenborga, H. Effect of particle size in chocolate shell on oil migration and fat bloom development / H. Dahlenborga, A. Millqvist-Fureby, B. Bergenstahl // Journal of Food Engineering. – 2015. – Vol. 146. – P. 172–181.
6. Температура хранения как фактор миграции жиров в глазированные сахаристых кондитерских изделиях / Н. Б. Кондратьев [и др.] // Вестн. рос. с.-х. науки. – 2021. – № 5. – С. 78–80. doi:10.30850/vrsn/2021/5/78-80
7. Lee, W. L. Oil migration in 2-component confectionery systems / W. L. Lee, M. J. McCarthy, K. L. McCarthy // J. Food Sci. – 2010. – Vol. 75, № 1. – P. E83-9. doi:10.1111/j.1750-3841.2009.01454.x
8. Исследование реологических свойств глазированных конфет в процессе их хранения / М. В. Осипов [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2021. – Т. 35, № 10. – С. 78–82. doi:10.53859/02352451_2021_35_10_78
9. Прогнозирование скорости процессов влагопереноса в кондитерских изделиях, упакованных в полипропиленовую пленку / Н. Б. Кондратьев [и др.] // Пищевая промышленность. – 2023. – № 1. – С. 14–17. doi:10.52653/PPI.2023.1.1.003

УДК 664.1

Е. В. Казанцев

*Всероссийский научно-исследовательский институт кондитерской промышленности – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем имени В. М. Горбатова» Российской академии наук,
г. Москва, Российская Федерация*

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СРОКА ГОДНОСТИ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ СТУДНЕОБРАЗНОЙ КОНСИСТЕНЦИИ

Аннотация. Проведены исследования по прогнозированию срока годности кондитерских изделий студнеобразной консистенции на примере жележного мармелада, содержащего природный структурообразователь пектин. Мармелад заданного состава помещали на хранение в климатическую камеру при заданных условиях. Изменения физико-химических, структурно-механических и органолептических характеристик, обусловленные процессами диффузии и влагопереноса, описывали уравнениями регрессии, использование которых позволяет прогнозировать срок годности не только мармелада, но и других кондитерских изделий студнеобразной консистенции.

Ключевые слова: кондитерские изделия, влагоперенос, активность воды, срок годности, прогнозирование.

E. V. Kazantsev

*All-Russian Scientific Research Institute of Confectionery Industry – Branch FSBSI
“V. M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems” of the Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russian Federation*

FORECASTING THE SHELF LIFE OF JELLY-LIKE CONFECTIONERY PRODUCTS

Abstract. Research was conducted to predict the shelf life of confectionery products of a jelly-like consistency using the example of jelly marmalade containing the natural structure-forming agent pectin. Marmalade of a given composition was placed for storage in climatic chamber under given conditions. Changes in physicochemical, structural-mechanical and organoleptic characteristics caused by diffusion and moisture transfer processes were described by regression equations, the use of which allows predicting the shelf life of not only marmalade, but also other confectionery products of a jelly-like consistency.

Keywords: confectionery, moisture transfer, water activity, shelf life, forecasting.

Введение. Сахаристые кондитерские изделия студнеобразной консистенции являются неотъемлемой составляющей рациона питания населения Российской Федерации. Одним из основных представителей этой группы наряду с десертами и рахат-лукумом является жележно-фруктовый, фруктовый, фруктово-ягодный мармелад, содержащий продукты переработки фруктов. Различные виды мармелада востребованы потребителем и предлагаются в широ-

ком ассортименте отечественными производителями. Наличие в составе мармелада фруктовых компонентов ассоциируется у потребителя со здоровым питанием, что придает изделиям высокие органолептические свойства [1–4].

В современных рыночных условиях при разработке новых рецептур изделий производители мармелада сталкиваются с проблемами установления и прогнозирования его хранимостпособности и требованием торговых сетей к увеличению срока годности. В настоящее время в Российской Федерации разработана и работает Стратегия повышения качества пищевой продукции до 2030 года, включающая также и сахаристые кондитерские изделия, которая предполагает разработку новых методов обоснования сроков годности, в том числе на базе прогнозных лабораторных моделей. Поэтому разработка математических зависимостей для прогнозирования и установления срока годности кондитерских изделий является актуальной задачей [5, 6].

Согласно Техническому регламенту Таможенного союза (ТР ТС) 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» под *сроком годности пищевой продукции* понимается период времени, в течение которого пищевая продукция должна полностью соответствовать предъявляемым к ней требованиям безопасности, установленным настоящим техническим регламентом и (или) ТР ТС на отдельные виды пищевой продукции, а также сохранять свои потребительские свойства, заявленные в маркировке, и по истечении которого пищевая продукция непригодна для использования по назначению. Ранее срок годности мармелада, включая глазированный шоколадной глазурью, составлял от 3 до 6 месяцев.

В соответствии с ГОСТ 6442-2014 «Мармелад. Общие технические условия» срок годности и условия хранения мармелада устанавливает производитель. Срок годности мармелада обусловлен множеством внешних и внутренних факторов. К первой группе относится химический состав используемого сырья, сырьевых компонентов и технологическая обработка, ко второй группе – физико-химические и микробиологические показатели качества, свойства упаковочных материалов, температура хранения и относительная влажность окружающей среды [7–9].

При хранении мармелад подвержен высыханию (черствению) или отмоканию с возможным дальнейшим риском физической и микробиологической порчи. Реологические и структурно-механические свойства мармелада обусловлены молекулярной подвижностью воды. Такие изменения связаны с процессами влагопереноса из центра корпуса мармелада к его поверхности в результате градиента концентрации влаги и характеризуются показателями массовой доли влаги и активности воды. Так, мармелад относится к кондитерским изделиям с умеренным (средним) влагосодержанием, для которых показатель активности воды находится в диапазоне 0,75–0,8 [10–11].

Прогнозирование срока годности кондитерских изделий проводится с использованием различных подходов и методик. Так, экспресс-метод ASLT совместно с математической моделью на основе уравнения Аррениуса позволя-

ет оценить зависимость скорости изменения показателей качества мармелада от температуры хранения [12]. Например, показан способ определения срока годности джема с добавлением азиатских плодов меластомы в качестве натурального красителя, упакованного в банку и пакет. Для определения скорости изменения натурального цвета джема, критических параметров и оценки срока годности использована модель Аррениуса, смоделированная при трех температурах хранения – 28, 38 и 48 °С. При хранении контролировали такие показатели качества, как массовая доля влаги, активность воды (a_w), pH, цвет, антиоксидантная активность. В результате протекания химических реакций первого порядка значительно изменяется интенсивность цвета джема, поэтому этот показатель был выбран для построения линейной регрессии, характеризующейся уравнениями: $y = -2021x + 1,387$ для джема, упакованного в пакеты, и $y = -4715x + 9,787$, упакованного в банки. В результате срок хранения джема при температуре 28 °С в пакетах и стеклянных банках составил 40 и 93 дня соответственно [13].

Эффективность другого метода с графическим описанием зависимостей массовой доли влаги образцов от их активности воды в широком диапазоне при постоянной температуре в виде изотерм сорбции достаточно высока и также позволяет прогнозировать срок годности мармелада [14].

Цель исследований заключалась в прогнозировании срока годности кондитерских изделий студнеобразной консистенции на примере мармелада с использованием уравнений регрессии.

Материалы и методы исследования. Изготовлены контрольный и содержащий влагоудерживающий компонент образцы желеино-фруктового мармелада. В качестве влагоудерживающего компонента применен кукурузный модифицированный крахмал: Е1422 в количестве 3 %. Образцы контроля содержали 63 % сахара белого, 20 % крахмальной патоки, 15,0 % яблочного пюре, 1,5 % яблочного пектина. Образцы с Е1422 содержали 61 % сахара белого, 20 % крахмальной патоки, 15,0 % яблочного пюре, 1,5 % яблочного пектина. Содержание влаги в образцах – (21–22) %. Мармелад упаковывали в полипропиленовую пленку с толщиной 30 мкм.

Массовая доля влаги образцов определена по ГОСТ 5900-2014 «Изделия кондитерские. Методы определения массовой доли влаги и сухих веществ». Активность воды измерена по ГОСТ ISO 21807-2015 «Микробиология пищевой продукции и кормов. Определение активности воды». Мармелад упаковывали в полипропилен с толщиной 30 мкм и хранили при температуре 18 °С и атмосферной влажности воздуха 40 % в климатической камере «Climacell 404» (Чехия). Определение структурно-механических свойств мармелада осуществлено с использованием прибора «Структурометр СТ-2» (Россия). Скорость нагружения индентора «конус 60°» составляла 0,5 мм/с.

Математическая обработка экспериментальных данных проведена с помощью программы Excel 2019 (tables).

Результаты и их обсуждение. Исследованы физико-химические показатели, характеризующие миграцию и потери влаги при хранении изготовленных образцов желеино-фруктового мармелада. Высокая активность воды 0,922 образцов без модифицированного крахмала E1422 прогнозируют высокую скорость процессов влагопереноса в мармеладе. Применение 3%-го E1422 в рецептурном составе мармелада существенно уменьшило значения активности воды. Так, для образцов с E1422 активность воды находилась в диапазонах 0,904–0,907, что прогнозирует снижение риска микробиологической порчи и повышение срока годности мармелада.

После 8 недель хранения установлено, что потери массовой доли влаги образцов желеино-фруктового мармелада, содержащего 3%-й E1422, были наименьшие относительно контрольных образцов и составили 1,3 %. Скорость влагопереноса в изготовленных образцах с E1422 снизилась в 1,7 раза (рис. 1)

Полученные зависимости потери массовой доли влаги характеризовали соответствующими уравнениями регрессии:

Образцы контроля: $W = -0,0514\tau + 21,811$; образцы с E1422: $W = -0,0496\tau + 21,879$.

На основе полученных выражений можно спрогнозировать срок годности мармелада. Минимальное значение массовой доли влаги в мармеладе, равное 15 %, принято критическим значением при прогнозе. На основании этого значения можно рассчитать прогнозный срок годности мармелада: $W = -0,0514\tau + 21,811$; $\tau = (21,8 - 15,0) / 0,0514 = 132$ нед. (контроль); $W = -0,0496\tau + 21,879$; $\tau = (21,9 - 15,0) / 0,0496 = 139$ нед. (с E1422).

Исследованы структурно-механические свойства образцов желеино-фруктового мармелада при его хранении по усилиям нагружения (F_n), характеризующие потери влаги образцов (рис. 2).

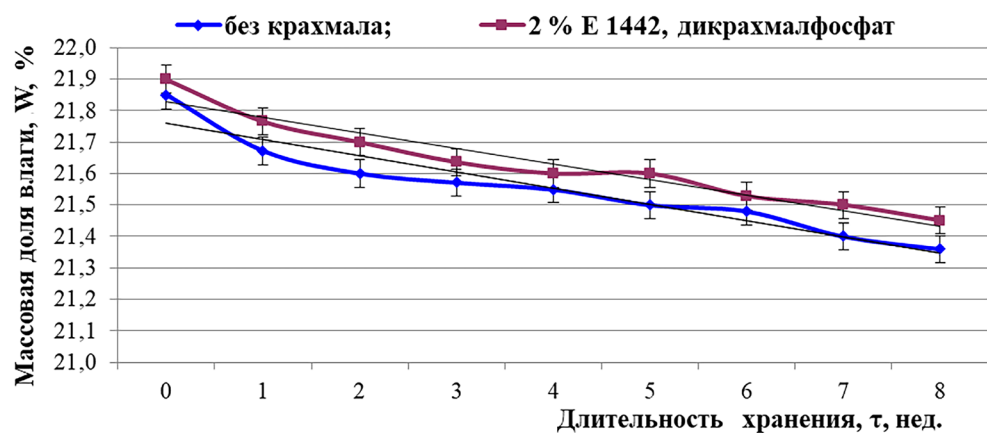


Рис. 1. Массовая доля влаги мармелада в процессе хранения при 18 °C

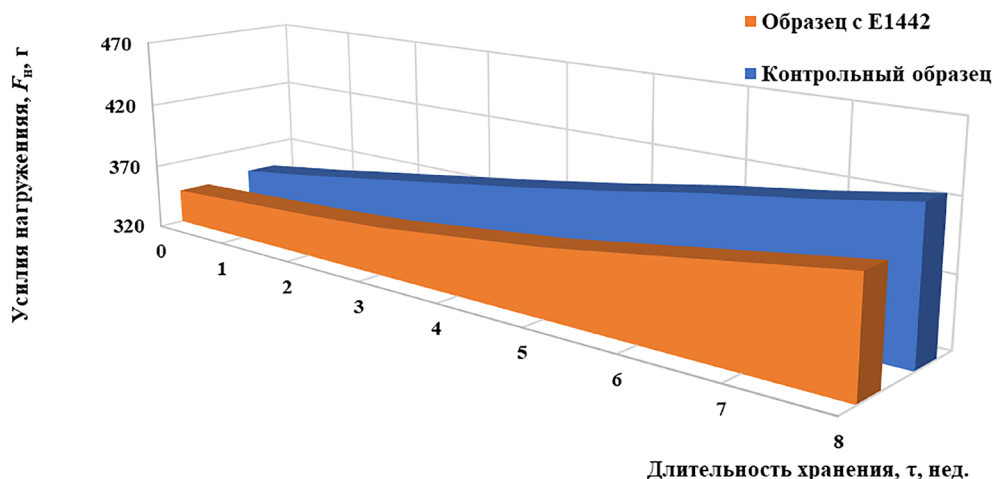


Рис. 2. Усилия нагружения мармелада в процессе хранения при 18 °С

Усилия нагружения образцов, характеризующие прочность мармелада, находились в широком диапазоне от 340 до 430 г. Критическим диапазоном значений усилий нагружения для мармелада являлся диапазон 500–550 г, при котором значительно изменяется консистенция мармелада. Согласно полученным уравнениям регрессии, сделан прогноз срока годности мармелада: $F_n = 9,53\tau + 348,3$ (контрольный образец); $F_n = 6,82\tau + 340,1$ (образец с E1442). На основании полученных результатов прогнозируемый срок годности образца, содержащего крахмал, составил 30,8 нед., что в 1,4 раза выше контрольного образца мармелада.

Заключение. На основании анализа результатов исследований можно сделать вывод об эффективности модифицированного крахмала E1442, использование которого позволяет снизить потери влаги мармелада в результате диффузионных процессов миграции влаги и, следовательно, управлять процессами влагопереноса в желеино-фруктовом мармеладе, что положительно влияет на его срок годности. Предложенный подход прогнозирования срока годности желеино-фруктового мармелада может быть распространен на другие кондитерские изделия студнеобразной консистенции.

Список использованных источников

1. Анализ рынка кондитерских изделий в России в 2017–2021 гг., прогноз на 2022–2026 гг. Потенциал импортозамещения и новые рынки сбыта : маркетинговое исследование [Электронный ресурс] // BusinesStat, 2022. – 190 с. – Режим доступа: <https://marketing.rbc.ru/research/27414/>. – Дата доступа: 19.08.2024.
2. Габдукаева, Л. З. Влияние структурообразователей на потребительские характеристики мармеладных изделий / Л. З. Габдукаева, Т. Ю. Гумеров, О. А. Решетник // Food Industry. – 2020. – Vol. 5, № 1. – P. 50–57.
3. Teixeira-Lemos, E. Development and characterization of healthy gummy jellies containing natural fruits / E. Teixeira-Lemos, A. Almeida, B. Vouga // Open Agriculture. – 2021. – № 6. – P. 466–478. doi:10.1515/opag-2021-0029

4. Ali, M. R. Functional strawberry and red beetroot jelly candies rich in fibers and phenolic compounds / M. R. Ali, R. M. Mohamed // *Food systems*. – 2021. – Vol. 4, № 2. – P. 82–88 (In Russ.). doi:10.21323/2618-9771-2021-4-1-82-88
5. Кондратьев, Н. Б. Оценка качества кондитерских изделий. Повышение сохранности кондитерских изделий / Н. Б. Кондратьев. – М. : Перо, 2015. – 249 с.
6. Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года [Электронный ресурс] : распоряжение Правительства РФ, 29 июня 2016 г., № 1364-р // Б-ка гос. стандартов. – Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293754/4293754018.pdf>. – Дата доступа: 19.08.2024.
7. Основные факторы формирования молекулярной структуры мармелада / Н. Б. Кондратьев [и др.] // *Пищевые системы*. – 2021. – Т. 4, № 3. – С. 172–179. doi:10.21323/2618-9771-2021-4-3-172-179
8. Omoregie Egharevba, H. Chemical Properties of Starch and Its Application in the Food Industry / H. Omoregie Egharevba // *Chemical Properties of Starch*. – 2020. – P. 1–26. doi:10.5772/intechopen.87777.
9. Yuliarti, O. Rheological and microstructural properties of native cassava starch-low methoxyl pectin in a fruit filling gel system / O. Yuliarti, E. Gusti, J. H. Chiang // *LWT*. – 2021. – Vol. 146. – P. 111568. doi:10.1016/j.lwt.2021.111568
10. Environmental management of confectionery products: Life cycle impacts and improvement strategies / J. Miah [et al.] // *J. Clean. Prod.* – 2018. – Vol. 177. – P. 732–751. doi:10.1016/j.jclepro.2017.12.073
11. Sitnikova, P. Physical changes in the structure of ice cream and frozen fruit desserts during storage / P. Sitnikova // *Food systems*. – 2019. – Vol. 2, № 2. – P. 31–35. (In Russ.). doi:10.21323/2618-9771-2019-2-2-31-35
12. Anggraini, A. Accelerated shelf life test (aslt) method with arrhenius approach for shelf life estimation of sugar palm fruit jam with addition of asian melastome (*melastoma malabathricum*, L.) on jar packaging and pouch / A. Anggraini, K. Sayuti, R. Yenrina // *Journal of Applied Agricultural Science and Technology*. – 2019. – Vol. 3 (2). – P. 268–279.
13. Стеле, Р. Срок годности пищевых продуктов. Расчет и испытание / под ред. Р. Стеле ; пер. с англ. В. Широкова ; под общ. ред. Ю. Г. Базарновой. – СПб. : Профессия, 2006. – 480 с.
14. Gichau, A. W. Moisture sorption isotherm and shelf life prediction of complementary food based on amaranth-sorghum grains / A. W. Gichau, J. K. Okoth, A. Makokha // *J. Food Sci. Techn.* – 2020. – Vol. 57 (3). – P. 962–970. doi:10.1007/s13197-019-04129-2

УДК 664.12

М. И. Егорова, кандидат технических наук, доцент

*ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр»,
г. Курск, Российская Федерация*

ВЗАИМОСВЯЗЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА У РАЗНЫХ КАТЕГОРИЙ БЕЛОГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО САХАРА

Аннотация. Показано, что нормативные требования к белому сахару не отражают полной характеристики продукта для потребителя. Рассмотрены фактические расширенные характеристики белого кристаллического сахара, производимого свеклосахарными заводами России, их изменение и взаимосвязь для разных категорий. Установлена сильная взаимосвязь между показателями сахара категории ТС3; отмечается сильная связь между содержанием золы и цветностью сахара для сахара всех категорий, остальные корреляционные зависимости варьируют для сахара разных категорий.

Ключевые слова: белый сахар, кристаллический сахар, категория, физико-химические характеристики, взаимосвязь.

M. I. Egorova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

*FSBSI “Federal Agricultural Kursk Research Center”,
Kursk, Russian Federation*

RELATIONSHIP OF QUALITY INDICATORS IN DIFFERENT CATEGORIES OF WHITE CRYSTALLINE SUGAR

Abstract. It is shown that regulatory requirements for white sugar do not reflect the full characteristics of the product for the consumer. The actual expanded characteristics of white crystalline sugar produced by beet sugar factories in Russia, their changes and relationships for different categories are considered. A strong relationship was established between sugar indicators of TC3 category; there is a strong connection between the ash content and the color of sugar for sugar of all categories; other correlation dependencies vary for sugar of different categories.

Keywords: white sugar, crystalline sugar, category, physicochemical characteristics, relationship.

Введение. Белый кристаллический сахар является одним из наиболее востребованных среди всего ассортимента сахара. В России его производство составляет около 5–5,5 млн т ежегодно, эти объемы поступают в торговые сети, промышленным потребителям, в сферу общественного питания. Разнообразные сектора применения белого сахара нацелены на использование его определенных функциональных свойств, помимо сладости.

Как продукт высокой степени очистки, белый сахар имеет незначительное количество примесей разнообразного микронутриентного состава – несахаров. Эти несахара могут препятствовать проявлению свойств сахарозы в пи-

щевых массах и снижать ее сырьевую ценность как ингредиента, особенно при производстве продуктов питания. До настоящего времени отсутствуют полноценные знания о микронутриентном составе белого сахара, также нет информации о взаимосвязи показателей качества белого сахара, что затрудняет принятие потребителем правильных решений об использовании сахара определенной категории в собственном производстве.

Цель работы – оценка основных показателей качества и их взаимосвязи у белого кристаллического сахара разных категорий.

Основная часть. Кристаллический белый сахар должен соответствовать требованиям ГОСТ 33222 «Сахар белый. Технические условия», который подразделяет продукт на четыре категории в зависимости от ряда физико-химических характеристик (табл. 1).

Таблица 1. Требования ГОСТ 33222 по физико-химическим показателям белого сахара

Показатель	Категория сахара			
	экстра	ТС1	ТС2	ТС3
Массовая доля влаги, %, не более	0,10	0,10	0,12	0,15
Массовая доля сахарозы по прямой поляризации, %, не менее	99,80	99,70	99,70	99,50
Массовая доля редуцирующих веществ (в пересчете на сухое вещество), %, не более	0,03	0,035	0,04	0,065
Массовая доля золы (в пересчете на сухое вещество), %, не более	0,027	0,036	0,036	0,050
Цветность в растворе, единиц оптической плотности (ед. ICUMSA), не более	45,0	60,0	104,0	195,0

Фактические значения для белого сахара, производимого в России, получали по результатам мониторинга за период 2016–2023 гг. Всего было протестировано 250 образцов, выработанных 58 свеклосахарными заводами, находящимися в 18 регионах страны. Учитывая, что показателями технологической адекватности белого сахара выступают мутность раствора и pH [1, 2], данные характеристики также были включены в программу тестирования; дополнительно рассматривали содержание составляющих золы – калия, натрия, кальция. Средние значения вышеперечисленных характеристик приведены в табл. 2.

