

Обзорная статья / Research Article

УДК 664.292:664.66.022.39:637.5

DOI: 10.36718/1819-4036-2026-6-324-341

Алла Андреевна Фабрицкая^{1✉}, Владимир Олегович Городецкий²,

Наиля Мидхатовна Даишева³, Семен Олегович Семенихин⁴

^{1,2,3,4}Краснодарский НИИ хранения и переработки сельскохозяйственной продукции – филиал Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия, Краснодар, Россия

¹ms.fabritskaya@list.ru

²gorodecky_v_o@mail.ru

³hw-daisheva@yandex.ru

⁴semenikhin_s_o@mail.ru

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕКТИНОВ В ТЕХНОЛОГИЯХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

Цель исследования – систематизация данных в области применения пектинов в технологиях хлебобулочных, молочных и мясных продуктов с учетом их структурно-функциональных характеристик. Задачи: проанализировать влияние пектинов и пектинсодержащих добавок на потребительские свойства хлебобулочных продуктов; рассмотреть возможности использования пектинов в технологиях функциональных молочных продуктов и систем доставки биоактивных веществ; обобщить данные о влиянии различных факторов на эмульгирующую способность пектинов; оценить эффективность применения пектинов в технологиях мясных продуктов для улучшения текстуры, повышения выхода и обогащения мясных продуктов. Пектины – природные полисахариды растительного происхождения, обладающие комплексом технологических и функциональных свойств, включающих влагосвязывание, эмульгирование, студнеобразование и комплексообразование (способность связывать тяжелые металлы), что обусловлено их структурой (гомогалактуронан, рамногалактуронан-I/II), степенью этерификации (метоксилирования), ацетилирования и содержанием белковых компонентов. Проанализированы результаты экспериментальных исследований российских и зарубежных авторов, посвященных влиянию пектинов на технологические параметры и качество продуктов питания. В технологиях хлебобулочных продуктов (при дозировке 0,8 % к массе муки) пектины ускоряют брожение, оказывают укрепляющее действие на клейковину муки и продлевают срок свежести продуктов на 12–24 ч. В технологиях молочных продуктов пектины стабилизируют синбиотические молочные напитки и служат матрицей для инкапсуляции биоактивных веществ. В технологиях мясных продуктов (в дозировке до 1,5 %) пектины повышают влагосвязывающую способность на 10–16 %, улучшают текстуру продуктов, повышают их выход и потребительские свойства. Наиболее эффективными эмульгаторами являются пектины из сахарной свеклы и кожуры арбуза, благодаря высокому содержанию в своем составе белка и ацетильных групп. Сделан вывод о высоком потенциале применения пектинов как натуральных, многофункциональных и безопасных пищевых ингредиентов в технологиях продуктов питания, в т. ч. обогащенных.

Ключевые слова: пектин, эмульгирующие свойства пектина, студнеобразующая способность пектина, влагосвязывающая способность пектина, пищевые волокна, продукты питания

Для цитирования: Фабрицкая А.А., Городецкий В.О., Даишева Н.М., и др. Основные направления применения пектинов в технологиях продуктов питания // Вестник КрасГАУ. 2026. № 6. С. 324–341. DOI: 10.36718/1819-4036-2026-6-324-341.

Alla Andreevna Fabrickaya^{1✉}, Vladimir Olegovich Gorodetsky², Nailya Midkhatovna Daisheva³, Semyon Olegovich Semenikhin⁴

^{1,2,3,4}Krasnodar Research Institute for Storage and Processing of Agricultural Products – branch of the North Caucasus Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, and Winemaking, Krasnodar, Russia