Таблица 2. Фактические характеристики кристаллического белого сахара

Показатель	Категория сахара			
	экстра	ТС1	ТС2	ТС3
Массовая доля влаги, %	0,02 ± 0,002	0,02 ± 0,004	0,03 ± 0,003	0,04 ± 0,010
Массовая доля сахарозы по прямой поляризации, %	99,87 ± 0,012	99,80 ± 0,009	99,77 ± 0,012	99,61 ± 0,043
Массовая доля редуцирующих веществ (в пересчете на сухое вещество), %	0,01 ± 0,001	0,01 ± 0,001	0,02 ± 0,002	0,03 ± 0,003
Массовая доля золы (в пересчете на сухое вещество), %	0,011 ± 0,0010	0,014 ± 0,0015	0,024 ± 0,0012	0,033 ± 0,0050

Показатель	Категория сахара			
	экстра	ТС1	ТС2	ТС3
Цветность в растворе, единиц оптической плотности (ед. ICUMSA)	42,1 ± 1,40	58,0 ± 1,44	90,1 ± 3,10	135,0 ± 7,43
Мутность раствора, единиц оптической плотности (ед. ICUMSA)	11,5 ± 3,09	13,0 ± 2,60	33,4 ± 2,95	48,4 ± 7,73
Содержание калия, мг/кг	16 ± 3,4	51 ± 16,0	58 ± 6,2	80 ± 17,1
Содержание натрия, мг/кг	5 ± 0,9	10 ± 2,3	13 ± 1,5	17 ± 2,8
Содержание кальция, мг/кг	18 ± 4,3	31 ± 5,8	43 ± 4,5	82 ± 8,4
pH	7,0 ± 0,07	7,1 ± 0,08	7,2 ± 0,04	7,4 ± 0,11

Как видно, фактические значения содержания сахарозы по каждой категории превышают нормативное значение, а содержания примесей (несахаров) находятся ниже предельного значения. Можно отметить весьма низкое содержание редуцирующих веществ в сахаре, что может быть связано как с низким их содержанием в перерабатываемой сахарной свекле, так и с соблюдением оптимальных режимов технологического потока, высокого темпа переработки сырья. Аналогично имеет место низкое содержание золы, которое в белом сахаре на 80 % формируется из золы сахарной свеклы [3, 4], определяется степенью промывки кристаллов в центрифуге [5]. Цветность сахара выдерживается ниже нормативного значения, что можно объяснить хорошим качеством перерабатываемой сахарной свеклы, отсутствием условий нарастания цветности полуфабрикатов по технологическому потоку [6]. Мутность раствора сахара увеличивается со снижением категории, что может быть обусловлено наличием в нем суспендированных примесей, появляющихся при переработке сахарной свеклы после хранения с признаками загнивания, недостаточном отделении примесей и прилипшей почвы от корнеплодов, развитии микробиологической инфекции при экстрагировании, протекании процессов технологического потока не в оптимальных режимах [7], применении фильтрующих тканей с несоответствующим размером пор [8], бесконтрольном применении антинакипинов [9] и др. Отмечен рост составляющих золы – катионов калия, натрия, кальция, а также постепенный переход реакции среды раствора сахара в более щелочную область.

В табл. 3 показано относительное изменение (увеличение/уменьшение) значений показателей в разрезе категорий сахара по отношению к сахару категории экстра, принятому за эталон (величины его показателей учитывались как 100 %).

Приведенные данные показывают, что среди всех показателей только содержание сахарозы уменьшается по мере снижения категории, содержание остальных примесей (несахаров) увеличивается в 1,1–5 раз. Наиболее высокий рост для категории ТС3 отмечен для содержания калия, кальция, мутности

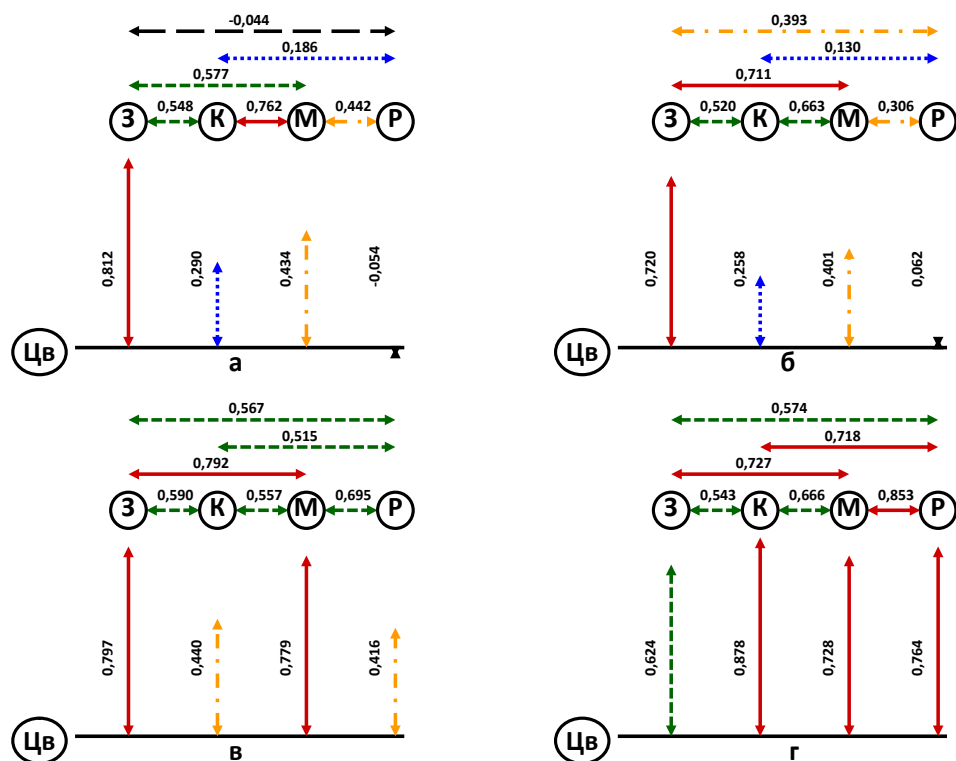
раствора – в 5, 4,6 и 4,1 раза, соответственно. Для категории ТС2 наиболее высокий рост наблюдается для содержания калия, мутности, содержания натрия – в 3,6, 2,9 и 2,6 раза, соответственно; для категории ТС1 – содержания калия, натрия, кальция – в 3,2, 2,0 и 1,7 раза. Следовательно, имеет место увеличение содержания составляющих золы в гораздо больших величинах, чем само содержание золы. Полагаем, что это может быть связано с периодом выработки сахара и влиянием качества сахарной свеклы – сахар категории экстра и ТС1 обычно производят из сахарной свеклы хорошего качества, не хранившейся. В сахарной свекле после хранения увеличивается содержание калия и натрия [10, 11], что отражается в составе сахара категорий ТС2 и ТС3, производимых в течение всего периода переработки сырья, а значительное увеличение содержания кальция может быть связано с ростом его остаточных количеств в сиропе, удерживаемых применяемыми антинакипинами.

Таблица 3. Относительное изменение значений характеристик кристаллического белого сахара

Показатель	Категория сахара			
	экстра	ТС1	ТС2	ТС3
Массовая доля влаги, %	100	100	150	200
Массовая доля сахарозы по прямой поляризации, %	100	99,9	99,9	99,7
Массовая доля редуцирующих веществ (в пересчете на сухое вещество), %	100	100	200	300
Массовая доля золы (в пересчете на сухое вещество), %	100	127	218	300
Цветность в растворе, единиц оптической плотности (ед. ICUMSA)	100	138	214	321
Мутность раствора, единиц оптической плотности (ед. ICUMSA)	100	113	288	412
Содержание калия, мг/кг	100	319	362	500
Содержание натрия, мг/кг	100	200	260	340
Содержание кальция, мг/кг	100	172	239	456
pH	100	101	103	106

Полученные результаты подтвердили различное содержание сахарозы и несахаров в сахаре разных категорий, последовательное увеличение несахаров по мере снижения категории сахара.

Для установления взаимосвязи между рядом показателей определяли коэффициенты парной корреляции показателей для каждой категории сахара. Полученные ранее закономерности [1] усиления определенных корреляционных связей между отдельными показателями по мере снижения категории сахара нашли подтверждение (см. рисунок).



Коэффициенты парной корреляции между показателями качества белого кристаллического сахара категории экстра (а), ТС1 (б), ТС2 (в), ТС3 (г),

Цв – цветность, З – зола, К – кальций, М – мутность, Р – pH,

вид связи: $\longleftrightarrow$ сильная; $\longleftrightarrow$ заметная; $\longleftrightarrow$ умеренная; $\longleftrightarrow$ слабая

Для категории сахара экстра выявлена сильная корреляционная связь между содержанием золы и цветностью, содержанием кальция и мутностью; заметная связь прослеживается между содержанием золы и мутностью; умеренная связь прослеживается между цветностью и мутностью; мутностью раствора и pH; слабая связь определена между цветностью и содержанием кальция, содержанием кальция и pH.

Для сахара категории ТС1 выявлена также сильная связь между содержанием золы и цветностью, содержанием золы и мутностью; такая же заметная связь – между содержанием золы и кальция, как и для категории экстра, но и ослабление связи до заметной – между содержанием кальция и мутностью.

Для сахара категории ТС2 сильная связь отмечена между цветностью и содержанием золы, как и для сахара категории экстра и ТС1; между содержанием золы и мутностью, как и для сахара категории ТС1, но и сильная связь – между цветностью и мутностью. Отмечена умеренная связь между цветностью и содержанием кальция, цветностью и pH; остальные параметры характеризуются заметной связью.

Сахар категории ТС3 характеризуется наличием сильной связи для 6 пар показателей и заметной связью для 4 пар показателей.

В целом взаимосвязь между цветностью и мутностью усиливается от умеренной для категорий экстра и ТС1 до сильной для категорий ТС2 и ТС3; между цветностью и pH усиливается от отсутствующей для категорий экстра и ТС1 до умеренной для ТС2 и сильной для ТС3; между содержанием золы и pH от отсутствующей для категории экстра, умеренной для ТС1, заметной для ТС2 и ТС3; между содержанием кальция и pH от слабой для категорий экстра и ТС1 до заметной для категории ТС2 и сильной для категории ТС3. Для категории экстра выявлена сильная связь между содержанием кальция и мутностью, которая ослабляется для других категорий; отмечено усиление связи между мутностью и pH от умеренной для категорий экстра и ТС1 до заметной у ТС2 и сильной у ТС3. То есть для сахара категории ТС3 выявлена самая сильная корреляционная связь между рассматриваемыми показателями, что подтверждает негативную роль микронутриентов в формировании показателей качества сахара: чем их содержание выше, тем ниже качество сахара.

Закключение. Выполнена системная оценка качества российского сахара, установлены фактические средние значения отдельных характеристик, показано, что доля содержания несахаров увеличивается по мере снижения категории сахара. Выявлены корреляционные зависимости между отдельными показателями, для сахара всех категорий подтверждена сильная связь между содержанием золы и цветностью раствора, остальные корреляционные зависимости варьируют для сахара разных категорий. Полученные данные подтверждают, что со снижением категории сахара характеристики его потребительской ценности падают; наиболее предпочтительным по качеству для использования при производстве продуктов питания является сахар белый категорий экстра и ТС1.

Список использованных источников

1. Технологическая адекватность продукции свеклосахарного производства, используемой в пищевой промышленности / М. И. Егорова [и др.] // Пищевые системы. – 2023. – Т. 6, № 3. – С. 298–307. doi:10.21323/2618-9771-2023-6-3-298-307
2. Егорова, М. И. Мутность растворов белого сахара как индикаторный показатель для потребителей и производителей / М. И. Егорова, Я. А. Кретьева // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Монголии, Казахстана, Беларуси и Болгарии : сб. докл. XXIII Междунар. науч. конф., Минск, 1 октября 2020 г. / Нац. акад. наук Беларуси [и др.] ; редкол.: П. П. Казакевич [и др.]. – Минск : Беларуская навука, 2020. – С. 363–367.
3. Решетова, Р. С. Влияние несахаров сахарной свеклы на технологию и выход сахара / Р. С. Решетова, О. М. Баранов // Сахар. – 2023. – № 8. – С. 30–36. doi:10.24412/2413-5518-2023-8-30-36
4. Чернявская, Л. И. Методы определения качества свеклы по содержанию золы / Л. И. Чернявская // Сахар. – 2007. – № 2. – С. 21–27.
5. Вплив конструктивних особливостей центрифуг BW-1500S та ФПН-1251Т-01 на процес центрифугування та якість цукру / В. М. Боровий [та ін.] // Цукор України. – 2011. – № 4 (64). – С. 43–47.

6. Никулина, О. К. Влияние качества сырья на процесс кристаллизации сахарозы / О. К. Никулина, В. В. Кулаковский // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2017. – № 1 (35). – С. 47–53.

7. Чернявская, Л. И. Мутность растворов сахара и методы ее уменьшения / Л. И. Чернявская, В. Н. Кухар // Сахар. – 2014. – № 3. – С. 38–45.

8. Петров, С. М. Повышение качества свекловичного сахара до экспортного уровня / С. М. Петров, В. И. Тужилкин, С. Л. Филатов // Сахар. – 2017. – № 5. – С. 30–33.

9. Состояние пищевой системы утфеля I кристаллизации при совокупном действии АВ, деколоранта сахара, антинакипина / Л. И. Беяева [и др.] // Вестн. ВГУИТ. – 2018. – Т. 80, № 4. – С. 151–155.

10. Агафонов, Г. В. О технологическом качестве сахарной свеклы, пораженной сосудистым бактериозом / Г. В. Агафонов, Н. Г. Кульнева, Л. Н. Путилина // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2018. – № 1. – С. 46–50.

11. Чернявская, Л. И. Содержание зольных элементов в белом сахаре, методы их контроля и снижения / Л. И. Чернявская, В. Н. Кухар, А. П. Чернявский // Сахар. – 2017. – № 11. – С. 40–47.

УДК 664.143

**А. В. Рыжакова, доктор технических наук, профессор;
М. С. Головизнина**

*Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова,
г. Москва, Российская Федерация*

РАЗРАБОТКА ЕДИНОГО МЕХАНИЗМА ВЕРИФИКАЦИИ ЭКСПЕРТНОЙ ГРУППЫ НА КОНДИТЕРСКОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Аннотация. Сенсорная оценка пищевых товаров – один из важнейших методов оценки качества товаров. Специально отобранная группа экспертов может осуществлять контроль качества пищевой продукции с высокой степенью воспроизводимости полученных результатов, однако при ненадлежащей подготовке и оценке работы дегустаторов результаты испытаний могут быть ошибочными. В связи с этим нами, на примере кондитерского производства, предложен механизм верификации экспертной группы, осуществляющей контроль производимой продукции, и даны соответствующие рекомендации.

Ключевые слова: согласованность экспертов, коэффициент конкордации, тестирование экспертов, сенсорная оценка.

**A. V. Ryzhakova, Doctor of Technical Sciences, Professor;
M. S. Goloviznina**

*Plekhanov Russian University of Economics,
Moscow, Russian Federation*

A UNIFIED MECHANISM DEVELOPMENT FOR VERIFICATION OF THE EXPERT GROUP AT A CONFECTIONERY ENTERPRISE

Abstract. Sensory evaluation of food products is one of the most important methods of the goods quality assessing. A specially selected group of experts can carry out quality control of food products with a high degree of reproducibility of the results obtained, but with improper training and assessment of the tasters' work, the test results may be erroneous. In this regard, using the example of confectionery production, we have proposed a mechanism for verifying the expert group that monitors the manufactured products and given appropriate recommendations.

Keywords: expert agreement, coefficient of concordance, expert testing, sensory evaluation.

На сегодняшний день в условиях высокой конкуренции между производителями пищевых товаров качество продуктов является ключевым аспектом, который одинаково важен как для производителя, так и для потребителя. При этом органолептический анализ выступает основным инструментом для оценки потребительских достоинств пищевых продуктов. Научно организованный органолептический анализ по степени чувствительности превосходит многие лабораторные методы исследования, особенно если речь идет о таких показателях, как вкус, запах, консистенция и структура [2]. Однако, стоит от-

метить, что достоверность полученных путем органолептического анализа данных будет высокой только в том случае, когда оценку продукции производит отобранная специальным образом экспертная группа с высокой степенью согласованности мнений экспертов.

С целью подтверждения заявленной гипотезы нами были проведены исследования трех групп экспертов с использованием коэффициента конкордации на московской кондитерской фабрике. В качестве экспертов были отобраны сотрудники (отдела разработки продукции, отдела качества и отдела дегустаций), осуществляющие входной контроль и приемку поступающего сырья на предприятия, прежде всего по сенсорным характеристикам.

Объектами экспертизы являлись специально отобранные образцы (5 штук) с различным уровнем качества. Дегустаторам предстояло оценить пять опытных образцов и проранжировать их между собой с учетом комплексной оценки внешнего вида, вкуса, аромата и консистенции по 5-балльной шкале, где 1 – образец с самым низким уровнем качества, а 5 – с самым высоким. Результаты комплексного тестирования экспертов трех групп, представленные в табл. 1, 2 и 3, позволили рассчитать коэффициент конкордации Кенделла (W), варьирующийся от 0 до 1. При $W = 0$ согласованность мнений экспертов отсутствует, а при $W = 1$ – согласованность полная. Обычно считается, что согласованность вполне достаточна, если $W > 0,5$.

Таблица 1. Расчет коэффициента конкордации экспертов отдела разработки новой продукции

Образец	Ранги							Отклонение от среднего	Квадрат отклонения от среднего
	1	2	3	4	5	6	Сумма рангов		
1А	1	1	1	1	1	1	6	–12	144
2А	2	2	2	2	2	2	12	–6	36
3А	3	4	3	4	4	4	22	4	16
4А	4	3	4	3	3	3	20	2	4
5А	5	5	5	5	5	5	30	12	144
Среднее	–	–	–	–	–	–	18	–	–
Сумма	–	–	–	–	–	–	–	–	344
W	–	–	–	–	–	–	–	–	0,96

Таблица 2. Расчет коэффициента конкордации экспертов отдела качества

Образец	Ранги					Отклонение от среднего	Квадрат отклонения от среднего
	1	2	3	4	Сумма рангов		
1А	1	1	1	2	5	5	25
2А	2	2	3	1	8	8	64
3А	3	5	4	3	15	15	225
4А	4	3	5	4	16	16	256
5А	5	4	2	5	16	16	256
Среднее	–	–	–	–	11		–
Сумма	–	–	–	–	–	–	826
W	–	–	–	–	–	–	0,68

Таблица 3. Расчет коэффициента конкордации экспертов отдела дегустаций

Образец	Ранги					Отклонение от среднего	Квадрат отклонения от среднего
	1	2	3	4	Сумма рангов		
1А	1	1	2	2	6	6	36
2А	2	3	1	3	9	9	81
3А	4	2	3	5	14	14	196
4А	3	4	4	4	15	15	225
5А	5	5	5	1	16	16	256
<i>Среднее</i>	–	–	–	–	12	–	–
<i>Сумма</i>	–	–	–	–	–	–	794
<i>W</i>	–	–	–	–	–	–	0,46

Анализ табл. 1–3 позволил констатировать, что представители отдела разработки новой продукции имеют высокую степень согласованности, в то время как сотрудники отдела дегустаций не отвечают установленным критериям ($W < 0,5$).

Следует отметить актуальность и своевременность данной работы на конкретном кондитерском предприятии, вызванной не всегда корректными результатами приемочного контроля сырья и готовых изделий отдельных экспертов отдела дегустаций. Несмотря на то, что определенное сырье было принято на этапе приемочного контроля, впоследствии на производстве с ним начинали происходить определенные химические процессы, приводящие к порче готового продукта. Так, нами было предположено, что экспертная группа имеет низкую степень согласованности, а также сенсорные способности дегустаторов длительное время не подвергались надлежащему контролю. Следовательно, вышеназванная группа экспертов нуждается как в дополнительном обучении сенсорному анализу, так и в тщательном тестировании их сенсорных способностей на основании следующих видов (типов) тестов:

- 1) тесты, направленные на выявление нарушений сенсорной чувствительности;
- 2) тесты, нацеленные на установление остроты восприятия определенных характеристик;
- 3) тесты, направленные на потенциальную способность кандидата описывать и связывать воспринимаемые ощущения.

Поэтому на первом этапе наших исследований необходимо было установить способность работников (дегустаторов) различать основные виды вкуса: кислый, горький, соленый, сладкий, металлический и умами, позволивших определить отсутствие агевзии (отсутствие чувствительности по вкусовым стимулам) у всех экспертов.

На втором этапе были идентифицированы пороги распознавания вкусовых веществ, где порог ощущения – это такая концентрация раствора, при которой эксперт ощущает вкус, но еще не может его идентифицировать; порог распознавания – та концентрация вещества, при которой вкус распознается и идентифицируется правильно; дифференциальный порог – то минимальное изменение количества вещества, которое вызывает у испытуемого изменения интенсивности ощущений. Тестирование порогов распознавания вкусовых веществ

проводились при помощи метода треугольника, когда на дегустацию эксперту предлагается два образца исследуемого вещества и вода (т. е. нейтральная среда). При этом чувствительность экспертов в дальнейшем можно усилить, если проводить тренировочные тестирования и уменьшать пороги [3–5].

На заключительном этапе испытаний нами выявлены эксперты, нуждающиеся в дополнительном обучении и тестировании.

Итак, сенсорная оценка является важным этапом при разработке нового продукта. При правильном внедрении органолептической оценки и ее последующем контроле, а также тщательном отборе членов комиссии и их эффективном обучении, она может обеспечить множество преимуществ для пищевого производства и сформировать основу, на которой могут быть приняты точные решения в отношении рассматриваемого пищевого продукта [1].

Таким образом, мнение о том, что органолептический анализ является субъективным и невоспроизводимым, резонно лишь в том случае, когда группа экспертов отобрана случайным образом, их сенсорные способности не протестированы и согласованность или низкая, или не определена вообще. В связи с этим разработка единого механизма верификации экспертной группы на кондитерском предприятии позволит создавать дегустационную группу экспертов с учетом их индивидуальных способностей, проводя определенные мероприятия для выявления их сенсорной чувствительности и последующей согласованности как группы. При этом группа экспертов должна проходить периодические повторные тестирования их сенсорных способностей. Предложенный механизм верификации экспертной группы на кондитерском предприятии рекомендован для масштабирования на пищевых предприятиях как при оценке качества сырьевых ингредиентов, так и самих товаров при производстве.

Список использованных источников

1. Родина, Т. Г. Сенсорный анализ как составляющая товарной экспертизы пищевых продуктов // Международная торговля и торговая политика. – 2015. – № 1. – С. 83–95.
2. Mihafu, F. D. Implication of Sensory Evaluation and Quality Assessment in Food Product Development: A Review / F. D. Mihafu, J. Y. Issa, M. W. Kamiyango // Curr. Res. Nutr. Food Sci. – 2020. – № 8 (3).
3. Kohyama, K. Food Texture – Sensory Evaluation and Instrumental Measurement / K. Kohyama // Textural Characteristics of World Foods. – 2020. – P. 1–13.
4. Ryzhakova, A. V. Comparison of Russian and foreign experience of confectionery sensory evaluation. Quality, control, and expertise of goods / A. V. Ryzhakova, M. S. Goloviznina. – Varna : University of Economics. – P. 142–147.
5. Головизнина, М. С. Сенсорный анализ плиточного шоколада как основа определения отличительных особенностей его вкусоароматических характеристик / М. С. Головизнина, А. В. Рыжакова // Региональные рынки потребительских товаров: качество, экологичность, ответственность бизнеса : материалы III Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, Красноярск, 10–11 декабря 2020 г. / отв. за вып. Ю. Ю. Суслова. – Красноярск : Сибирский федеральный ун-т, 2021. – С. 47–50.
6. Ryzhakova, A. V. Comparison of Russian and foreign experience of confectionery sensory evaluation / A. V. Ryzhakova, M. Goloviznina // Качество, контроль и экспертиза на стоките : сб. докладов от Кръгла маса с международно участие, Варна, 31 мая 2019 г. – Варна : Наука и икономика, 2019. – P. 142–147.

УДК 631.8 +579.64

М. Е. Баганова, В. К. Чеботарь, кандидат биологических наук

*ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
сельскохозяйственной микробиологии»,
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация*

ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА РОСТОВЫЕ ПРОЦЕССЫ И УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Аннотация. В статье представлены результаты использования биологически активных минеральных удобрений и их влияние на рост и развитие сельскохозяйственных культур. Изложены методики проведения исследований, а также результаты биометрических показателей роста растений, содержания хлорофиллов, активности фосфорилазы.

В вариантах с биологизированными минеральными удобрениями наблюдался прирост вегетативной массы растений на 6,3–33,7 %, увеличение содержания хлорофиллов на 11,4–22,6 %. Также применение биологически активных минеральных удобрений положительно влияет на усвояемость фосфора.

Ключевые слова: биологически активные минеральные удобрения, агрономически ценные штаммы микроорганизмов.

M. E. Baganova, V. K. Chebotar, Candidate of Biological Sciences

*FSBSI "All-Russian Scientific Research Institute of Agricultural Microbiology",
Saint Petersburg, Russian Federation*

THE EFFECT OF BIOLOGICALLY ACTIVE MINERAL FERTILIZERS ON GROWTH PROCESSES AND IMPROVEMENT OF CROP QUALITY

Abstract. The article presents the results of the use of biologically active mineral fertilizers and their impact on the growth and development of crops. Research methods are described, as well as the results of biometric indicators of plant growth, chlorophyll content, and phosphorylase activity.

In the variants with biologized mineral fertilizers, there was an increase in the vegetative mass of plants by 6,3–33,7 %, an increase in the content of chlorophylls by 11,4–22,6 %. Also, the use of biologically active mineral fertilizers has a positive effect on the digestibility of phosphorus.

Keywords: biologically active mineral fertilizers, agronomically valuable strains of microorganisms.

Введение. Управление биологическими процессами в агроэкосистемах возможно через интродукцию агрономически ценных штаммов микроорганизмов в ризосферу растений, при этом усиливается полезное действие или ослабляется негативное влияние нежелательных факторов [1, 3, 4]. Создание биологически активных минеральных удобрений, содержащих агрономически ценные штаммы микроорганизмов, позволит повысить коэффициент их

использования за счет синергетического эффекта, оказываемого элементами питания из минеральных удобрений, необходимых для роста растений, и биологических метаболитов, оказывающих биостимулирующее, антистрессовое и другие положительные действия на растение.

Материалы и методы исследования. Для исследований были использованы биологически активные минеральные удобрения Аммофос на основе бактериального штамма *Bacillus subtilis* Ч-13. В опыте использовали следующие варианты: 1 – контроль (без внесения удобрений); 2 – МУ (минеральное удобрение Аммофос без обработки); 3 – МУ + диатомит (удобрения были опудрены диатомитом из расчета 0,4 г диатомита на 100 г удобрения); 4 – БМУ (Аммофос с нанесением бактериальных спор сорбированных на сухом носителе (диатомит), из расчета 0,4 г носителя на 100 г удобрений); 5 – БМУ2 (Аммофос, обработанный штаммом *B. subtilis* Ч-13 без использования носителя).

Перед постановкой вегетационного опыта определяли бактериальный титр в биологизированных удобрениях. Количество бактерий на 1 г удобрений: БМУ – $27,5 \cdot 10^4$, БМУ2 – $53,0 \cdot 10^4$.

Норма внесения минеральных удобрений во всех вариантах, кроме варианта без внесения удобрений, составляла – 30 г/м² (0,72 г / 1 сосуд объемом 3 л).

В опыте использовали семена кукурузы с. «Краснодарский», гороха с. «Сахарный», пшеницы яровой с. «Любава», салата листового с. «Зелёная чаша». Норма высева составляла: для кукурузы – 700 тыс. шт/га, для гороха – 1 млн 200 тыс. шт/га, для пшеницы яровой – 4 млн шт/га, для салата листового – 20 млн шт/га. Повторность опыта четырехкратная.

У растений учитывались следующие биометрические показатели: число растений и стеблей, высота растений, площадь листовой поверхности. Также определяли содержание хлорофиллов, активность фосфорилазы и содержание сухих веществ. Определение показателей проводили в фазы: для пшеницы яровой – фазы кущения, цветения, созревания, для кукурузы – фазы развития листьев, трубкования, цветения, для гороха – фазы шести листьев, цветения, созревания, для салата – фазы смыкания в рядках, созревания.

Биометрические параметры определяли по Методике государственного испытания (1983) [1]. Выявление хлорофилла проводили с помощью метода, основанного на регистрации оптических характеристик спиртовой вытяжки пигментов из листьев растений [2]. Суммарную концентрацию хлорофиллов («а + б») в экстракте проводили на основе калибровочного графика. В качестве стандартного раствора при построении калибровочной кривой использовали раствор Гетри. Активность фосфорилазы в листьях растений определяли с применением модификации метода Фиске – Суббароу [4]. Активность фермента выражали в миллиграммах неорганического фосфора на 100 г белка ткани. Содержание сухих веществ в растительном материале устанавливали методом высушивания пробы [4, 5].

Биометрические показатели. Высокая продуктивность растений определяется процессом фотосинтеза, передвижением веществ и ростом. Показа-

телем высоких морфологических потенциальных возможностей, от которых зависит продуктивность растений, является величина фотосинтезирующих органов [6, 7]. Ряд авторов указывают на прямую зависимость между линейными показателями роста растений и урожайностью [8]. Высокий уровень обеспеченности элементами минерального питания способствует увеличению фотосинтезирующих органов, их продуктивности, удлиняет продолжительность жизни листьев и, в конечном счете, повышает урожайность [6].

Минеральные удобрения оказали существенное влияние на увеличение высоты растений в различные фазы их роста и развития. Высота растений возрастала при использовании биологизированных удобрений (см. таблицу).

Биометрические показатели роста растений

Культура	Вариант опыта	Высота надземной части, см	Количество стеблей/растений, шт/сосуд	Площадь листьев, см ²
Кукуруза (фаза развития листьев)	1. Контроль	17,1 ± 0,98	9 ± 0,65	17,3 ± 0,36
	2. МУ	18,0 ± 1,17	10 ± 1,22	20,9 ± 1,57
	3. МУ + диатомит	18,5 ± 0,63	10 ± 1,14	20,1 ± 2,84
	4. БМУ	20,1 ± 0,94	9 ± 0,93	28,9 ± 1,97
	5. БМУ2	19,6 ± 0,32	10 ± 1,65	23,6 ± 0,49
Горох (фаза шести листьев)	1. Контроль	15,7 ± 1,42	5 ± 0,67	8,12 ± 0,66
	2. МУ	17,0 ± 0,69	6 ± 1,01	9,81 ± 0,87
	3. МУ + диатомит	15,9 ± 0,86	6 ± 1,32	10,1 ± 1,03
	4. БМУ	19,2 ± 1,12	7 ± 0,54	11,0 ± 1,14
	5. БМУ2	17,7 ± 0,51	6 ± 0,96	10,8 ± 0,96
Пшеница яровая (фаза всходы– кущения)	1. Контроль	28,5 ± 1,9	13 ± 2,65	7,22 ± 0,58
	2. МУ	34,2 ± 2,05	16 ± 3,24	7,93 ± 0,76
	3. МУ + диатомит	43,5 ± 1,96	15 ± 2,75	7,55 ± 1,08
	4. БМУ	43,8 ± 2,48	18 ± 3,64	11,9 ± 1,03
	5. БМУ2	42,9 ± 1,91	17 ± 2,69	9,51 ± 0,82
Салат листовой (смыкание в рядках)	1. Контроль	8,45 ± 0,57	18 ± 2,15	15,7 ± 1,65
	2. МУ	9,32 ± 0,94	21 ± 2,67	16,6 ± 1,07
	3. МУ + диатомит	9,68 ± 1,01	20 ± 1,98	23,9 ± 2,41
	4. БМУ	9,86 ± 0,67	20 ± 2,25	28,6 ± 2,06
	5. БМУ2	10,1 ± 1,09	21 ± 1,94	25,9 ± 1,98

Высота надземной части растения существенно зависела от фактора внесения удобрений. Высота растений, где применяли минеральные удобрения, была на 5–20 % больше, чем в варианте без внесения удобрения. Применение диатомита позитивно влияло на данный показатель на растениях пшеницы яровой, где прирост высоты составил 32,6 % в сравнении с удобрением без опудривания. На других видах растений влияние было менее выражено, прибавка составила 2,9–4,5 %. Биологизация минеральных удобрений также имела влияние на прирост вегетативной массы растений. Наибольший процент увеличения высоты растений в сравнении с применением обычных минеральных удобрений был выявлен у растений пшеницы яровой (33,7 %), также

наблюдали увеличение показателя у гороха (14 %), кукурузы (12,2 %) и салата (6,3 %).

Величина площади листьев коррелировала с показателями высоты растений. Биологизированные удобрения обеспечили увеличение площади листьев растений кукурузы на 46,2 %, растений гороха – на 14,6 %, пшеницы яровой – на 55 %, салата – на 76,4 % в сравнении с небιологизированным минеральным удобрением. Как и в случае с высотой растений площадь листьев была больше в вариантах с нанесением бактериальных спор, сорбированных на сухом носителе (БМУ).

Содержание хлорофиллов. Элементы минерального питания входят в состав ферментов и пигментов, непосредственно участвуя в процессе фотосинтеза. Трудно переоценить значение азота, входящего в состав хлорофилла и ферментной системы хлоропластов. Недостаток фосфора приводит к подавлению световых реакций фотосинтеза, а калия – к ингибированию карбоксилазной активности. Хлорофилл избирательно поглощает энергию света, трансформирует ее в энергию электронного возбуждения, фотохимически преобразовывает последнюю в химическую энергию. Молекулы хлорофилла связаны с белками хлоропластов.

Содержание хлорофиллов в листьях растений зависело от вида растений и варианта опыта. Установлено влияние биологически активных минеральных удобрений на содержание хлорофиллов. Так, в вариантах с биологизированными минеральными удобрениями суммарное содержание хлорофиллов было на 11,4–22,6 % больше, чем в вариантах с небιологизированными минеральными удобрениями (рис. 1).

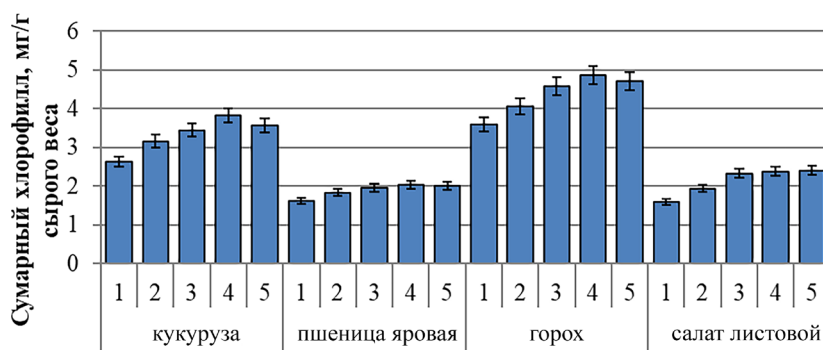


Рис. 1. Содержание суммы хлорофиллов «а» и «б» в листьях растений.
Обозначения: 1 – контроль (без внесения минеральных удобрений),
2 – МУ, 3 – МУ + диатомит, 4 – БМУ, 5 – БМУ2

Активность фосфорилазы. Ферментативный распад крахмала может осуществляться различными путями, один из которых происходит под действием фосфорилазы. В присутствии неорганического фосфора растительная фосфорилаза расщепляет глюкозидные связи с образованием глюкозо-1-фос-

фата, переводя тем самым крахмал из запасной формы в метаболически активную.

Погодные условия периода опыта отличались более холодными и влажными днями, вследствие таких погодных условий большая часть фосфора могла перейти в форму запасящего вещества – фитина.

В ходе исследований было обнаружено, что в вариантах с применением биологизированных удобрений фосфорилаза обладает большей активностью, чем в контрольных вариантах (рис. 2), возможно в данных вариантах растения более активно используют запасы неорганического фосфора.

Из диаграммы видно, что содержание неорганического фосфора уменьшилось в растениях, где применяли биологизированные удобрения на 25–70 % в сравнении с небиологизированными минеральными удобрениями, что можно объяснить резким увеличением активности фосфорилазы, которая возросла в несколько раз (рис. 2), при этом растения в данных вариантах имели большую высоту и площадь листьев.

Во всех случаях наблюдалась положительная корреляция между активностью фосфорилазы и содержанием фосфора.

На основании полученных данных можно сделать выводы, что применение биологизированных минеральных удобрений положительно влияет на усвояемость фосфора. По-видимому, возрастание активности фосфорилазы под влиянием микробных метаболитов является одним из факторов, способствующих более интенсивному росту растений.

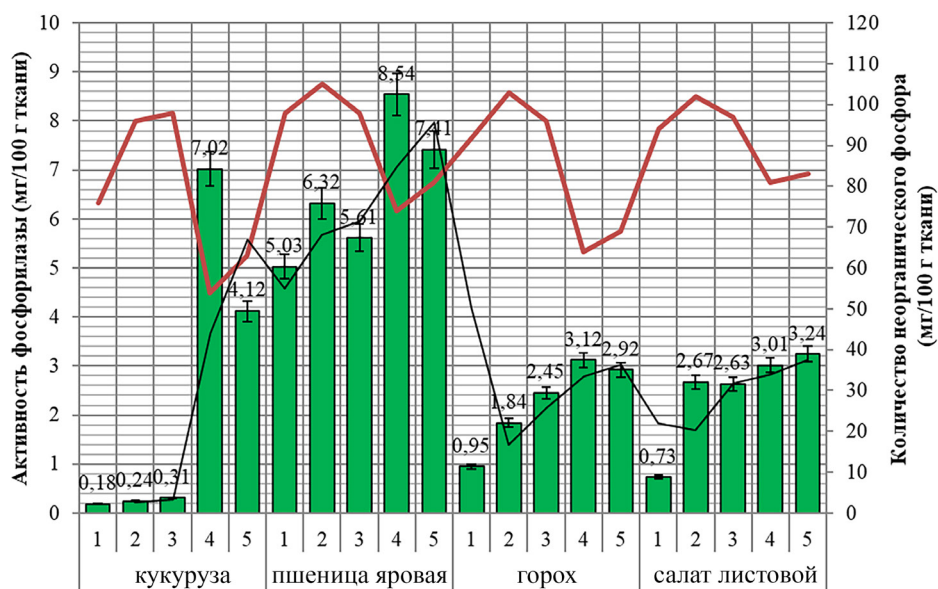


Рис. 2. Активность фосфорилазы в листьях растений.
Обозначения: 1 – контроль (без внесения минеральных удобрений),
2 – МУ, 3 – МУ + диатомит, 4 – БМУ, 5 – БМУ2

Заключение. В результате проведенных исследований показано влияние биологически активных минеральных удобрений на рост и развитие растений в начальный период вегетации, что в дальнейшем, безусловно, окажет влияние на их продуктивность и качество.

Благодарности. Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках соглашения № 075-15-2022-320 от 20 апреля 2022 г. о предоставлении гранта в форме субсидий из федерального бюджета на осуществление государственной поддержки создания и развития научного центра мирового уровня «Агротехнологии будущего».

Список использованных источников

1. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / Гос. комис. по сортоиспытанию с.-х. культур при М-ве сельск. хоз-ва СССР. – М. : Колос, 1983. – Вып. 1–2. – 57 с.
2. Влияние условий агротехники на содержание фотосинтетических пигментов в листьях озимой пшеницы / Ю. П. Федулов [и др.] // Технология возделывания основных полевых культур в современном земледелии / Тр. КубГАУ. – 1999. – № 372 (400). – С. 40–46.
3. Фомина, Н. Ю. Влияние биопрепаратов, регуляторов роста, микроудобрений и фунгицидов на продуктивность и болезнеустойчивость гороха посевного в лесостепи Зауралья : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.11 ; 06.01.09 / Н. Ю. Фомина. – Курган, 2009. – 17 с.
4. Lichtenthaler, H. K. Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents / H. K. Lichtenthaler, A. R. Wellburn // Biochem. Soc. Trans. – 1983. – Vol. 11, № 5. – P. 591–592.
5. Ермаков, А. И. Методы биохимического исследования растений / А. И. Ермаков. – Л. : Агропромиздат, 1987. – 430 с.
6. Потапов, Н. Г. Минеральное питание пшеницы / Н. Г. Потапов // Физиология с.-х. растений. – Т. 4 : Физиология пшеницы : сб. науч. тр., МГУ. – М. : Изд-во МГУ, 1969. – С. 242–297.
7. Кружилин, А. С. Физиология развития и продуктивность растений / А. С. Кружилин // Физиолого-генетические основы повышения продуктивности зерновых культур : сб. науч. тр. / ВАСХНИЛ ; под ред. Н. В. Турбина. – М. : Колос, 1975. – С. 53–63.
8. Краснова, Л. И. Реализация зерновой продуктивности озимой пшеницы в условиях Южного Урала / Л. И. Краснова, Е. Д. Ковешников // Зерновое хозяйство. – 2003. – № 1. – С. 11–13.

УДК 347.77

¹**В. В. Чуешков, кандидат технических наук;**
²**Е. А. Давыдова, кандидат технических наук;**
³**Ю. А. Гузкова**

¹*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук
по продовольствию»,*

г. Минск, Республика Беларусь

²*УО «Белорусский национальный технический университет»,*

г. Минск, Республика Беларусь

³*Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь,*

г. Минск, Республика Беларусь

ИДЕНТИФИКАЦИЯ СЫРОВ С ГЕОГРАФИЧЕСКИМ УКАЗАНИЕМ

Аннотация. Во всем мире институты охраны географических указаний и наименований мест происхождения пищевой продукции позволяют минимизировать недобросовестную конкуренцию, гарантировать высокое качество продукции, ее заявленные свойства и защищать интересы потребителя.

Одним из видов фальсификации является нарушение географических указаний. Следовательно, наряду с развитием института географических указаний в Республике Беларусь, необходимо разрабатывать инструменты для защиты отечественной пищевой продукции от недобросовестной конкуренции и фальсификации.

Ключевые слова: географическое указание, сыры, идентификация, наименование места происхождения, указание происхождения товара.

¹**V. V. Chueshkov, Candidate of Technical Sciences;**
²**E. A. Davidova, Candidate of Technical Sciences;**
³**Y. A. Huzkova**

¹*RUE “Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food”,
Minsk, Republic of Belarus*

²*Belarusian National Technical University, Minsk, Republic of Belarus*

³*Ministry of Agriculture and Food of the Republic of Belarus, Minsk, Republic of Belarus*

IDENTIFICATION OF CHEESE WITH GEOGRAPHICAL INDICATION

Abstract. All over the world the institutions of protection of geographical indications and appellations of origin of food products allow minimising unfair competition, guaranteeing high quality of products, their declared properties and protecting the interests of consumers. The contribution of geographical indications to the preservation of the environment, traditional technologies and food culture is highly valued.

One type of falsification is violation of geographical indications. Therefore, along with the development of the institution of geographical indications in the Republic of Belarus, it is necessary to develop tools to protect domestic food products from unfair competition and falsification.

Keywords: geographical indication, cheeses, identification, appellation of origin, indication of origin of goods.

Расширение рынков сбыта и увеличение экспорта продовольственных товаров – актуальная задача для нашей страны. Пищевая продукция, произведенная в Республике Беларусь, является уникальной и узнаваемой. Она давно завоевала признание как у отечественного потребителя, так и далеко за рубежом.

Одним из способов упрощения доступа на международные рынки для пищевых продуктов является разработка географических указаний. В качестве маркетингового инструмента они позволяют выделить продукты среди других и подчеркнуть добавленную стоимость их уникальных локальных особенностей, истории или отличительных характеристик.

На международном уровне правовая охрана указаний происхождения осуществляется рядом соглашений, наиболее значимые из которых: Парижская конвенция по охране промышленной собственности, Мадридское соглашение о санкциях за ложные и неправильные обозначения происхождения изделий, Соглашение по торговым аспектам прав интеллектуальной собственности и Лиссабонское соглашение об охране наименований мест происхождения товаров.

Парижская конвенция по охране промышленной собственности от 20 марта 1883 г. [1] является основным документом, регламентирующим охрану указаний происхождения. Она распространяется в том числе на продукцию сельскохозяйственного производства, например, на вино, зерно, фрукты и т. д.

Лиссабонским соглашением об охране наименований мест происхождения товаров и их международной регистрации от 31 октября 1958 г. [2] регулируются вопросы правовой охраны наименований мест происхождения товаров применительно к любым их видам. Женевским актом Лиссабонского соглашения о наименованиях мест происхождения и географических указаниях от 20 мая 2015 г. даются определения таких понятий, как *географическое указание* и *наименование места происхождения товара*.

Национальное законодательство стран Европейского союза регулирует вопросы охраны указаний происхождения, географических указаний, наименований места происхождения продукции уже более четырех десятилетий, что свидетельствует об их высокой значимости. Впервые правила защиты географических указаний и мест происхождения сельскохозяйственных продуктов и продовольственных товаров на законодательном уровне были установлены Постановлением Совета (Европейского экономического сообщества (ЕЭС)) № 2081/92 от 14 июля 1992 г. В дальнейшем законодательство по охране географических указаний и мест происхождения пищевой продукции совершенствовалось в части упрощения процедуры регистрации и усиления защиты интересов как потребителя, так и производителя.

В настоящее время в Европейском союзе действует постановление (ЕС) 2024/1143 Европейского парламента и Совета от 11 апреля 2024 г. о географических указаниях для вина, спиртных напитков и сельскохозяйственной продукции, а также гарантиях традиционности и дополнительных условиях качества для сельскохозяйственной продукции [3].

В соответствии с данным постановлением различают:

указание происхождения (designations of origin) – наименование региона, определенного места или, в исключительных случаях, страны, используемое для индивидуализации сельскохозяйственного продукта или продукта питания, происходящего с территории данного региона, местности или страны, качество и характеристики которого исключительно или главным образом связаны с географической средой данной территории, местными традиционными или естественными факторами, производство, обработка и подготовка такого продукта осуществляется в пределах территории определенного географического объекта;

географическое указание (geographical indication) – наименование региона, определенного места или, в исключительных случаях, страны, используемое для индивидуализации сельскохозяйственного продукта или продукта питания, происходящего с территории данного региона, конкретной местности или страны, определенное качество, репутация или другие характеристики которого обусловлены местом его географического происхождения, производство, и (или) обработка, и (или) подготовка продукта осуществляется в пределах территории установленного географического объекта.

Предусматривается два вида географических указаний: охраняемые указания происхождения (Protected Designations of Origin, PDO) и охраняемые географические указания (Protected Geographical Indications, PGI), которые различимы по степени обусловленности характеристик продукта особенностями географической среды определенного региона и привязанностями к нему процессов производства продукта.

Система Европейского союза PDO/PDI сходна с аналогичными национальными системами стран, например: Швейцарии и Франции – Appellation d'Origine Protegee (AOP) и Appellation d'Origine Controllee (AOC), Италии – Denominazione di Origine Controllata (DOS), Испании – Denominacion de Origin (DOC), Португалии – Denominacao de Origem Controlada (DOC).

Правила маркировки, касающиеся защищенных обозначений происхождения (PDO) и защищенных географических указаний (PGI) винодельческой продукции, отражены в постановлении (ЕС) № 1308/2013 Европейского парламента и Совета от 17 декабря 2013 г., устанавливающем общую организацию рынков сельскохозяйственной продукции [4].

Гарантия традиционности (Tradition Speciality Guaranteed, TSG) регулируется постановлением (ЕС) 2024/1143. Для гарантий традиционности не имеет значения место изготовления продукта и происхождения сырья. Основным требованием является соблюдение традиционных правил его производства без какой-либо привязки к конкретному географическому региону [3]. В странах Европейского союза можно встретить и другие указания места происхождения пищевой продукции, такие как *островное земледелие* или *горный продукт* [5, 6].

В нашей стране отношения, возникающие в связи с правовой охраной и использованием географических указаний, регулирует Закон Республики Беларусь от 7 июля 2002 г. № 127-З «О географических указаниях» [7].

В соответствии с данным законом *географическое указание* – обозначение, которое идентифицирует товар как происходящий с территории страны либо из региона или местности на этой территории, где определенные качество, репутация или другие характеристики товара в значительной степени связываются с его географическим происхождением. При этом понятие «географическое указание» включает понятия «наименование места происхождения товара» и «указание происхождения товара».

Не признается наименованием места происхождения товара обозначение, хотя и представляющее собой наименование географического объекта или содержащее его наименование, но вошедшее в Республике Беларусь во всеобщее употребление как обозначение товара определенного вида, не связанное с местом его изготовления [7].

Тем не менее, несмотря на имеющиеся возможности в Республике Беларусь, отечественные производители не проявляют высокой активности для получения прав на пользование заявленным географическим указанием. По данным Национального центра интеллектуальной собственности, в перечне наименований мест происхождения товаров, географических указаний, сведения о которых внесены в Государственный реестр Республики Беларусь, только два отечественных предприятия зарегистрировали три объекта с географическим указанием: ЗАО «Минский завод безалкогольных напитков» зарегистрировал минеральную воду «Минская» и ОАО «Лидское пиво» – пиво «Лидское» и квас «Лидский».

Следует отметить, что нарушения в географических указаниях продукции сегодня рассматриваются как ее фальсификация [8].

В настоящее время в перечне наименований мест происхождения товаров, географических указаний, сведения о которых внесены в госреестр Республики Беларусь, указаны итальянские сыры Парамиджано реджано и Горгонзола. При этом описание особых свойств, качества, репутации или иных характеристик этих сыров, в значительной степени обусловленных географическим происхождением, характерными для данного географического объекта природными условиями и (или) людскими факторами, не является уникальным. Однако, с целью предотвращения мошенничества, разрабатываются критерии идентификации продукции с географическим указанием, а также методы для определения географической продукции сыроделия [6, 9].

Следовательно, наряду с развитием института географических указаний в Республике Беларусь, необходимо разрабатывать инструменты для защиты отечественной пищевой продукции от недобросовестной конкуренции и фальсификации.

Получив право пользования географическим указанием, белорусский производитель не только подтвердит оригинальность своего товара и его качество, но и поспособствует формированию положительного имиджа своего региона, города, деревни и страны в целом. А если учесть тот факт, что в нашем государстве для отдельных территорий введен безвизовый режим для

иностранных граждан, то открываются дополнительные инструменты для развития туристического бизнеса с дальнейшим продвижением своего регионального бренда, раскрытием уникальности историко-культурного и духовного наследия Беларуси [10].

Список использованных источников

1. Парижская конвенция по охране промышленной собственности от 20 марта 1883 г. [Электронный ресурс] // Федеральный ин-т промышленной собственности. – Режим доступа: <https://www.fips.ru/documents/international-documents/konventsii/parizhskaya-konventsiya-pokhrane-ps.php>. – Дата доступа: 28.05.2024.
2. Лиссабонское соглашение об охране наименований мест происхождения и их международной регистрации от 31 октября 1958 г. [Электронный ресурс] // Гарант. – Режим доступа: <https://base.garant.ru/2560081>. – Дата доступа: 28.05.2024.
3. Regulation (EU) 2024/1143 of the European Parliament and of the Council of 11 April 2024 on geographical indications for wine, spirit drinks and agricultural products, as well as traditional specialities guaranteed and optional quality terms for agricultural products [Electronic resource] // EUR-Lex. – Mode of access: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX%3A32024R1143>. – Date of access: 28.05.2024.
4. Regulation (EU) № 1308/2013 of the European Parliament and of the Council of 17 December 2013 establishing a common organisation of the markets in agricultural products and repealing [Electronic resource] // EUR-Lex. – Mode of access: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32013R1308>. – Date of access: 28.05.2024.
5. Commission Delegated Regulation (EU) No 665/2014 of 11 March 2014 supplementing Regulation (EU) No 1151/2012 of the European Parliament and of the Council with regard to conditions of use of the optional quality term ‘mountain product’ [Electronic resource] // EUR-Lex. – Mode of access: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_del/2014/665/oj. – Date of access: 28.05.2024.
6. Authenticity and Typicity of Traditional Cheeses: A Review on Geographical Origin Authentication Methods [Electronic resource] / M. Cardin [et al.] // Foods. – 2022. – Vol. 11, is. 21. – Mode of access: <https://www.mdpi.com/2304-8158/11/21/3379>. – Date of access: 28.05.2024.
7. О географических указаниях [Электронный ресурс] : Закон Респ. Беларусь, 7 июля 2002 г., № 127-3 // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2024.
8. A comprehensive review of food fraud terminologies and food fraud mitigation guides [Electronic resource] / K. Robson [et al.] // Food Control. – 2021. – Vol. 120. – Mode of access: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956713520304321>. – Date of access: 28.05.2024.
9. Ruth, S. M. Food identity, authenticity and fraud: the full spectrum [Electronic resource] / S. M. Ruth, D. Granato // Foods. – 2017. – Vol. 6, is. 7. – Mode of access: https://www.researchgate.net/publication/318251285_Food_Identity_Authenticity_and_Fraud_The_Full_Spectrum. – Date of access: 28.05.2024.
10. Регистрация географических указаний поднимет имидж региональных брендов [Электронный ресурс] // Режим доступа: https://www.gknt.gov.by/news/2020/registratsiya_geograficheskikh_ukazaniy_podnimet_imidzhregionalnykh_brendov. – Дата доступа 18.07.2024.

УДК 53.087.2

¹**В. В. Чуешков, кандидат технических наук;**
²**П. С. Серенков, доктор технических наук, профессор;**
²**В. М. Романчак, кандидат технических наук, доцент;**
²**Е. А. Давыдова, кандидат технических наук**

¹*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь*

²*УО «Белорусский национальный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь*

АКТУАЛЬНОСТЬ РАЗВИТИЯ МЕТОДОВ ЭКСПЕРТНОГО ОЦЕНИВАНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ДОСТОВЕРНОСТИ ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

Аннотация. Достоверность результатов экспертных оценок зависит от ряда факторов, влияющих на объективность проводимых испытаний. Повышение достоверности субъективных измерений обеспечивается сегодня главным образом за счет их стандартизации. Однако динамика повышения достоверности за счет стандартизации факторов отстает от динамики спроса заинтересованных сторон на повышение достоверности субъективных измерений. Рассмотрены субъективные измерения с точки зрения развития теории количественных измерений, обоснована модель процесса измерений, обеспечивающая осмысленность результатов в отношении экспертных оценок.

Ключевые слова: экспертные оценки, органолептический анализ, метод, достоверность, количественные измерения.

¹**V. V. Chueshkov, Candidate of Technical Sciences;**
²**P. S. Serenkov, Doctor of Technical Sciences, Professor;**
²**V. M. Romanchack, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;**
²**E. A. Davidova, Candidate of Technical Sciences**

¹*RUE "Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food",
Minsk, Republic of Belarus*

²*Belarusian National Technical University, Minsk, Republic of Belarus*

THE RELEVANCE OF THE DEVELOPMENT OF EXPERT ASSESSMENT METHODS TO INCREASE THE RELIABILITY OF ORGANOLEPTIC CONTROL

Abstract. The reliability of the results of expert quality control analysis depends on a number of factors affecting the objectivity of the tests performed. Increased reliability of subjective measurements is achieved today mainly through their standardization. However, the dynamics of increasing reliability through standardization of factors lags behind the dynamics of stakeholder demand for increasing the reliability of subjective measurements. The work consider subjective measurements from the point of view of the development of the theory of quantitative measurements and to substan-

tiate a model of the measurement process that ensures the meaningfulness of the results in relation to expert assessments.

Keywords: organoleptic analyses, method, reliability, quantitative measurements, expert assessment.

Согласно проводимым исследованиям в области органолептического анализа было установлено, что повышение достоверности субъективных измерений обеспечивается сегодня главным образом за счет стандартизации факторов, влияющих на объективность проводимых испытаний. К таковым можно отнести: методы отбора и подготовки экспертов, условия проведения органолептического анализа, введение контрольных мер в отношении процесса измерения, методы обработки и оценки экспертной информации, валидация результатов и т. п. [1].

Известно, что достоверность результатов органолептического анализа зависит от психофизического состояния эксперта, его опыта, владения методами органолептического анализа, уровня подготовки, сенсорных способностей, условия проведения испытаний и т. д. [1].

Объективные измерения ассоциируются с измерением с помощью технических средств, а объективные методы – это методы, в которых воздействия личного мнения сведены к минимуму. Субъективные или психофизические измерения ассоциируются с измерениями ощущений, где человек выполняет роль средства измерений, а субъективный метод – метод, основанный на личных мнениях.

Следовательно, субъективные измерения, связанные с измерением ощущений, требуют особого внимания в контексте достоверности результатов. И, если в объективных измерениях достоверность результатов подкрепляется инфраструктурой процесса измерений с помощью технических средств (эталоны, прослеживаемость, сличения, повторяемость, воспроизводимость и т. п.), то для субъективных измерений ощущений достоверность результатов весьма критична. Критичность определяется связью достоверности субъективных измерений с риском некорректного принятия решения по результатам контроля и испытаний на основе полученных результатов.

Целью данной работы являлось рассмотрение субъективных измерений с точки зрения развития теории количественных измерений и обоснование модели процесса измерений, обеспечивающей осмысленность результатов в отношении экспертных оценок, обуславливающих субъективность измерений при проведении органолептических испытаний, по результатам которых формируются решения о соответствии или несоответствии.

Общепринято, что объективные измерения оперируют информационно «сильными» шкалами (интервальная, пропорциональная, абсолютная), которые называют *метрическими*. Для результатов измерений, представленных в этих шкалах, адекватность числовой формы их представления реальным свойствам объектов измерений, как правило, сомнений не вызывает. Субъективные измерения оперируют в основном информационно «слабыми» шкалами (номинальная и порядковая). Для результатов измерений, представленных

в этих шкалах, возникают сомнения относительно адекватности числовой формы их представления реальным свойствам объектов измерений.

В основу теории количественных измерений Дж. Барзилаи положена идея о том, что рассматривать стоит не столько свойства объектов, сколько отношения между объектами [2]. А *измерение* – это процесс, при котором присваивают числовые значения отношениям между объектами, а не самим объектам. Только в этом случае, по мнению Дж. Мишеля, в процессе измерения естественным образом создают, а не присваивают действительные числа [3].

Классическое определение *рейтинга* следует из скорректированной модели С. Стивенса [4, 5]. Рейтинг является результатом измерений отношений объектов эмпирической системы. Используя рейтинг, можно определить шкалу этих измерений.

Выделение шкал измерений было произведено С. Стивенсом еще в 1946 г. [4, 5]. Однако его концепция шкалирования содержит внутренние противоречия. Это связано с тем, что соответствие эмпирической и числовой систем определено интуитивно без обоснования.

По результатам анализа эволюции развития теории измерений, предложена модель количественных измерений, обеспечивающая осмысленность результатов измерений. В основе модели положены два способа измерений, в рамках которых эмпирически измеряется особый параметр – рейтинг R_{ij} , связанный с разностью или отношением искомых значений величин, по крайней мере, пары объектов – u_i и u_j .

Рассмотрим применение модели количественных измерений на следующем примере. Для реализации процедуры определения запахов в замкнутом помещении в соответствии с ГОСТ ISO 16000-30 [6] должна быть проведена проверка обонятельной способности потенциальных экспертов.

Основой программы подготовки анализа интенсивности запаха выступает шкала категорий интенсивности, реализуемая с помощью ольфактометра. Для «калибровки» аттестуемого эксперта запах каждой интенсивности должен быть ему предложен, по крайней мере, один раз. Во время последующего анализа каждую интенсивность предлагают каждому аттестуемому эксперту в случайном порядке, по крайней мере, два раза. Эксперт должен отнести каждую концентрацию *n*-бутанола к соответствующему значению интенсивности.

В качестве критерия соответствия аттестуемого эксперта требованиям служит показатель Q_value , максимальное значение Q_value для успешной оценки не должно превышать 6.

В соответствии с представленной методикой по ГОСТ ISO 16000-30 [6] было проведено тестирование эксперта, результаты которого приведены в табл. 1.

Расчетное значение критерия соответствия требованиям $Q_value = 6,33$ свидетельствует о том, что эксперт аттестацию не прошел. Однако насколько достоверным является юридически значимый результат оценки обонятельной способности эксперта? Объекты системы (концентрации запахов – 6 категорий) определены, и даже установлены отношения между ними. Тем не менее

в процессе эмпирических измерений обонятельных способностей эксперта реализуется только идентификация (распознавание) объектов системы «уровень интенсивности запаха н-бутанола – балльная оценка». Известно, что получаемые таким образом оценки могут быть представлены в номинальной шкале.

Таблица 1. Оценки эксперта

Уровень интенсивности запаха н-бутанола, реализованный с помощью ольфактометра	Оценки эксперта в баллах		
	Оценки 1-го круга	Оценки 2-го круга	Оценки 3-го круга
0	0	1	1
1	3	2	2
2	3	3	4
3	4	3	4
4	5	3	5
5	5	5	5

Эмпирическая система не реализует измерение отношений между объектами. И даже, если предположить, что эксперт в процессе «калибровки» выстроил для себя последовательность уровней интенсивности запахов, можно условно те же оценки рассматривать в шкале рангов. Но номинальная и ранговая шкалы – не метрические шкалы, оценки в которых не подлежат никаким математическим операциям. Поэтому можно утверждать, что критерий Q_value не является осмысленной информацией, т. е. оценка соответствия эксперта не является достоверной.

Для обеспечения достоверности оценки соответствия необходимо изменить эмпирическую систему модели измерений, добавив к процедуре идентификации объектов процедуру измерения отношений между объектами типа «на сколько один объект превосходит другой?» или «во сколько раз один объект превосходит другой?». Для этих целей совместно со стандартной методикой предлагается провести три дополнительных круга эмпирических измерений. Для этого регистрируем результаты измерений отношений (v_i/v_j). Выбираем базовый уровень $j = 3$ и примем значение концентрации н-бутанола на базовом уровне $v_j = 1$. Эксперт в пределах каждого круга испытаний должен определить, во сколько раз каждый из предложенных образцов (уровни $i = 1-5$) больше базового (уровень $j = 3$).

Вычисляем рейтинги $Ri3$ и в соответствии с логикой предлагаемой модели измерений на базе значений рейтинга формируем окончательные результаты измерений U_i в шкале логарифмических интервалов, масштаб которой соответствует шкале балльных категорий, и создаем табл. 2.

Выполняем частичную проверку уравнений совместности, используя метод альтернатив. В качестве критерия для принятия гипотезы о согласованности оценок эксперта по каждому кругу испытаний, полученных разными методами, выбрано условие статистической значимости коэффициентов корреляции r между оценками по модели измерений ГОСТ ISO 16000-30 [6] и результатами измерений по модели С. Стивенса.

Таблица 2. Результаты измерений уровня интенсивности запаха н-бутанола в шкале логарифмических интервалов

Уровень интенсивности запаха н-бутанола, реализованный с помощью ольфактометра	Окончательные результаты измерений U_i		
	Результаты 1-го круга	Результаты 2-го круга	Результаты 3-го круга
0	0,0	1,0	1,0
1	1,0	1,0	1,0
2	2,0	2,6	1,0
3	3,0	4,2	3,0
4	5,0	5,8	4,0
5	5,8	6,5	5,6

Коэффициенты корреляции для всех трех кругов испытаний по критерию Стьюдента являются значимыми с уровнем значимости 0,05, что свидетельствует о достаточно высокой воспроизводимости суждений эксперта, поэтому гипотеза о согласованности оценок экспертов принимается. Это позволяет рассчитать значение критерия соответствия эксперта требованиям $Q_value = 4,0$, что свидетельствует о соответствии эксперта требованиям.

Возникшую коллизию в области субъективных измерений невозможно проверить экспериментально. Единственный путь – теоретическое обоснование той или иной модели измерений. В данном примере авторы склоняются к суждению в пользу альтернативной модели измерений, так как она в полной мере соответствует обобщенным положениям классических и современных теорий измерений в части обеспечения осознанности результатов.

Таким образом, строгое определение в рамках модели количественных измерений процедуры измерений как операции сравнения и естественное вытекающее из нее определение шкалы как основы числовой системы в совокупности формируют концепцию корректной модели количественных измерений.

Список использованных источников

1. Органолептический анализ качества пищевых продуктов. Требования к испытателям / З. В. Ловкис [и др.] // Пищевая промышленность: наука и технология. – 2018. – Т. 11, № 1 (39). – С. 13–19.
2. Barzilai, J. Measurement and preference function modelling / J. Barzilai // International Transactions in Operational Research. – 2005. – Vol. 12, № 2. – P. 173–183. doi:10.1111/j.1475-3995.2005.00496.x
3. Michell, J. Quantitative science and the definition of measurement in psychology / J. Michell // British journal of Psychology. – 1997. – Vol. 88, № 3. – P. 355–383. doi:10.1111/j.2044-8295.1997.tb02641.x
4. Stevens, S. On the theory of Scales Measurement / S. Stevens // Science. – 1946. – Vol. 103, № 2684. – P. 677–680. doi:10.1126/science.103.2684.677
5. Stevens, S. S. On the psychophysical law / S. S. Stevens // Psychological Review. – 1957. – Vol. 64 (3). – P. 153–181. doi:10.1037/h0046162
6. Воздух замкнутых помещений. Ч. 30 : Органолептический анализ воздуха замкнутых помещений : ГОСТ ISO 16000-30-2017. – Введ. 01.01.2019. – М. : Стандартинформ. – 2018. – 30 с.

УДК 535.333

**А. В. Куликов, кандидат технических наук, доцент;
А. С. Данилюк, научный сотрудник;
А. А. Садовский, кандидат технических наук**

*РУП «Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси
по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОЗОНИРОВАНИЯ НА ЦВЕТНОСТЬ ПАТОЧНЫХ СИРОПОВ ИЗ ЗЕРНА КУКУРУЗЫ

Аннотация. В статье представлена информация о преимуществах озона и целесообразности использования озонных технологий в крахмалопаточной отрасли Беларуси на основании статистических данных.

Приведены результаты поискового эксперимента по исследованию влияния озонирования на цветность паточных сиропов из зерна кукурузы, дан анализ полученных результатов. Установлено положительное влияние озонирования на цветность паточных сиропов: нефiltrованного (отобранного из производства) – по истечении 2 ч озонной обработки цветность уменьшалась на 44,5 %, при этом цвет сиропа изменился от светло-коричневого до темно-желтого; фильтрованного (отобранного из производства) – по истечении 2 ч озонной обработки цветность уменьшалась на 54,2 %, при этом цвет сиропа становился более светлым, почти прозрачным, что в свою очередь должно повысить качественные показатели производимой патоки из данных сиропов.

Ключевые слова: кукуруза, крахмал, зерно, сироп, озон, продукт.

**A. V. Kulikov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
A. S. Danilyuk, Researcher;
A. A. Sadovsky, Candidate of Technical Sciences**

*RUE “Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food”,
Minsk, Republic of Belarus*

STUDY OF THE EFFECT OF OZONATION ON THE COLOR OF TREACLE SYRUPS FROM CORN GRAIN

Abstract. The presented article focuses on the advantages of ozone and the feasibility of using ozone technologies in the starch and syrup industry of Belarus based on statistical data. Information is presented on a search experiment to study the effect of ozonation on the color of molasses syrups from corn grain, and an analysis is given based on the results obtained: a positive effect of ozonation on the color of molasses syrups was established: unfiltered (selected from production) – after 2 hours of ozone treatment, the color decreased by 44,5 %, while the color of the syrup changed from light brown to dark yellow; filtered (selected from production) – after 2 hours of ozone treatment, the color decreased by 54,2 %, while the color of the syrup became lighter, almost transparent, which in turn should improve the quality indicators of molasses produced from these syrups.

Keywords: corn, starch, grain, syrup, ozone, product.

Производство крахмала и крахмалопродуктов в мире непрерывно растет, в том числе из-за высокого спроса на сахаристые крахмалопродукты (патоки различного назначения, глюкозу, глюкозно-фруктозные и мальтозные сиропы). Основные потребители патоки крахмальной карамельной, низкоосахаренной, сиропа глюкозного являются предприятия кондитерской и хлебопекарной отраслей, а патоки мальтозной – предприятия пивоваренной отрасли.

Основным отечественным производителем вышеуказанных сахаристых крахмалопродуктов является филиал «Дрогичинский крахмальный завод» ООО «Сельхозинвест», продукция которого зачастую имеет ярко желтый и золотисто-коричневый цвет, что свидетельствует о наличии в ней нежелательных примесей (красящих веществ и др.), также имеется контаминация микроорганизмами на промежуточных стадиях ее получения, что ограничивает ее использование и снижает объемы выпуска и приводит к необходимости импорта более прозрачной крахмальной патоки и сиропов.

Согласно последним данным концерна «Белгоспищепром», только предприятиями кондитерской отрасли Республики Беларусь использовано 8 975,8 т патоки и сиропов, при этом объем импортной паточной продукции составил 4 879,1 т на сумму 1 433 200 долл. США. При этом возможности завода по выпуску крахмалопаточной продукции составляют около 10 800 т в год, а среднегодовая загрузка – около 4 100 т.

В связи с низкой прозрачностью производимой патоки многие предприятия пищевой отрасли Республики Беларусь для производства отдельных видов продукции (желейных изделий, джемов, мармелада, конфет и др.) вынуждены закупать более прозрачную патоку из РФ, например, у компании «Каргилл», стоимость которой с учетом расходов по транспортировке выше производимой патоки в Республике Беларусь на 30 % и более.

На сегодняшний день в Республике Беларусь с целью улучшения цветности производимых патонок осуществляют очистку промежуточных сахаристых крахмалопродуктов (осахаренных сиропов), из которых впоследствии получают патоку, используя сборники, где происходит перемешивание сиропа с суспензией активированного угля при температуре 70–75 °С в течение 30–40 мин, которая далее подается на барабан вакуум-фильтра с заранее нанесенным фильтровальным слоем диатомита или перлита для отделения от сиропа отработанного активированного угля и нерастворимых механических включений. Однако данный способ очистки не позволяет получить прозрачную патоку, а также влечет для предприятия значительные издержки из-за высокого расхода активированного угля, намывных слоев барабана вакуум-фильтра в совокупности с постоянной их регенерацией. При этом возникают дополнительные издержки на утилизацию отработанных реагентов [1–6].

Благодаря своим окислительным способностям, озон эффективно используется в сахарной промышленности Российской Федерации для повышения качественных показателей (улучшения цветности и снижения микробиологической обсемененности) побочных, промежуточных и готовых продуктов сахарного производства.

В процессе получения патоки при глубоком гидролизе крахмала наряду с его осахариванием протекают побочные реакции реверсии глюкозы (обратимый процесс полимеризации глюкозы с образованием в основном дисахаридов, а также трисахаридов и более сложных олигосахаридов). Кроме этого, из-за кислой среды и высокой температуры частично происходит дегидратация глюкозы с образованием оксиметилфурфуrolа. При полимеризации оксиметилфурфуrolа образуются красящие вещества желто-коричневого цвета. Также образование темноокрашенных соединений обусловлено наличием в крахмале примесей, которые способствуют протеканию при высокой температуре других побочных реакций [9].

На основании вышеизложенных данных об эффективности применения озона для повышения качественных показателей продуктов сахарной промышленности, подобии промежуточных продуктов сахарного и крахмалопаточного производства (сахарные и паточные сиропы) по составу был проведен поисковый эксперимент по озонированию паточных сиропов.

Объектами исследований являлись паточные сиропы до и после фильтрации (с. в. = 29–30 %). Исследования осуществляли на производственных площадях филиала «Дрогичинский крахмальный завод» ООО «Сельхозинвест» на экспериментальной установке, представленной на рис. 1.

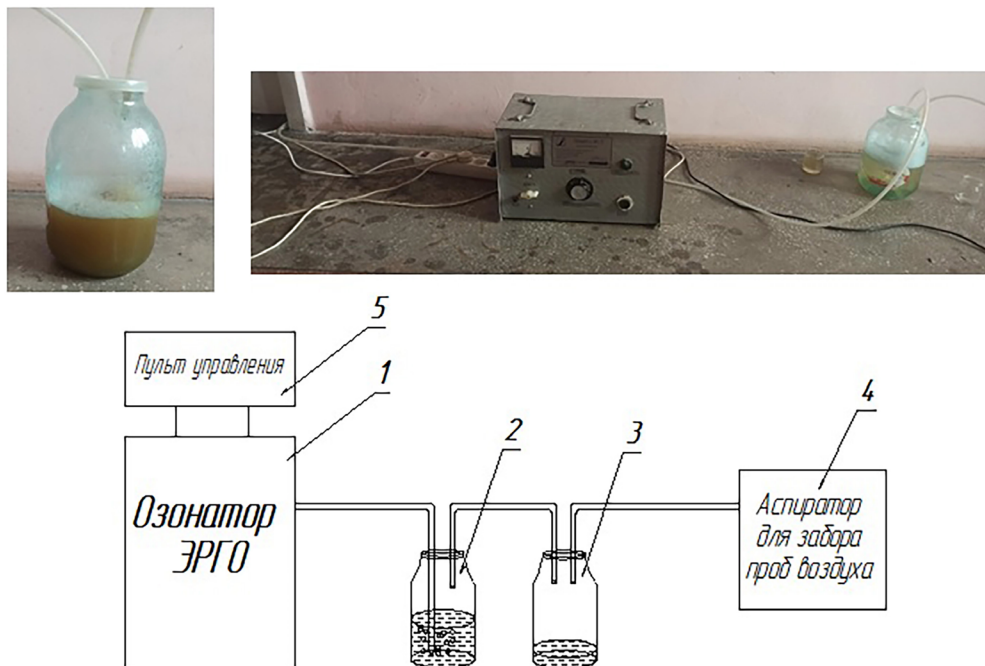


Рис. 1. Экспериментальная установка для озонирования.
Обозначения: 1 – озонатор; 2 – емкость для обработки патоки;
3 – пеносборник; 4 – аспиратор модель 822; 5 – пульт управления

Порядок эксперимента: первоначально озонировали воздух в отдельном помещении, затем – с помощью пробоотборника (аспиратора) 4 пропускалось заданное количество озонированного воздуха поочередно через паточные сиропы, помещенные в ёмкость 2. Пробы отбирали после 2 ч обработки озоном. Нефильтрованный паточный сироп (контроль) и после озонирования перед определением цветности дополнительно пропускали через фильтровальную бумагу с целью удаления механических примесей (взвешенных частиц).

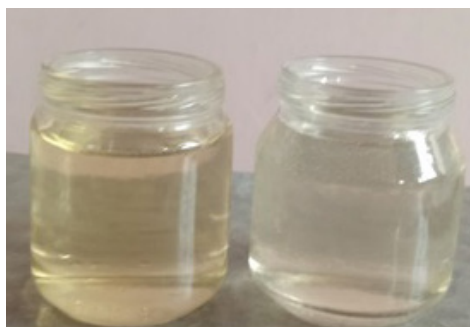
Результаты экспериментальных исследований представлены в таблице и на рис. 2.

**Результаты эксперимента по влиянию озонирования
на качественные показатели паточных сиропов**

Продукт	Содержание с. в., %	pH	Оптическая плотность	Цветность, ед. опт. пл.
Сироп до фильтрации (контроль)	29,24	5,1	0,434	574,4
Сироп до фильтрации после озонирования в течение 2 ч	30,51	4,9	0,277	318,64
Сироп после фильтрации (контроль)	30,1	4,8	0,426	522,46
Сироп после фильтрации после озонирования в течение 2 ч	30,53	4,3	0,224	239,39



a



б

Рис. 2. Образцы паточных сиропов: *a* – нефильтрованный после озонирования и исходный (контроль); *б* – фильтрованный исходный (контроль) и после озонирования

По результатам проведенного поискового эксперимента установлено положительное влияние озонирования на цветность паточных сиропов: нефильтрованного (отобранного из производства) – по истечении 2 ч озоновой обработки цветность уменьшалась на 44,5 %, при этом цвет сиропа изменился от светло-коричневого до темно-желтого; фильтрованного (отобранного из производства) – по истечении 2 ч озоновой обработки цветность уменьшалась на 54,2 %, при этом цвет сиропа становился более светлым, почти прозрачным, что в свою очередь должно повысить качественные показатели производимой патоки из данных сиропов.

Помимо полученных результатов эксперимента, обработка озоном имеет следующие достоинства [7–9]:

- возможность получать озон на месте использования из кислорода воздуха, в связи с чем не требуется доставка никаких реагентов;
- простота и доступность получения озона в электрических аппаратах (озонаторах) с низким энергопотреблением;
- озон более эффективен, чем традиционно используемые реагенты, такие как формальдегид, хлор, окись этилена; не требует дальнейшей нейтрализации и удаления из продукта, так как непрореагировавший озон разлагается естественным путем – самопроизвольно переходит в кислород;
- экологическая совместимость озона с окружающей средой.

Таким образом, применение озоновой обработки позволит обеспечить отечественные предприятия пищевой отрасли сырьем необходимого качества, снизить производственные издержки, связанные с очисткой и обесцвечиванием сахаристых крахмалопродуктов.

Список использованных источников

1. Пищевая химия / А. П. Нечаев [и др.] ; под ред. А. П. Нечаева. – СПб. : ГИОРД, 2001. – С. 592.
2. Кукурузный экстракт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=18827>. – Дата доступа: 21.06.2024.
3. Патока кукурузная [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.intelmeal.ru/nutrition/foodinfo-corn-sugur-ru.php>. – Дата доступа: 21.06.2021.
4. Патока крахмальная. Общие технические условия : ГОСТ Р 52060-2003. – Введ. 28.05.2003. – Минск : Госстандарт, 2003. – 19 с.
5. Патока крахмальная. Технические условия : ТУ ВУ 290215113.002-2006. – Минск : Госстандарт, 2006. – 19 с.
6. Программа отбора проб техно-химического контроля по участку производства крахмалопаточной продукции на 2021 год филиала «Дрогичинский крахмальный завод» ООО «Сельхозинвест». – Минск : Белгоспищепром, 2021. – 19 с.
7. Исследование влияния озono-воздушной смеси на сохранность технологичных сортов клубней топинамбура / А. А. Литвинчук [и др.] // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2020. – № 3. – С. 84–90.
8. Литвинчук, А. А. Разработка и апробация системы озонирования для водоподготовки перед розливом / А. А. Литвинчук, А. В. Куликов, А. С. Данилюк // Наука, питание и здоровье : материалы III Междунар. конгресса, Минск, 24–25 июня 2021 г. : сб. науч. тр. : в 2 ч. Ч. 2 / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по продовольствию ; под общ. ред. З. В. Ловкиса. – Минск : Беларуская навука, 2021. – С. 139–144.
9. Агеев, В. В. Повышение эффективности очистки диффузионного сока с использованием озона : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.05 / В. В. Агеев. – М., 2006. – 142 с.

УДК 664.68:664.8.037.5

**А. А. Журня, кандидат технических наук;
Т. В. Окулова**

*РУП «Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси
по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь*

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ОБРАБОТКИ НА ГЛИКЕМИЧЕСКИЙ ИНДЕКС ВЫСОКОБЕЛКОВЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ ЗЕРНОМУЧНОГО СЫРЬЯ

Аннотация. В статье представлены результаты исследования влияния различных температурных режимов обработки (охлаждения и заморозки) на гликемический индекс высокобелковых блинов и оладий, разработанных РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию». В ходе эксперимента проанализированы уровни глюкозы в крови у здоровых добровольцев после употребления разработанных продуктов, подвергнутых охлаждению до 4 °С и заморозке до –10 и –18 °С. Показано, что заморозка изделий до –10 и –18 °С снижает постпрандиальный глюкозный ответ по сравнению с охлажденными до 4 °С продуктами, а также уменьшает их гликемический индекс в среднем на 30,1 %.

Полученные результаты могут быть полезны как для производителей продуктов питания, так и для потребителей, стремящихся к здоровому образу жизни.

Ключевые слова: высокобелковые изделия, блины, оладьи, гликемический индекс, здоровые добровольцы, постпрандиальный глюкозный ответ.

**H. A. Zhurnia, Candidate of Technical Sciences;
T. V. Akulava**

*RUE “Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food”
Minsk, Republic of Belarus*

INFLUENCE OF TEMPERATURE TREATMENT ON THE GLYCEMIC INDEX OF HIGH PROTEIN PRODUCTS BASED ON GRAIN FLOUR RAW MATERIALS

Abstract. The article presents the results of a study on the effects of different processing temperature regimes (cooling and freezing) on the glycemic index of high-protein pancakes and fritters developed by the Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food. During the experiment, blood glucose levels were analyzed in healthy volunteers after consuming the developed products, which were subjected to cooling at 4 °C and freezing at –10 and –18 °C. It was shown that freezing the products at –10 and –18 °C reduces the postprandial glucose response compared to products cooled to 4 °C, as well as decreases their glycemic index by an average of 30,1 %. The obtained results may be useful for both food producers and consumers seeking a healthy lifestyle.

Keywords: high-protein products, pancakes, hash browns, glycemic index, healthy volunteers, postprandial glucose response.

Введение. В последние годы наблюдается растущий интерес к здоровому питанию и функциональным продуктам, что обусловлено изменением образа жизни и увеличением осведомленности о влиянии питания на здоровье. Одним из ключевых аспектов сбалансированного рациона является достаточное потребление белка, который играет важную роль в поддержании здоровья и жизнедеятельности организма [1].

Белок является основным строительным материалом для клеток, тканей и органов. Он участвует в синтезе ферментов, гормонов, а также обеспечивает энергетические потребности организма. Рекомендуемая суточная норма потребления белка для взрослого человека составляет около 0,8–1,0 г на кг массы тела, однако для людей с повышенной физической активностью, спортсменов и пожилых людей эта норма может быть значительно выше [2–4].

Несмотря на важность белка, многие люди не получают его в достаточном количестве из-за недостатка высококачественных его источников в рационе. Это может привести к различным проблемам со здоровьем, включая снижение иммунитета, замедление восстановления после физических нагрузок и ухудшение общего состояния [2, 4].

Разработка высокобелковых изделий, в том числе на зерномучном сырье, представляет собой эффективный способ решения проблемы недостатка белка в рационе. Такие продукты могут быть полезны для различных групп населения, включая спортсменов, людей, следящих за своим весом, пожилых людей.

Увеличение потребления высококачественного белка повышает пищевую плотность рациона, что положительно влияет на обмен веществ, иммунитет, сопротивляемость инфекциям, пищеварение, физическую активность и качество жизни.

Разнообразные функции и биологические эффекты белка и его аминокислотных компонентов способствуют снижению жировой массы, стимуляции роста мышц, поддержанию здоровья и физической формы [3, 5, 6].

Одним из важных аспектов здорового питания является контроль потребления углеводов, в частности, снижение гликемического индекса пищевых продуктов. *Гликемический индекс* (ГИ) – показатель, характеризующий, с какой скоростью углеводы, содержащиеся в продукте, усваиваются организмом и превращаются в глюкозу [7, 8].

По гликемическому индексу продукты питания классифицируются следующим образом [7–9]:

1. Продукты с низким гликемическим индексом имеют значение ГИ до 55;
2. Продукты со средним гликемическим индексом располагаются в диапазоне от 56 до 69;
3. Продукты с высоким гликемическим индексом имеют значение ГИ выше 70.

Продукты с высоким гликемическим индексом, такие как мучные изделия, сладости, картофель, некоторые крупы, быстро повышают уровень глюкозы

в крови, что приводит к резким скачкам инсулина и способствует развитию ожирения, сахарного диабета 2-го типа и сердечно-сосудистых заболеваний [7].

Продукты с низким гликемическим индексом медленно высвобождают глюкозу в кровь, обеспечивая более плавное и длительное повышение уровня инсулина. Это благоприятно сказывается на самочувствии, работоспособности и общем состоянии здоровья [7, 8].

Особую актуальность приобретает снижение гликемического индекса мучных изделий, которые традиционно занимают значительную долю в рационе большинства людей. Хлеб, выпечка, макаронные изделия и другие мучные продукты зачастую характеризуются высоким содержанием легкоусвояемых углеводов и, соответственно, высоким ГИ.

Разработка технологий производства мучных изделий с пониженным гликемическим индексом является важной научно-практической задачей. Внедрение таких технологий будет способствовать профилактике ряда заболеваний, связанных с нарушением углеводного обмена, и поддержанию здоровья населения. Диеты с низким гликемическим индексом оказывают благоприятное воздействие при диабете 2-го типа, ишемической болезни сердца и некоторых онкологических заболеваниях.

Следует отметить, что исследований по разработке способов снижения гликемического индекса пищевых продуктов проведено недостаточно.

В рамках выполнения задания Государственной программы научных исследований «Сельскохозяйственные технологии и продовольственная безопасность» на 2021–2025 годы специалистами РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» были разработаны рецептуры и изготовлены лабораторные образцы высокобелковых изделий с использованием белков животного, растительного происхождения, а также их комбинаций: ржано-пшеничные оладьи с пшеничным белком; пшеничные блины с концентратом сывороточного белка (КСБ-80); пшеничные блины с КСБ-80 и пшеничным белком.

Лабораторные образцы высокобелковых блинов и оладий подвергались различной температурной обработке: охлаждению до температуры 4 °С, заморозке до достижения температуры –10 °С и заморозке до температуры –18 °С.

Заморозка высокобелковых изделий проводилась с использованием аппарата шоковой заморозки Valmar AB06. Перед началом процесса температура в рабочей камере аппарата снижалась до –25 °С, затем в камеру помещались изготовленные образцы, в которые вставляли контактный термометр, предназначенный для контроля температуры внутри образцов.

Разогрев замороженных высокобелковых блинов и оладий осуществляли в печи СВЧ при мощности 600 W ($t \sim 100$ °С) в течение 4 мин без предварительной разморозки.

Гликемический индекс высокобелковых изделий определяли путем обработки графиков зависимости содержания глюкозы в капиллярной крови от времени, установленного после употребления здоровыми добровольцами стандартизированной порции продукта, содержащей 50 г углеводов [10, 11].

В исследовании принимало участие 15 добровольцев, средний возраст которых составил (30 ± 10) лет. Все участники исследования соответствовали критериям включения: подписанное и датированное информированное согласие; ИМТ $< 30 \text{ кг/м}^2$; способность выполнять предписания исследователей и соблюдать необходимые по протоколу испытания процедуры.

Добровольцы с хроническими заболеваниями, связанными с обменом веществ (заболевания печени, почек, поджелудочной железы, врожденные метаболические заболевания, аутоиммунные заболевания, воспалительные заболевания кишечника, целиакия), сахарным диабетом 1-го и 2-го типа, злокачественными новообразованиями в анамнезе, неконтролируемым нарушением липидного обмена, были исключены из исследования.

Кроме того, критерием невключения в исследование являлось использование добровольцами каких-либо биологических пищевых добавок в течение 3 месяцев до исследования, а также прием лекарственных средств, которые влияют на уровень глюкозы.

Отбор крови осуществляли, используя стерильные одноразовые ланцеты, спиртовые салфетки. Экспресс-содержание глюкозы устанавливали при помощи одноразовых тест-полосок на приборе ACCU-CHECK® Active. Ошибка параллельных определений – 10 %.

Методика определения гликемического индекса регламентируется международным стандартом ISO 26642:2010. Согласно данному стандарту площадь под получившейся кривой в стандарте ISO 26642:2010 называется IAUC – Incremental Area Under the (blood glucose response) Curve, что можно перевести как площадь под кривой (уровня сахара в крови). Так как изменение уровня сахара в крови в результате употребления одной и той же порции продукта каждым из добровольцев будет различным, для одного исследуемого продукта питания получены 4 значения IAUC [11]. Аналогичным образом для каждого из добровольцев определяли IAUC эталонного продукта (50 г чистой глюкозы).

Гликемический индекс тестируемого продукта рассчитывали по формуле

$$\text{ГИ} = (\text{IAUC тестируемого продукта} / \text{IAUC глюкозы}) \times 100.$$

Схема эксперимента представлена в табл. 1.

Таблица 1. Схема проведения эксперимента

День	Продукт	Измерение глюкозы через, мин
1	Глюкоза натощак	30, 60, 90, 120
2	Свежеприготовленные высокобелковые продукты, охлажденные до 4 °С и разогретые в СВЧ-печи при мощности 600 W	30, 60, 90, 120
3	Замороженные высокобелковые продукты до температуры –10 °С и разогретые в СВЧ-печи при мощности 600 W	30, 60, 90, 120
4	Замороженные высокобелковые продукты до температуры –18 °С и разогретые в СВЧ-печи при мощности 600 W	30, 60, 90, 120

Результаты исследования по оценке влияния высокобелковых изделий на основе зернучного сырья на постпрандиальный глюкозный ответ у здоровых взрослых добровольцев представлены на рис. 1–3.

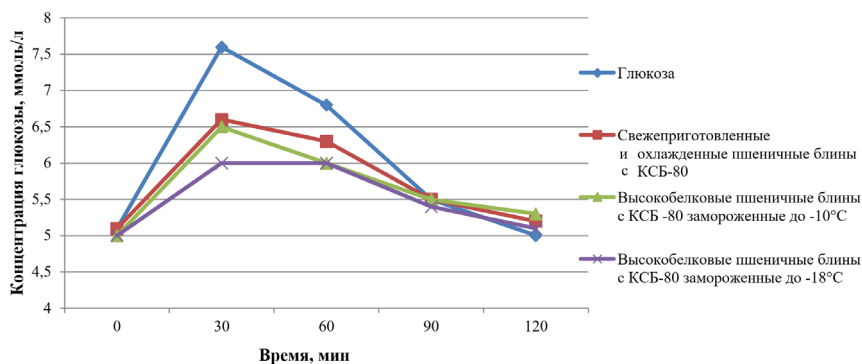


Рис. 1. Изменение уровня глюкозы в крови добровольцев при потреблении высокобелковых пшеничных блинов с КСБ-80

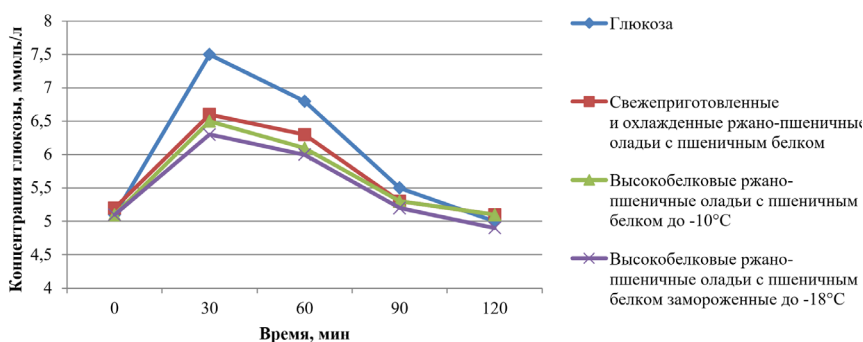


Рис. 2. Изменение уровня глюкозы в крови добровольцев при потреблении высокобелковых ржано-пшеничных оладий с пшеничным белком

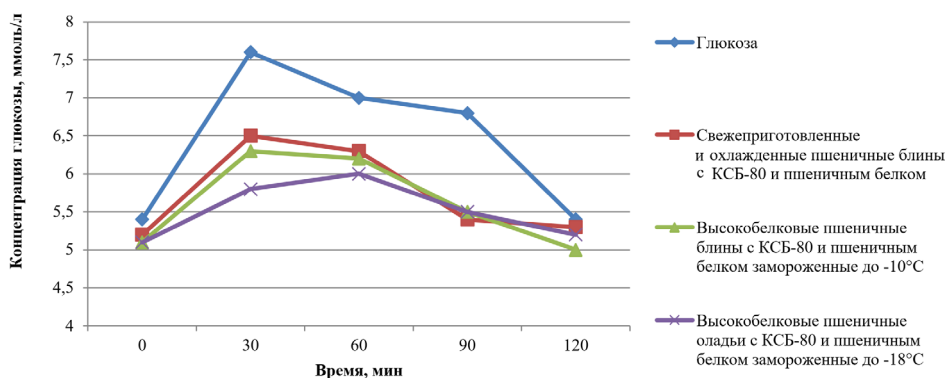


Рис. 3. Изменение уровня глюкозы в крови добровольцев при потреблении высокобелковых пшеничных блинов с КСБ-80 и пшеничным белком

В соответствии с анализом проведенных исследований установлено, что пиковое повышение уровня глюкозы в крови испытуемых при потреблении высокобелковых блинов и оладий, замороженных до температуры -10°C , было меньше на 1,5–3,2 %; до температуры -18°C – меньше на 4,7–11,3 %, чем после потребления свежеприготовленных и охлажденных до 4°C изделий.

На основании полученных средних значений IAUC рассчитан гликемический индекс для каждого образца высокобелковых продуктов на основе зерномучного сырья, представленный в табл. 2.

Таблица 2. Гликемический индекс высокобелковых блинов и оладий при различной температурной обработке

Образец	Площадь под кривой изменения сахара в крови после употребления пищевого продукта (IAUC)	ГИ
<i>Высокобелковые пшеничные блины с КСБ-80</i>		
Контроль (глюкоза)	142	100
Свежеприготовленные высокобелковые пшеничные блины с КСБ-80, охлажденные до 4°C	103	73
Замороженные высокобелковые пшеничные блины с КСБ-80 до температуры -10°C	92	65
Замороженные высокобелковые пшеничные блины с КСБ-80 до температуры -18°C	86	60
<i>Высокобелковые пшеничные блины с КСБ-80 и пшеничным белком</i>		
Контроль (глюкоза)	135	100
Свежеприготовленные высокобелковые пшеничные блины с КСБ-80 и пшеничным белком, охлажденные до 4°C	94	70
Замороженные высокобелковые пшеничные блины с КСБ-80 и пшеничным белком до температуры -10°C	91	67
Замороженные высокобелковые пшеничные блины с КСБ-80 и пшеничным белком до температуры -18°C	78	57
<i>Ржано-пшеничные оладьи с пшеничным белком</i>		
Контроль (глюкоза)	142	100
Свежеприготовленные высокобелковые ржано-пшеничные оладьи с пшеничным белком, охлажденные до 4°C	91	64
Замороженные высокобелковые ржано-пшеничные оладьи с пшеничным белком до температуры -10°C	84	59
Замороженные высокобелковые ржано-пшеничные оладьи с пшеничным белком до температуры -18°C	73	51

Таким образом, установлено, что заморозка изделий до -18°C способствует снижению гликемического индекса высокобелковых изделий на основе зерномучного сырья в среднем на 30,1 % (с 73 до 51 %), предположительно за счет образования резистентного крахмала, который способствует меньшему повышению уровня глюкозы в крови.

Заключение. Анализируя результаты данного исследования, можно сделать вывод, что употребление высокобелковых продуктов на основе зер-

номучного сырья, подвергшихся заморозке до -10 и -18 °C, снижает пост-приандиальный глюкозный ответ у взрослых добровольцев на 1,5–3,2 % и 4,7–11,3 %, соответственно по сравнению с изделиями, охлажденными до 4 °C.

Предложенная термическая обработка способствует снижению гликемического индекса мучных изделий – блинов и оладий, которые обычно считаются продуктами с высоким гликемическим индексом, в среднем на 30,1 %. Данное снижение, вероятно, обусловлено образованием резистентного крахмала, который обладает пребиотическими свойствами, т. е. служит субстратом для роста нормальной кишечной микрофлоры, улучшая процесс пищеварения. Данные результаты подчеркивают необходимость дальнейшего изучения влияния различных методов обработки продуктов питания на их гликемический индекс, что имеет большое значение для разработки диет, направленных на управление уровнем сахара в крови и улучшение общего состояния здоровья населения.

Результаты выполнения исследования могут быть использованы отечественными предприятиями при разработке новых диабетических продуктов и продуктов функционального и специализированного назначения.

Список использованных источников

1. Шендеров, Б. А. Функциональное питание и его роль в профилактике метаболического синдрома. – М. : ДеЛи принт, 2008. – 319 с.
2. Sudhakararao, G. Physiological Role of Proteins and their Functions in Human Body / G. Sudhakararao, G. Kiran // *Int. J. Pharma. Res. Health. Sci.* – 2019. – Vol. 7, № 1. – P. 2874–2878.
3. Jackson, A. A. Protein / A. A. Jackson, S. Truswell // *Essentials of Human Nutrition* / J. Mann, S. Truswell. – 3rd ed. – Oxford Univ. Press : Oxford, UK, 2007. – P. 53–72.
4. Нутрициология : учебник / Л. З. Тель [и др.]. – М., 2021. – С. 4.
5. Effect of protein intake on strength, body composition and endocrine changes in strength/power athletes / J. R. Hoffman [et al.] // *J. Int. Soc. Sports Nutr.* – 2006. – Vol. 3, № 13. – P. 8–12.
6. Stefan, M. The effects of protein supplements on muscle mass, strength, and aerobic and anaerobic power in healthy adults: a systematic review / M. Stefan, T. M. McLellan // *Sports Med.* – 2015. – Vol. 45, № 1. – P. 111–131.
7. Food order has a significant impact on postprandial glucose and insulin levels / A. Shukla [et al.] // *Diabetes Care.* – 2015. – Vol. 38, № 7. – P. e98–99. doi:10.2337/dc15-0429
8. Черникова, Н. А. Гликемический индекс и его роль в управлении и контроле сахарного диабета / Н. А. Черникова, О. А. Кнышенко // *Эндокринология : новости, мнения, обучение.* – 2018. – Т. 7, № 4. – С. 16–22.
9. A glycaemic index compendium of non-western foods / Christiani [et al.] // *Nutrition & Diabetes.* – 2021. – Vol. 11, № 1. – P. 2.
10. Glycaemic index methodology / F. Brouns [et al.] // *Nutr. Res. Rev.* – 2005. – Vol. 18. – P. 145–171.
11. Food products – Determination of the glycemic index (GI) and recommendations for food classification [Electronic resource] : ISO 26642:2010. – First edition 01.10.2010 // ISO. – Mode of access: <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fac54afa-f5c3-483c-8222-63df0cdcf080/iso-26642-2010>. – Date of access: 28.05.2024.

УДК 378.14

**З. Е. Егорова, кандидат технических наук, доцент;
Т. М. Шачек, кандидат технических наук, доцент;
Е. Н. Зеленкова, кандидат технических наук, ассистент**

*Учреждение образования «Белорусский государственный
технологический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь*

**НАУЧНАЯ И ПРИКЛАДНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ МАГИСТРАНТОВ
СПЕЦИАЛЬНОСТИ 7-06-0716-04 «МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ
КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ»**

Аннотация. Представлены результаты разработки новой образовательной программы для специальности углубленного высшего образования на основе изучения потребностей различных секторов промышленности, а также научного и практического опыта преподавателей в области менеджмента качества продукции. Определены требования к компетенциям выпускников-магистров по специальности 7-06-0716-04 «Методы и системы контроля качества продукции», а на их основе – перечень модулей и учебных дисциплин.

Ключевые слова: магистратура, новая специальность, компетенции, учебный план, содержание, учебные дисциплины, научная и прикладная составляющая.

**Z. E. Egorova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
T. M. Shachek, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
E. N. Zelenkova, Candidate of Technical Sciences, Assistant Lecturer**

*Educational Institution “Belarusian State Technological University”,
Minsk, Republic of Belarus*

**SCIENTIFIC AND APPLIED COMPONENT OF THE EDUCATIONAL
PROGRAM FOR MASTER STUDENTS OF SPECIALTY
7-06-0716-04 “METHODS AND SYSTEMS OF PRODUCT
QUALITY CONTROL”**

Abstract. The results of the development of a new educational program for the specialty of advanced higher education are presented. They are based on studying the needs of various industrial sectors, as well as the scientific and practical experience of teachers in the field of product quality management. The requirements for the competencies of a Master of Engineering sciences in the specialty 7-06-0716-04 “Methods and systems for product quality control” have been determined. Based on them, a list of modules and academic disciplines has been compiled.

Keywords: magistracy, new specialty, competencies, curriculum, content, academic disciplines, scientific and applied components.

Введение. В современной реальности нужны не сугубо «чистые» управленцы и инженеры, а прежде всего инженеры, владеющие как стратегическим мышлением и инструментами управления, так и знающие объект управления в совокупности с современными технологическими процессами, требованиями безопасности и системными подходами к управлению качеством. Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет», основные профили которого – подготовка специалистов для лесного комплекса, химической промышленности, промышленности композиционных материалов и нефтехимии, промышленности строительных материалов, биотехнологии, начало подготовку специалистов в рамках углубленного высшего образования по специальности 7-06-0716-04 «Методы и системы контроля качества продукции». Новая специальность магистратуры была создана с целью:

1) более полного удовлетворения потребностей различных секторов национальной экономики в квалифицированных специалистах в области систем менеджмента, проектирования инновационной продукции и методов испытаний объектов окружающей среды;

2) расширения возможностей трудоустройства выпускников – предприятия всех отраслей экономики, в первую очередь системы Госстандарта, Белгоспищепрома, коммерческих организаций, учреждений образования и других организаций, в том числе экспертных, использующих современные подходы к менеджменту и системы на их основе;

3) облегчения перехода к обучению в аспирантуре по разным специальностям – 05.02.23 – «стандартизация и управление качеством продукции», 05.11.01 – «приборы и методы измерения», 05.11.13 – «приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий», 05.18.15 – «технология и товароведение пищевых продуктов, продуктов функционального и специализированного назначения и общественного питания», 05.19.08 – «товароведение, экспертиза и безопасность непродовольственных товаров и сырьевых материалов» и др.

В связи с этим актуальным представлялось обеспечение в рамках образовательной программы для новой специальности научной и прикладной составляющей для эффективной интеграции выпускников в профессиональные сообщества менеджеров по качеству, специалистов лабораторий, технологов-разработчиков, ученых-исследователей.

Основная часть. В соответствии с Кодексом Республики Беларусь об образовании» (в редакции Закона от 14 января 2022 г. № 154-З) магистратура – углубленное высшее образование – является продолжением высшего образования (после получения общего высшего образования) и дает право как на трудоустройство по полученной специальности, присвоение квалификации и степени «Магистр», так и на освоение содержания образовательной программы аспирантуры на уровне научно-ориентированного образования. Наполнение образовательной программы по новой специальности магистратуры

туры осуществлялось с учетом требований к компетенциям выпускников-магистров (табл. 1) и сохранения преемственности с модулями и дисциплинами учебного плана базовой специальности общего высшего образования (бакалавриата) 6-05-0716-07 «Физико-химические методы и приборы контроля качества продукции» (табл. 2).

Таблица 1. Перечень универсальных (УК) и углубленных профессиональных (УПК) компетенций выпускника магистратуры по специальности 7-06-0716-04 «Методы и системы контроля качества продукции»

Код компетенции	Компетенция
УК-1	Применять методы научного познания в исследовательской деятельности, генерировать и реализовывать инновационные идеи
УК-2	Решать научно-исследовательские и инновационные задачи на основе применения информационно-коммуникационных технологий
УК-3	Обеспечивать коммуникации, проявлять лидерские навыки, быть способным к командообразованию и разработке стратегических целей и задач
УК-4	Развивать инновационную восприимчивость и способность к инновационной деятельности
УК-5	Быть способным к прогнозированию условий реализации профессиональной деятельности и решению профессиональных задач в условиях неопределенности
УК-6	Применять психолого-педагогические методы и информационно-коммуникационные технологии в образовании и управлении
УПК-1	Применять методологию риска для управления процессами жизненного цикла продукции
УПК-2	Использовать технологии, инструменты и методы планирования и разработки процессов в лабораторной и производственной деятельности
УПК-3	Организовывать лабораторную деятельность, обеспечивать управление лабораторной деятельностью
УПК-4	Обосновывать, выбирать, разрабатывать и совершенствовать методы испытаний и измерений характеристик объектов окружающей среды

При формировании модулей учебного плана специальности магистратуры 7-06-0716-04 и содержания учебных дисциплин исходили из необходимости включения в них как научной (НС), так и прикладной (ПС) составляющей (табл. 3).

Таблица 2. Взаимосвязь учебных планов специальностей бакалавриата 6-05-0716-07 и магистратуры 7-06-0716-04

Специальности		
бакалавриата 6-05-0716-07		магистратуры 7-06-0716-04
модулей	учебных дисциплин	модулей
Испытания и контроль	Планирование и организация эксперимента	Научно-исследовательская
	Организация и технология испытаний	
	Надлежащая лабораторная практика	

Специальности		
бакалавриата 6-05-0716-07		магистратуры 7-06-0716-04
модулей	учебных дисциплин	модулей
Менеджмент качества	Системный менеджмент	Системный менеджмент
	Квалиметрия систем, процессов и продукции	Системы менеджмента организаций
Методы контроля промышленных / продовольственных товаров / фармацевтической продукции	Резонансные методы Сенсорный контроль Хроматография Современные методы теххимического контроля Оптические методы контроля качества продукции Идентификация и экспертиза пищевых продуктов Электрофизические методы Неразрушающий контроль и диагностика	Управление деятельностью испытательной лаборатории

Таблица 3. Характеристика учебного плана специальности магистратуры 7-06-0716-04

№ п/п	Модуль	Учебная дисциплина	Характеристика составляющей (НС/ПС)	Код компетенции
1	Научно-исследовательская работа	Научно-исследовательский семинар	НС, ПС	УК-1,4,5,6
		Применение статистических техник в научных исследованиях	НС, ПС	УК-2
2	Системный менеджмент	Психология управления и этика деловых отношений	НС, ПС	УК-4,7
		Реализация концепции устойчивого развития	НС, ПС	УК-5
		Менеджмент рисков	ПС	УК-6; УПК-1
		Процессы систем менеджмента	ПС	УПК-2,3
3	Управление деятельностью испытательной лаборатории	Организация и обеспечение деятельности испытательных лабораторий	ПС	УПК-3, СК-2
		Современные методы испытаний	НС, ПС	УПК-4, СК-3
4	Системы менеджмента организаций	Экологический менеджмент	ПС	СК-5,8
		Менеджмент здоровья и безопасности при профессиональной деятельности	ПС	СК-6,8
		Социальная ответственность	ПС	СК-7,8

Научную составляющую образовательной программы преимущественно обеспечивали первый (научно-исследовательская работа) и частично второй (системный менеджмент) модули. Наиболее практико-ориентированными оказались такие учебные модули, как управление деятельностью испытательной лаборатории и системы менеджмента организации, которые обеспечивали формирование следующих специализированных компетенций:

СК-2 – управлять процессами измерений и измерительного оборудования;
СК-3 – применять современные методы испытаний и измерений характеристик объектов окружающей среды;

СК-4 – идентифицировать и описывать процессы в рамках деятельности испытательных лабораторий;

СК-5 – разрабатывать и внедрять системы экологического менеджмента;

СК-6 – создавать, внедрять и поддерживать системы менеджмента здоровья и безопасности при профессиональной деятельности;

СК-7 – владеть принципами социальной ответственности для повышения эффективности работы организации;

СК-8 – разрабатывать процессы систем менеджмента организации для повышения ее конкурентоспособности и устойчивого развития.

На закрепление знаний и умений, полученных в процессе теоретического обучения при освоении образовательной программы магистратуры, овладение навыками исследования актуальных научных и прикладных проблем, решения социально-профессиональных задач, применения инновационных технологий направлены производственная практика магистрантов и выполнение научно-исследовательской работы. В ходе выполнения указанных видов учебной нагрузки у магистрантов формируются навыки:

- обобщения и критического анализа результатов, полученных отечественными и зарубежными учеными, выявления и формулирования актуальных научных проблем и целей научного исследования;

- самостоятельного проведения библиографической работы с использованием современных информационных технологий;

- обоснования актуальности, теоретической и практической значимости темы научного исследования, разработки плана и программы проведения научного исследования;

- проведения научного исследования с применением современных методов и технологий в соответствии с разработанной программой подготовки магистерской диссертации;

- разработки моделей исследуемых процессов, явлений и объектов (выбор или модификация существующих моделей);

- выбора методов и средств разработки инструментария научного исследования, сбора, обработки, анализа, оценки и интерпретации полученных результатов;

- представления результатов проведенного научного исследования в виде научного отчета, статьи, доклада, модели, макета, программного продукта, патента, магистерской диссертации, заявки на грант и иного.

Подтверждением возможности решения обучающимися в процессе освоения новой образовательной программы актуальных научных и прикладных проблем различных секторов промышленности является разнообразная тематика научно-исследовательских работ магистрантов 2023/2024 учебного года, а также внедрение их результатов в учебный процесс и производство (табл. 4).

Таблица 4. Характеристика магистерских работ

№ п/п	Ф. И. О. магистранта (страна)	Тема диссертации	Наличие	
			акта / справки внедрения	публикации (статьи/тезисы)
1	Везицкая Александра Викторовна (Беларусь)*	Сравнительный анализ жирнокислотного состава традиционных молочных продуктов и продуктов – заменителей для безмолочной диеты	–	–/1
2	Лосовская Злата Николаевна (Беларусь)	Исследование составов и свойств эфирных масел растений рода <i>Abies</i>	–	3/2
3	Пищ Светлана Ивановна (Беларусь)	Методика оценки эффективности гомогенизации молока оптическим методом	–	2/2
4	Костючик Ксения Анатольевна (Беларусь)	Определение активности ферментов, используемых в производстве кормов	–/1	2/2
5	Рогач Алеся Александровна (Беларусь)	Получение и практическое применение экстрактов древесной зелени елей	2/1	4/3
6	Бутько Ангелина Николаевна (Беларусь)*	Исследование условий образования и накопления оксиметилфурфурола в продуктах переработки моркови	–	2/2
7	Горбачевич Ульяна Сергеевна (Беларусь)*	Способы определения концентрации аналита в прямой потенциометрии	–	–/2
8	Аунг Кхант Вин (Мьямна)*	Зарядочувствительные методы обработки сигналов детекторов ионизирующего излучения	–	1/1
9	Тхант Зин У (Мьямна)*	Определение содержания частиц микропластика в водных объектах г. Минска	–	–/–
10	Янь Чжилин (Китай)	Исследование опасностей пищевых продуктов и разработка системы мер контроля при производстве мясных продуктов	–	–/–

*Магистранты продолжают обучение.

Заключение. Разработанная и впервые реализованная образовательная программа магистратуры по специальности 7-06-0716-04 имеет существенные признаки новизны и подтвердила свою эффективность, что обусловлено изменением подготовки магистров на основе подходов инженерного творчества: поиска и принятия решений, инноватики, а также хорошей химико-технологической подготовки на первой ступени высшего образования.

УДК 579.67:637.146.3

**О. А. Титова; Н. К. Жабанос, кандидат технических наук, доцент;
Н. Н. Фурик, кандидат технических наук, доцент**

*РУП «Институт мясо-молочной промышленности»,
г. Минск, Беларусь*

ОЦЕНКА СВОЙСТВ ШТАММОВ *STREPTOCOCCUS THERMOPHILUS* ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ ФЕРМЕНТАЦИИ

Аннотация. В статье приведен сравнительный анализ технологических характеристик (свертывающая активность, способность к кислотообразованию, органолептическая оценка молочных сгустков) штаммов бактерий *Streptococcus thermophilus* при ферментации молочного сырья при температурах, обусловленных технологическими режимами производства кисломолочных продуктов с использованием данных заквасочных культур.

Ключевые слова: термофильный стрептококк, применение, характеристики, ферментация, кислотообразующая активность, свертывающая активность.

**V. A. Tsitova ; N. K. Zhabanos, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
N. N. Furik, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor**

RUE "Institute of Meat and Dairy Industry", Minsk, Republic of Belarus

EVALUATION OF THE *STREPTOCOCCUS THERMOPHILUS* STRAINS PROPERTIES AT A DIFFERENT TEMPERATURE OF THE FERMENTATION

Abstract. The article presents a comparative analysis of the technological characteristics (coagulation activity, acid-forming ability, organoleptic assessment of milk clots) of *Streptococcus thermophilus* bacterial strains during fermentation of raw milk at temperatures determined by the technological modes of production of fermented milk products using these starter cultures.

Keywords: thermophilic streptococcus, application, characteristics, fermentation, acid-forming activity, coagulating activity.

Введение. В последнее десятилетие отмечено наиболее активное использование заквасок, включающих как термофильные культуры, так и комплекс мезофильных и термофильных микроорганизмов [1]. Штаммы термофильного стрептококка обладают спектром промышленно значимых характеристик: достаточно высокая энергия кислотообразования, формирование молочного сгустка плотной структуры, для отдельных культур продуцирование экзополисахаридов и других веществ, влияющих на консистенцию и вкус получаемого молочного продукта [2]. Культуру *Streptococcus thermophilus* используют самостоятельно (для изготовления ряженки, простокваши), или в комби-

нации с другой заквасочной микрофлорой (в производстве йогурта, сметаны и др.) [3]. Технологические процессы изготовления продуктов с применением данной культуры значительно отличаются температурными режимами, например, при изготовлении йогурта, ряженки ферментация молочной смеси осуществляется при температуре 38–42 °С, сметаны – при (28 ± 2) °С, поэтому при определении направления целевого использования штаммов бактерий изучение их свойств при ферментации молочного сырья при различных температурных режимах является актуальным.

Цель работы – изучение свойств штаммов *Streptococcus thermophilus* для определения направления целевого использования. Объекты исследования – штаммы *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus* из Республиканской коллекции промышленных штаммов заквасочных культур и их бактериофагов, характеристики их развития в молочном сырье.

Основная часть. Способность штаммов бактерий *Streptococcus thermophilus* к кислотообразованию определяли по изменению значений активной и титруемой кислотности ферментируемого молочного сырья при следующих температурных режимах: (28 ± 1) °С, (32 ± 1) °С, (37 ± 1) °С, (42 ± 1) °С, что обусловлено технологическими режимами производства ферментированных продуктов с использованием данных заквасочных культур. Характеристики культур определяли в восстановленном обезжиренном пастеризованном молоке, инокулированном 16-часовой культурой, полученной в поликомпонентной среде, после выдержки его при заданной температуре в течение 6 ч. Доза внесения культуры – 3 %. Поскольку при изготовлении ферментированных продуктов термофильный стрептококк используется в качестве кислотообразующей заквасочной микрофлоры [4], значения кислотообразующей активности исследуемых штаммов и активной кислотности молочного сырья определяли через 6 ч ферментации. Полученные экспериментальные данные представлены на рис. 1–2.

Прирост титруемой кислотности (рис. 1) через 6 ч ферментации молочного сырья штаммами термофильного стрептококка составил: 8–12 °Т при (28 ± 1) °С; 26–33 °Т при (32 ± 1) °С; 49–70 °Т при (37 ± 1) °С; 59–71 °Т при (42 ± 1) °С.

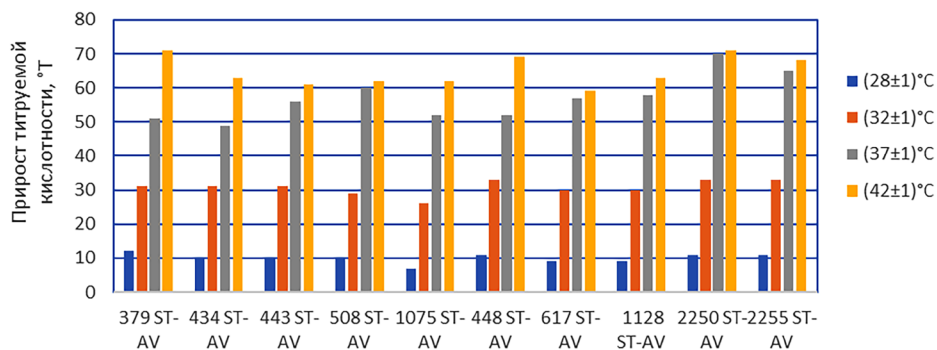


Рис. 1. Прирост титруемой кислотности молочного сырья при ферментации штаммами *Streptococcus thermophilus* при различной температуре

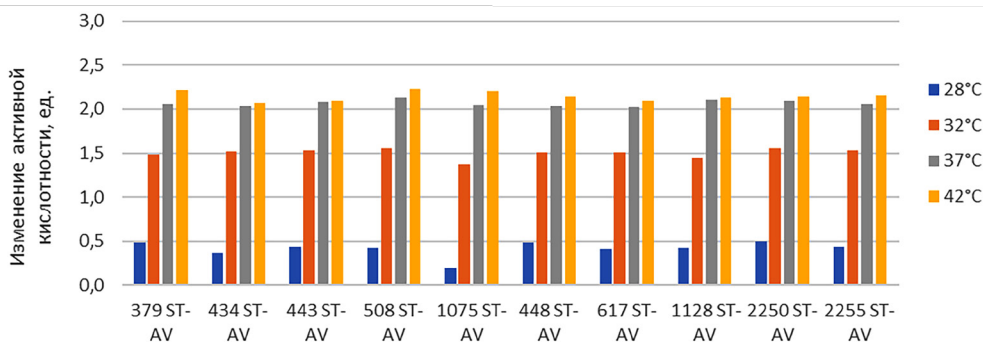


Рис. 2. Изменение активной кислотности молочного сыра через 6 ч ферментации штаммами *Streptococcus thermophilus*

При температуре ферментации (28 ± 1) °C наибольший прирост титруемой кислотности ($\Delta T = 12$ °T) отмечен в образцах, ферментируемых штаммами 379 ST-AV, 448 ST-AV, 2250 ST-AV, 2255 ST-AV, наименьший ($\Delta T = 8$ °T) – штаммом 1075 ST-AV, прирост титруемой кислотности в остальных образцах составил 10–11 °T. При температуре ферментации (32 ± 1) °C наибольший прирост титруемой кислотности ($\Delta T = 33$ °T) отмечен в образцах, ферментируемых штаммами 448 ST-AV, 2250 ST-AV, 2255 ST-AV, наименьший ($\Delta T = 26$ °T) – штаммом 1075 ST-AV, прирост титруемой кислотности в остальных образцах – 30–31 °T. При температуре ферментации (37 ± 1) °C наибольший прирост титруемой кислотности ($\Delta T = 70$ °T) отмечен в образце, ферментируемом штаммом 2250 ST-AV, наименьший ($\Delta T = 49$ °T) – штаммами 434 ST-AV, 1075 ST-AV, значения прироста титруемой кислотности в остальных образцах находились в диапазоне 52–65 °T. При температуре ферментации (42 ± 1) °C наибольший прирост титруемой кислотности ($\Delta T = 71$ °T) отмечен в образцах, ферментируемых штаммами 379 ST-AV, 2250 ST-AV, 2255 ST-AV, наименьший ($\Delta T = 59$ °T) – штаммом 617 ST-AV, значения прироста титруемой кислотности в остальных образцах находились в диапазоне 61–69 °T.

Через 6 ч ферментации молочного сыра штаммами бактерий термофильного стрептококка, изменение значений активной кислотности составило (рис. 2): 0,20–0,50 ед. при (28 ± 1) °C; 1,38–1,55 ед. при (32 ± 1) °C; 2,02–2,13 ед. при (37 ± 1) °C; 2,07–2,23 ед. при (42 ± 1) °C.

При температуре ферментации (28 ± 1) °C наибольшее изменение значений активной кислотности ($\Delta pH = 0,50$ ед.) наблюдалось в образцах молочного сыра, ферментируемых штаммами 379 ST-AV, 2250 ST-AV, наименьшее ($\Delta pH = 0,20$ ед.) – в образце молочного сыра, ферментируемом штаммом 1075 ST-AV, в остальных образцах изменение значений активной кислотности составило 0,41–0,49 ед. pH. При температуре ферментации (32 ± 1) °C наибольшее изменение значений активной кислотности ($\Delta pH = 1,55$ ед.) наблюдалось в образцах молочного сыра, ферментируемых штаммами 508 ST-AV,

2250 ST-AV, 2255 ST-AV, наименьшее ($\Delta pH = 1,38$ ед.) – в образце молочного сыра, ферментируемом штаммом 1075 ST-AV, в остальных образцах изменение значений активной кислотности составило 1,45–1,53 ед. pH. При температуре ферментации (37 ± 1) °C наибольшее изменение значений активной кислотности ($\Delta pH = 2,13$ ед.) наблюдалось в образце молочного сыра, ферментируемом штаммом 508 ST-AV, наименьшее ($\Delta pH = 2,02$ ед.) – в образце молочного сыра, ферментируемом штаммом 617 ST-AV, в остальных образцах изменение значений активной кислотности составило 2,04–2,11 ед. pH. При температуре ферментации (42 ± 1) °C наибольшее изменение значений активной кислотности ($\Delta pH = 2,23$ ед.) наблюдалось в образцах молочного сыра, ферментируемых штаммами 379 ST-AV, 508 ST-AV, наименьшее ($\Delta pH = 2,07$ ед.) – в образцах молочного сыра, ферментируемых штаммами 434 ST-AV, 617 ST-AV, в остальных образцах изменение значений активной кислотности составило 2,13–2,20 ед. pH.

В результате проведения органолептической оценки полученных молочных сгустков установлено, что 4 штамма *Streptococcus thermophilus* (штаммы 443 ST-AV, 1075 ST-AV, 448 ST-AV, 617 ST-AV) при ферментации молочного сыра в исследуемом диапазоне температур образуют ровный плотный частично колющийся сгусток слабовязкой консистенции, 6 штаммов *Streptococcus thermophilus* (штаммы 379 ST-AV, 434 ST-AV, 508 ST-AV, 1128 ST-AV, 2250 ST-AV, 2255 ST-AV) – ровный плотный глянцевый сгусток вязкой консистенции с незначительным отделением прозрачной сыворотки. Установлено, что значения свертывающей активности штаммов термофильного стрептококка находятся в диапазоне: 12,0–12,8 ч при (28 ± 1) °C; 6,3–6,8 ч при (32 ± 1) °C; 4,3–4,5 ч при (37 ± 1) °C; 3,5–3,8 ч при (42 ± 1) °C. Отмечено, что при всех исследуемых температурных режимах наибольшие значения свертывающей активности (длительный процесс ферментации) наблюдались в образцах молочного сыра, ферментируемых штаммом бактерий 1075 ST-AV.

Вывод. Анализ полученных экспериментальных данных показал, что штаммы 379 ST-AV, 508 ST-AV, 2250 ST-AV, 2255 ST-AV обладают высокой кислотообразующей и свертывающей активностью, обеспечивают образование сгустков вязкой консистенции при всех исследуемых температурных режимах ферментации, следовательно, могут быть включены в состав мезо-термофильных и термофильных заквасок для изготовления различных групп продуктов, имеющих вязкую консистенцию. Штаммы 434 ST-AV, 1128 ST-AV проявляют более выраженное кислотообразование при температурных режимах ферментации (28 ± 1) °C и (32 ± 1) °C, обеспечивают образование сгустков вязкой консистенции, следовательно, могут быть включены в состав мезо-термофильных заквасок для изготовления сметаны. Штаммы 443 ST-AV, 448 ST-AV, 617 ST-AV, 1075 ST-AV могут быть включены в состав заквасок для изготовления кисломолочных напитков, увеличивающих плотность изготавливаемого продукта за счет слабовязкой консистенции. Для окончательного определения направления целевого использования штаммов бактерий требу-

ется проведение дополнительных исследований, таких как фагоустойчивость, продуцирование экзополисахаридов, совместимость в составе консорциумов и пр.).

Список использованных источников

1. Головач, О. С. Закваски термофильных микроорганизмов / О. С. Головач, Н. К. Жабанос, Н. Н. Фурик // Наука и инновации. – 2019. – № 10 (200). – С. 10–14.
2. Обоснование параметров применения закваски замороженной концентрированной поливидовой термофильных микроорганизмов для сыров с чеддеризацией и плавлением сырной массы / О. С. Головач [и др.] // Материалы XI Междунар. науч. конф. «Микробная биотехнология: фундаментальные и прикладные аспекты», Минск, 3–6 июня 2019. – С. 151–152.
3. Закваски для кисломолочных продуктов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sirodelie.by/catalog/zakvaski-dlya-kisломolochnykh>. – Дата доступа: 25.07.2024.
4. Шухалова, О. М. Основные критерии подбора заквасочных микроорганизмов в состав бактериальных заквасок для созревающих сыров / О. М. Шухалова // Пищевые системы. – 2021. – № 4 (3S). – С. 315–320.

УДК 579.864.1:637.146.33

И. А. Сидерко;
Н. Н. Фурик, кандидат технических наук, доцент;
Е. Н. Бирюк, кандидат сельскохозяйственных наук;
Н. К. Жабанос, кандидат технических наук, доцент

*РУП «Институт мясо-молочной промышленности»,
г. Минск, Республика Беларусь*

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПРОЦЕСС
СНИЖЕНИЯ АКТИВНОЙ КИСЛОТНОСТИ
МОЛОЧНОГО СЫРЬЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ
ЗАКВАСОК ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СЫРОВ
НА ОСНОВЕ *LACTOBACILLUS DELBRUECKII* SUBSP. *LACTIS***

Аннотация. В статье представлены данные об изменении кислотности молочного сырья заквасками замороженными концентрированными для изготовления сыров, которые содержат *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *lactis*, мезофильные и термофильные молочнокислые бактерии в зависимости от температурных режимов ферментации, а также влияние температурного режима на временной период адаптации заквасочной культуры в молочной среде.

Ключевые слова: закваски, ферментация, молочнокислые бактерии, лактобациллы, активная кислотность, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *lactis*, молочная среда.

**I. A. Siderko; N. N. Furik, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
E. N. Biruk, Candidate of Agricultural Sciences;
N. K. Zhabanos, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor**

RUE "Institute of Meat and Dairy Industry", Minsk, Republic of Belarus

**EVALUATION OF THE INFLUENCE OF TEMPERATURE
ON THE PROCESS OF REDUCING THE ACTIVE ACIDITY OF DAIRY
RAW MATERIALS WHEN USING STARTER FOR CHEESE MAKING
BASED ON *LACTOBACILLUS DELBRUECKII* SUBSP. *LACTIS***

Abstract. The article presents data on the changes in the acidity of dairy raw materials by frozen concentrated sourdough starters for cheese making, which contain *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *lactis*, mesophilic and thermophilic lactic acid bacteria depending on the temperature regimes of fermentation, as well as the influence of temperature regime on the time period of adaptation of the starter culture in the dairy medium.

Keywords: starter, fermentation, lactic acid bacteria, lactobacilli, active acidity, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *lactis*, milk medium.

Сыры благодаря использованию различных технологий и широкого спектра заквасочных микроорганизмов обладают разнообразием вкусов и содержат более широкий набор питательных и вкусоароматических веществ за счет преобразования компонентов молока при изготовлении и созревании сыров.

В настоящее время в молочной промышленности при производстве сыров используются закваски, в состав которых входит достаточно широкий спектр микроорганизмов, принадлежащих к различным видовым группам. Для производства заквасок в основном используют лактококки, термофильный стрептококк, мезофильные и термофильные лактобациллы, в ряде случаев для определенных групп сыров это могут быть культуры плесеней, лейконостоки, пропионовокислые бактерии [1, 2].

Лактококки и термофильный стрептококк в основном отвечают за снижение кислотности на начальных этапах производства, а также за формирование и консистенцию молочного сгустка. Термофильные лактобациллы, как правило, обладают хорошими кислотообразующими свойствами при оптимальных для них температурах и протеолитической и антагонистической активностью. Лактобациллы играют основную роль в образовании вкусовых соединений сыра посредством трех метаболических путей: преобразований лактата и цитрата, высвобождения свободных жирных кислот и их последующего метаболизма, а также расщепления белка и катаболизма аминокислот. Антагонизм, проявляемый к технически вредной микрофлоре, может происходить за счет быстрого сбраживания лактозы и снижения кислотности, либо с помощью образования веществ, таких как бактериоцины и перекись водорода. В составе заквасок для сыров широко используются такие термофильные лактобациллы, как *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *lactis*, *Lactobacillus helveticus* [3, 4].

Бактерии *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *lactis* – термофильные гомоферментативные молочнокислые микроорганизмы, которые являются активными кислотообразователями – при оптимальной температуре развития ферментируют молочное сырье за 3–4 ч, а также обладают высокой протеолитической активностью, формируя специфический сырный вкус за счет образования низкомолекулярных продуктов расщепления казеина, что используется для ускорения созревания сыров и предотвращения появления горечи. Культуры *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *lactis* используют при изготовлении сыра как с низкими, так и с высокими температурами второго нагревания, поскольку данные микроорганизмы практически полностью сохраняются при температуре второго нагревания в 50–57 °С, быстро восстанавливают активность и начинают размножаться во время прессования сыров [1, 4].

Мезофильные лактобациллы также обладают протеолитической активностью и участвуют в формировании вкуса и аромата сыров. В составе заквасок для сыров чаще используют *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus plantarum* [5].

Органолептические показатели сыров формируются на всех стадиях выработки и зависят как от видового состава заквасок, так и от условий протекания процесса. При изготовлении сыров важным является обеспечение снижения кислотности молочного сырья до определенного уровня. В связи с этим целью исследований являлось изучение ферментации молочного сырья заквасками

замороженными концентрированными для изготовления сыров при различных температурных режимах.

Объектами исследований являлись закваски замороженные концентрированные для изготовления сыров и образцы ферментированного молочного сыра. На опытно-технологическом производстве РУП «Институт мясо-молочной промышленности» изготовлены опытно-промышленные партии заквасок замороженных концентрированных для изготовления сыров следующего видового состава:

1. Закваска замороженная концентрированная для изготовления сыров СЫР-13 (далее СЫР-13): *Lactococcus lactis* subsp., *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *lactis*;

2. Закваска замороженная концентрированная для изготовления сыров СЫР-14 (далее СЫР-14): *Lactococcus lactis* subsp., *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *lactis*;

3. Закваска замороженная концентрированная для изготовления сыров СЫР-15 (далее СЫР-15): *Lactococcus lactis* subsp., *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *lactis*;

4. Закваска замороженная концентрированная для изготовления сыров СЫР-16 (далее СЫР-16): *Lactococcus lactis* subsp., *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *lactis*.

Для культивирования использовали восстановленное обезжиренное молоко, с активной кислотностью 6,65 ед. рН, снижение кислотности регистрировали с помощью автоматизированной системы для контроля ферментации iCinac, АМС France в соответствии с инструкцией по эксплуатации прибора.

Для заквасок, используемых при производстве сыров, важной характеристикой является способность снижать кислотность молочного сыра до заданного уровня при внесении определенного количества закваски, обеспечивающего требуемую инокуляцию микроорганизмов. Для оценки влияния температурного режима ферментации на скорость кислотообразования заквасками изучен процесс ферментации молочного сыра одной единицей активности (1 ед. а.) заквасок для изготовления сыров при технологически важных для производства сыров температурах – 30, 32, 34 °С.

Изменение активной кислотности молочного сыра в процессе ферментации заквасками для изготовления сыров представлено на рис. 1–4.

При измерении активной кислотности молочного сыра через 6 ч, ферментированного закваской СЫР-13, установлено значение активной кислотности при температуре 30 °С – 5,41 ед. рН, при температуре 32 °С – 5,13 ед. рН, при температуре 34 °С – 4,80 ед. рН. Время адаптации заквасочной микрофлоры в молочной среде, когда активная кислотность молочного сыра снижается на 0,1 ед. рН, составило 2 ч 24 мин при 30 °С, 2 ч 16 мин при 32 °С, 1 ч 48 мин при 34 °С.

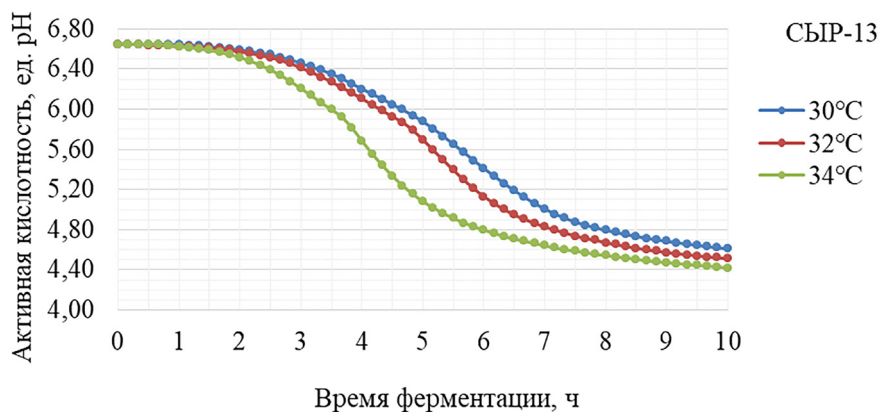


Рис. 1. Изменение активной кислотности молочного сыра при ферментации 1 ед. а. закваски поливидовой концентрированной для изготовления сыров СЫР-13 при различных температурных режимах

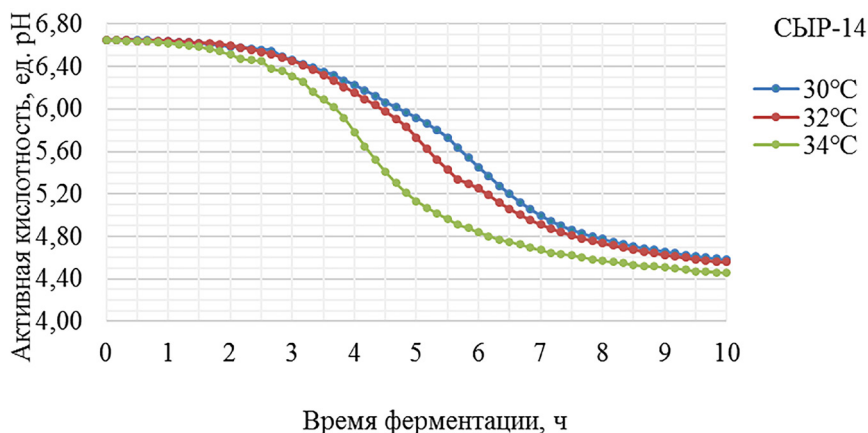


Рис. 2. Изменение активной кислотности молочного сыра при ферментации 1 ед. а. закваски поливидовой концентрированной для изготовления сыров СЫР-14 при различных температурных режимах

При ферментации молочного сыра закваской СЫР-14 наблюдали снижение активной кислотности через 6 ч при температуре 30 °С до 5,45 ед. рН, при температуре 32 °С – до 5,25 ед. рН, при температуре 34 °С – до 4,84 ед. рН. При этом время адаптации заквасочной микрофлоры в молочной среде составляло 2 ч 42 мин при 30 °С; 2 ч 24 мин при 32 °С; 1 ч 48 мин при 34 °С.

Через 6 ч ферментации закваской СЫР-15 кислотность молочного сыра снижалась до уровня 5,46 ед. рН при температуре 30 °С, при температуре 32 °С – до 5,04 ед. рН, при температуре 34 °С – до 4,78 ед. рН. Время адаптации заквасочной микрофлоры в молочной среде достигало 2 ч 32 мин при 30 °С, 2 ч 14 мин – при 32 °С, 1 ч 50 мин – при 34 °С.

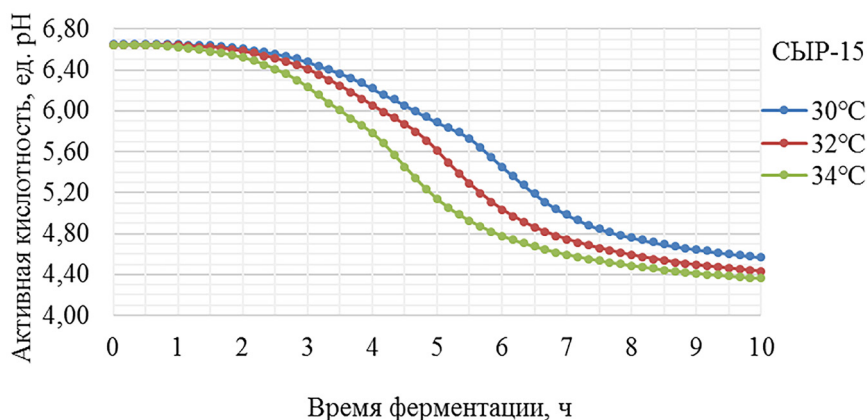


Рис. 3. Изменение активной кислотности молочного сыра при ферментации 1 ед. а. закваски поливидовой концентрированной для изготовления сыров СЫР-15 при различных температурных режимах

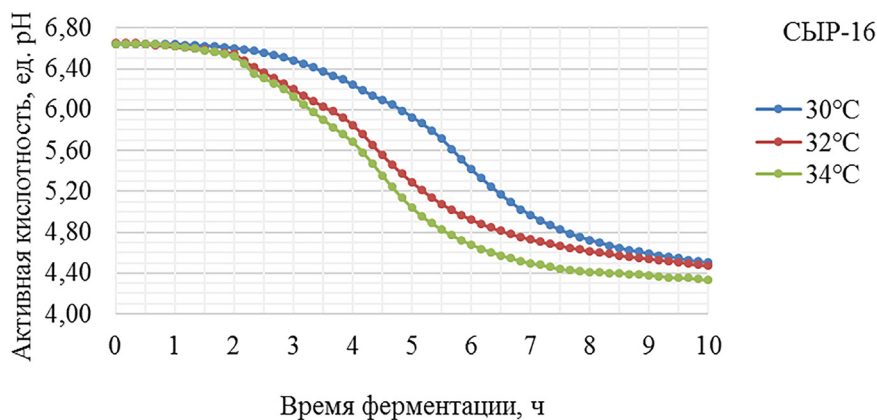


Рис. 4. Изменение активной кислотности молочного сыра при ферментации 1 ед. а. поливидовой концентрированной закваски для изготовления сыров СЫР-16 при различных температурных режимах

При изучении снижения кислотности молочного сыра закваской СЫР-16 установлено, что через 6 ч ферментации значение активной кислотности при температуре 30 °С достигало 5,42 ед. рН, 32 °С – 4,92 ед. рН, при температуре 34 °С – 4,68 ед. рН. Время адаптации заквасочной микрофлоры в молочной среде составляло 2 ч 40 мин при 30 °С, 2 ч 30 мин при 32 °С, 2 ч 20 мин при 34 °С.

Таким образом, в результате исследований изучено влияние температурного режима на снижение кислотности молочного сыра, ферментированного заквасками замороженными концентрированными для изготовления сыров, содержащими *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *lactis*. Установлено, что время адаптации заквасочных культур в молочной среде для заквасок, применяемых для изготовления сыров на основе *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *lactis*,

при увеличении температуры от 30 до 34 °С снижается на 36 мин для закваски СЫР-13, на 30 мин – для закваски СЫР-14, на 42 мин – для закваски СЫР-15, на 20 мин – для закваски СЫР-16.

При ферментации молочного сыря заквасками замороженными концентрированными для изготовления сыров при увеличении температурного режима от 30 до 34 °С установлено ускорение снижения активной кислотности молочного сыря. Через 6 ч активная кислотность уменьшалась на $(1,22 \pm 0,02)$ ед. рН при температуре ферментации 30 °С и на $(1,88 \pm 0,07)$ ед. рН при увеличении температуры до 34 °С.

Список использованных источников

1. Гудков, А. В. Сыроделие: технологические, биологические и физико-химические аспекты / А. В. Гудков ; под ред. С. А. Гудкова. – М. : ДеЛи принт, 2003. – 800 с.
2. Gaglio, R. Improvement of Raw Milk Cheese Hygiene through the Selection of Starter and Non-Starter Lactic Acid Bacteria: The Successful Case of PDO Pecorino Siciliano Cheese / R. Gaglio, M. Todaro, L. Settanni // Int. J. Environ. Res. Public. Health. – 2021. – № 18. – P. 1834.
3. Догарева, Н. Г. Физико-химические и биохимические процессы при производстве и хранении молочных продуктов: учебное пособие / Н. Г. Догарева, М. В. Клычкова ; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург : ОГУ, 2019. – 181 с.
4. Autochthonous Natural Starter Cultures: A Chance to Preserve Biodiversity and Quality of Pecorino Romano PDO Cheese / L. Chessa [et al.] // Sustainability. – 2021. – № 13. – P. 214.
5. Свириденко, Г. М. Анализ производственно значимых свойств мезофильных лактобацилл с целью их использования в составе бактериальных заквасок для сыроделия / Г. М. Свириденко, О. М. Шухалова, Д. С. Мамыкин // Молочная промышленность: науч.-техн. и производств. журнал. – 2021. – № 6. – С. 52–54.

СОДЕРЖАНИЕ

Глава 1 РАЗВИТИЕ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ. ТЕХНОЛОГИИ (БИОТЕХНОЛОГИИ) ПЕРЕРАБОТКИ СЫРЬЯ РАСТИТЕЛЬНОГО И ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

<i>Кондратенко С. А., Котковец Н. Н.</i> Направления развития пищевой промышленности Республики Беларусь	4
<i>Ловкис З. В.</i> Роль науки в развитии пищевой промышленности	12
<i>Гусакова И. В., Стешиц О. В.</i> Обеспечение продовольственной безопасности Республики Беларусь: социально-экономический и научно-технологический аспекты	16
<i>Ермаков В. В., Сафонов В. А.</i> Биогеохимические аспекты проблемы микроэлементов	22
<i>Иованович Л. Н.</i> Применение системы НАССР в производстве пищевых продуктов ..	31
<i>Колпакова В. В., Уланова Р. В., Бызов В. А.</i> Биотехнологическая переработка зернобобовых культур на пищевые и кормовые препараты	38
<i>Новокишанова А. Л., Билялова А. С., Бирюлина Н. А., Шипелин В. А., Никитюк Д. Б.</i> Физико-химические показатели белкового модуля высокой биологической ценности с концентратом фикоцианинов.	45
<i>Калтович И. В., Чернухо И. О.</i> Анализ рынка мясной продукции на основе говядины в Республике Беларусь.	51
<i>Кузнецова Л. И., Парахина О. И., Бурыкина М. С., Савкина О. А.</i> Совершенствование технологии хлеба «Бородинский»	56
<i>Крылова В. Б., Густова Т. В.</i> Консервы мясные и мясосодержащие. Инновации в простом	62
<i>Головач Т. Н., Ловкис З. В.</i> Биотехнологические подходы для увеличения биоактивности и улучшения органолептических свойств белков молока	70
<i>Гусаков Г. В., Жудро В. М., Ёнчик Л. Т., Джемига Т. П., Шкред А. С.</i> Состояние и перспективы развития белорусского рынка специализированных пищевых продуктов на молочной основе	76
<i>Гапонова Л. В., Полежаева Т. А., Матвеева Г. А.</i> Биотехнология в комплексной переработке масличного сырья	84
<i>Бирюлина Н. А., Зорин С. Н., Мазо В. К.</i> Модифицированный метод получения концентрата с высоким суммарным содержанием фикоцианинов из биомассы <i>Arthrospira platensis</i>	91
<i>Туршатов М. В., Вакуловская Н. А., Соловьёв А. О., Никитенко В. Д., Абрамова И. М.</i> Перспективы расширения применения топинамбура в различных отраслях промышленности	96
<i>Никулина О. К., Колоскова О. В., Яковлева М. Р.</i> Исследование влияния степени деминерализации на эффективность технологического процесса получения сахара.	101
<i>Беляева Л. И., Остапенко А. В.</i> Технологические вспомогательные средства в пищевой системе производства свекловичного сахара: прогностический аспект	105

<i>Колоскова О. В., Никулина О. К., Яковлева М. Р.</i> Влияние электромембранной обработки на содержание бетаина и альфа-аминного азота в свекловичном сахарном сиропе	111
<i>Семиряжко Е. С., Першакова Т. В., Горлов С. М.</i> Изучение процесса СВЧ-обработки виноградных выжимок и выбор рационального режима	118
<i>Кудрявцева К. В., Смирнова Е. А., Батулин А. К.</i> Разработка методики оценки разнообразия рациона питания взрослого населения Российской Федерации	122
<i>Пырьева Е. А., Георгиева О. В.</i> «Молочные альтернативы» на овсяной основе для лечебного питания детей раннего возраста	128
<i>Бегунова А. В., Симоненко С. В., Симоненко Е. С., Семенова Е. С., Мануйлов Б. М.</i> Разработка продукта высокой степени готовности для геродиетического питания	135
<i>Рыжакова А. В., Головизнин И. В.</i> Посттемперирование как технологический механизм предотвращения жирового поседения плиточного шоколада	141
<i>Гусаков Г. В., Семенова А. А., Калтович И. В.</i> Инновационные аспекты использования аддитивных технологий при производстве пищевых продуктов	149
<i>Гершончик К. Н., Томашевич С. Е., Гарлинская М. И.</i> Анализ мировых подходов по установлению уровня содержания акриламида в кондитерских изделиях	155
<i>Мелещенко А. В., Зайченко Д. А., Корзан С. И., Садовский А. А.</i> Технологические решения использования какаоеллы при производстве пищевой продукции	160
<i>Калтович И. В., Шакалинская В. С.</i> Изучение показателей качества и безопасности шквары	170
<i>Зайченко Д. А., Данилюк А. С., Садовский А. А.</i> Обзор вторичных метаболитов зерна люпина как основа для комплексного использования в народном хозяйстве	174
<i>Ширшова А. А., Агеева Н. М., Храпов А. А., Лободина Е. В.</i> Обоснование выбора штамма дрожжей для переработки плодов яблони в сидр	178
<i>Колосова А. А., Федосов Д. Ю.</i> Оценка устойчивости к обезвоживанию винных штаммов дрожжей для производства вин из автохтонного сорта винограда Кокур белый	184
<i>Бирюк Е. Н., Соглаева А. А., Шукина М. А., Жабанос Н. К.</i> Идентификация лейконостоков с использованием молекулярно-генетических методов	191
<i>Савельева Т. А., Ховзун Т. В., Петрущенко Е. В., Корако В. Б.</i> Пролонгирование сроков хранения мясного сырья с использованием ультрафиолетового излучения	195

Глава 2

ПИТАНИЕ КАК СОСТАВЛЯЮЩАЯ ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ И СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ПРОДУКТЫ. ДЕТСКОЕ ПИТАНИЕ

<i>Светлый А. Е., Гапонова В. Е.</i> Соотношения работы, рабочего времени и графика работы с режимом и качеством питания человека	204
<i>Лобанова Л. А.</i> Ключевые тенденции изменения питания в домашних хозяйствах Республики Беларусь	210
<i>Денисова Н. Н., Кешабянц Э. Э.</i> Потребление некоторых групп продуктов растительного происхождения городским и сельским населением Российской Федерации	217
<i>Ловкис Е. З.</i> Идентификация и продвижение продукции детского питания	222
<i>Семенова Е. С., Симоненко С. В., Симоненко Е. С., Бегунова А. В.</i> Оптимизация геродиетических пищевых продуктов в профилактике здорового старения	228
<i>Щетинина Е. М., Тармаева И. Ю.</i> Возможность использования различных источников сырья животного происхождения при создании специализированных пищевых продуктов для профилактики ожирения	234
<i>Коденцова В. М., Рисник Д. В.</i> Проблемы микронутриентной обеспеченности детского и взрослого населения и способы их решения	239
<i>Величко О. О., Федоренко Е. В., Цемборевич Н. В.</i> Методы гигиенической оценки химического состава репрезентативных рационов	244

<i>Светлый А. Е., Слезко Е. И.</i> Подростковое ожирение как проблема настоящего и будущего	250
<i>Дурманова С. А., Цемборевич Н. В.</i> Гигиенические подходы к управлению пищевыми аллергенами при производстве специализированной пищевой продукции	257
<i>Мойсеёнок А. Г., Токарева А. А., Марочинская Т. В.</i> Возможные пути коррекции дисбаланса микронутриентного и металлопротеомного статуса в предупреждении метаболических нарушений при хронической сердечно-сосудистой недостаточности	262
<i>Зенькова М. Л., Тимофеева В. Н., Волкова С. В.</i> Выявление перспективных видов зернового сырья для производства консервированных продуктов	269
<i>Бородина Е. Е., Козлова О. В.</i> Микроводоросли как перспективные источники витаминов	274
<i>Хайдукова Е. В., Новокшианова А. Л.</i> Антиоксидантная активность побочного молочного сырья с арабиногалактаном	277
<i>Съедугина А. С., Уткина А. С., Карагодин В. П.</i> Целевое проектирование и возможности получения нового продукта спортивного питания для детей и подростков.	283
<i>Шарафетдинов Х. Х., Новокшианова А. Л., Кочеткова А. А., Плотникова О. А., Алексеева Р. И., Пилипенко В. В., Алексеев В. А., Сухарев К. Б., Оксененко О. В.</i> Специализированный молочный продукт для диетотерапии пациентов с нарушениями углеводного и липидного обмена	289
<i>Шарафетдинов Х. Х., Коденцова В. М., Рисник Д. В.</i> Значение витаминов, содержащихся в рационе и принимаемых дополнительно, в профилактике и лечении сахарного диабета 2-го типа.	294
<i>Назарова Ю. С., Волкова С. В.</i> Растительное сырье как источник антиоксидантов	298
<i>Мазо В. К., Бирюлина Н. А., Сидорова Ю. С., Кочеткова А. А.</i> Фикоцианины <i>Arthrospira platensis</i> : тестирование <i>in vivo</i> и перспективы использования в составе инновационной специализированной пищевой продукции	302
<i>Масанский С. Л., Крукович О. В.</i> Окислительно-восстановительный потенциал как показатель антиоксидантной эффективности напитков функционального назначения	307
<i>Волкова С. В., Назарова Ю. С.</i> Изучение возможности использования водных настоев из растительного сырья в безалкогольном производстве.	312
<i>Ловкис З. В., Евтушевская Л. В., Усень Ю. С., Уложникова М. Ю., Гальго С. С.</i> Разработка специализированной продукции для людей, работающих в тяжелых условиях труда.	317
<i>Сафронова Д. А., Баровская Н. А., Окунева Т. Ю.</i> Консервы на основе фруктов для питания детей дошкольного и школьного возраста	325
<i>Гершончик К. Н., Вислоухова С. Н.</i> Повышение пищевой ценности печенья для питания детей дошкольного и школьного возраста	330
<i>Петюшев Н. Н., Евтушевская Л. В., Усень Ю. С., Уложникова М. Ю., Гоман Д. И.</i> Разработка крупяных полуфабрикатов с добавлением фруктовых и овощных ингредиентов.	336
<i>Донченко Л. В., Лукьяненко М. В., Чеботарёва Е. Н.</i> Об актуальности организации специализированного питания военнослужащих в современных условиях.	343

Глава 3

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ И БЕЗОПАСНОСТЬЮ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

<i>Василенко З. В., Трофименко Т. В.</i> Влияние на реологические свойства мучных смесей на основе муки пшеничной высшего сорта и муки из шрота рапсового.	350
<i>Черных В. Я., Карпушина Е. В., Быкова Н. Ю.</i> Взаимосвязь между показателями твердозерности зерна пшеницы и технологическими свойствами пшеничной муки	357
<i>Сумина С. Р., Михайлова К. Р.</i> Изучение реологических свойств пшеничной и полбяной муки с применением фаринографа.	364

Почицкая И. М., Рябова К. С., Рослик В. Л., Воропай Е. Н. Исследование содержания акриламида в термически обработанных продуктах	369
Куприенко О. С., Семенов Д. А., Зильберман А. И., Лапина В. С., Вашкевич И. И., Свиридов О. В. Иммуноферментная тест-система для высокочувствительного определения тетрациклинов и их эпимеров в пищевой продукции	375
Трофимов Ю. В., Лишик С. И., Сороко О. Л., Беспалова Е. В., Цвирко В. И., Челябин А. Е., Бареко Э. А. Влияние светодиодного ультрафиолетового излучения на обеззараживание молока.	381
Пузанова Л. Н. Роль качества известнякового камня в формировании эффективности производства сахара.	387
Иванова Е. В., Андроник Е. Л., Нехведович С. И., Качановская М. А. В., Батюков Д. А. Ценность и использование побочных продуктов производства льняного масла	393
Шипелин В. А., Бервинова А. В., Замятина А. В., Мазо В. К., Никитюк Д. Б. Пищевой ингредиент – концентрат фикоцианинов из <i>Arthrospira platensis</i> : доклиническая оценка иммуномодулирующих свойств на <i>in vivo</i> модели вакцинации против SARS-CoV-2	400
Оксененко О. В., Сухарев К. Б., Новокшанова А. Л., Гаппарова К. М. Управление качеством и безопасностью в производстве специализированного кисломолочного продукта «Ковиталакт»	405
Семенова А. А., Пчёлкина В. А., Дыдыкин А. С., Ревуцкая Н. М. Сравнительное исследование мраморности свинины на основе двух методов	410
Кондратьев Н. Б. Комплексная оценка сохранности шоколадных конфет	418
Казанцев Е. В. Прогнозирование срока годности кондитерских изделий студнеобразной консистенции.	426
Егорова М. И. Взаимосвязь показателей качества у разных категорий белого кристаллического сахара.	432
Рыжакова А. В., Головизнина М. С. Разработка единого механизма верификации экспертной группы на кондитерском предприятии	439
Баганова М. Е., Чеботарь В. К. Влияние биологически активных минеральных удобрений на ростовые процессы и улучшение качества сельскохозяйственных культур	443
Чуешков В. В., Давыдова Е. А., Гузкова Ю. А. Идентификация сыров с географическим указанием.	449
Чуешков В. В., Серенков П. С., Романчук В. М., Давыдова Е. А. Актуальность развития методов экспертного оценивания для повышения достоверности органолептического контроля	454
Куликов А. В., Данилюк А. С., Садовский А. А. Исследование влияния озонирования на цветность паточных сиропов из зерна кукурузы.	459
Журня А. А., Окулова Т. В. Влияние температурной обработки на гликемический индекс высокобелковых изделий на основе зерномучного сырья	464
Егорова З. Е., Шачек Т. М., Зеленкова Е. Н. Научная и прикладная составляющая образовательной программы для магистрантов специальности 7-06-0716-04 «Методы и системы контроля качества продукции»	471
Титова О. А., Жабанос Н. К., Фурик Н. Н. Оценка свойств штаммов <i>Streptococcus thermophilus</i> при различных температурах ферментации	477
Сидерко И. А., Фурик Н. Н., Бирюк Е. Н., Жабанос Н. К. Оценка влияния температуры на процесс снижения активной кислотности молочного сырья при использовании заквасок для изготовления сыров на основе <i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>lactis</i>	482

Научное издание

НАУКА, ПИТАНИЕ И ЗДОРОВЬЕ

Сборник научных трудов

Редактор *Н. А. Симонова*
Художественный редактор *В. В. Домненков*
Технический редактор *О. А. Ткачева*
Компьютерная верстка *И. В. Счеснюк*

Подписано в печать 20.12.2024. Формат 70×100¹/₁₆. Бумага офсетная.
Печать цифровая. Усл. печ. л. 39,98. Уч.-изд. л. 32,0. Тираж 150 экз. Заказ 271.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Республиканское унитарное предприятие «Издательский дом «Беларуская навука».
Свидетельства о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/18 от 02.08.2013, № 2/196 от 05.04.2017.
Ул. Ф. Скорины, 40, 220084, г. Минск.