¹ms.fabritskaya@list.ru

²gorodecky_v_o@mail.ru

³hw-daisheva@yandex.ru

⁴semenikhin_s_o@mail.ru

MAIN APPLICATIONS OF PECTINS IN FOOD TECHNOLOGY

The aim of the study is to systematize data on the use of pectins in bakery, dairy and meat product technologies, taking into account their structural and functional characteristics. Objectives: to analyze the effect of pectins and pectin-containing additives on the consumer properties of bakery products; to consider the possibilities of using pectins in the technologies of functional dairy products and bioactive substance delivery systems; to summarize data on the influence of various factors on the emulsifying capacity of pectins; to evaluate the effectiveness of using pectins in meat product technologies to improve texture, increase yield and enrich meat products. Pectins are natural polysaccharides of plant origin, possessing a set of technological and functional properties, including moisture binding, emulsification, gelling and complexation (the ability to bind heavy metals), which is due to their structure (homogalacturonan, rhamnogalacturonan-I / II), the degree of esterification (methoxylation), acetylation and the content of protein components. The results of experimental studies by Russian and international authors on the influence of pectins on the processing parameters and quality of food products are analyzed. In bakery technology (at a dosage of 0.8 % of flour weight), pectins accelerate fermentation, strengthen flour gluten, and extend the shelf life of products by 12–24 hours. In dairy technology, pectins stabilize synbiotic dairy drinks and serve as a matrix for the encapsulation of bioactive substances. In meat technology (at a dosage of up to 1.5 %), pectins increase water-binding capacity by 10–16 %, improve product texture, enhance yield, and enhance consumer properties. The most effective emulsifiers are pectins from sugar beet and watermelon rind, due to their high protein and acetyl content. A conclusion is made regarding the high potential for the use of pectins as natural, multifunctional, and safe food ingredients in food processing, including fortified food products.

Keywords: pectin, emulsifying properties of pectin, gelling capacity of pectin, water-binding capacity of pectin, dietary fiber, food products

For citation: Fabrickaya AA, Gorodetsky VO, Daisheva NM, et al. Main applications of pectins in food technology. *Bulletin of KSAU*. 2026;(6):324-341. DOI: 10.36718/1819-4036-2026-6-324-341.

Введение. Пектины – природные высокомолекулярные полисахариды, основу которых составляют α-1,4-связанная D-галактуроновая кислота, частично этерифицированная метанолом, традиционно используемые в пищевой промышленности как желирующие, загущающие и стабилизирующие агенты. Однако в последние годы их функциональный потенциал значительно расширился за счет выявления способности связывать тяжелые и радиоактивные металлы, проявлять эмульгирующие, влагосвязывающие и пребиотические свойства, а также обогащать продукты растворимыми пищевыми волокнами. Пектины являются природными детоксикантами, что объясняется их химической структурой. Пектины образуют с тяжелыми и

радиоактивными металлами, попадающими в организм человека, нерастворимые комплексные соединения. Эти особенности делают пектины не просто технологическим вспомогательным веществом, но и ценным компонентом функциональных и профилактических продуктов питания.

Актуальность системного анализа применения пектинов обусловлена ростом спроса на натуральные ингредиенты, отказом от синтетических эмульгаторов и стремлением к рациональному использованию вторичных ресурсов переработки сельскохозяйственного сырья, таких как яблочные выжимки, кожура арбуза и свекловичный жом. Именно поэтому особое значение приобретают данные о применении

пектинов в технологиях хлебобулочных, молочных и мясных продуктов, где пектины демонстрируют присущие им многофункциональные возможности.

Современные исследования российских и зарубежных авторов подтверждают эффективность использования пектинов в различных пищевых системах. Так, внесение пектинов в хлебобулочные продукты в количестве 0,8 % к массе пшеничной муки ускоряет брожение теста, оказывает укрепляющее действие на клейковину муки, увеличивает выход хлеба и продлевает срок его свежести на 12–24 ч без ухудшения органолептических показателей [1].

Пищевые добавки на основе яблочного и тыквенного порошков, а также пектиновые экстракты из мелкоплодных яблок и активированные закваски (с яблочным или цитрусовым пектином) дополнительно обогащают хлебобулочные продукты антиоксидантами и пищевыми волокнами.

В технологиях молочных продуктов пектины применяются для стабилизации синбиотических напитков на основе сыворотки (0,5–2,5 % к массе продукта), получения сухих кисломолочных продуктов с метабитами и инкапсуляции йодида калия или L-аргинина в наноструктурированной форме.

В технологиях мясных продуктов пектины (до 1,5 % к массе продукта) повышают влагосвязывающую способность фарша на 10–16 %, формируют термостабильные гели (в т. ч. в синергии с альгинатом натрия), улучшают сочность фарша и его текстуру, а также обогащают паштеты пищевыми волокнами.

Особое внимание в последнее время уделяется эмульгирующим свойствам пектинов, которые зависят от их структурных характеристик: степени этерификации (метоксилирования) и ацетилирования, содержания белка (1–10 %), длины и разветвленности рамногалактуронана-I. Наиболее эффективными эмульгаторами признаны пектины из сахарной свеклы и арбузной корки, превосходящие цитрусовые и яблочные аналоги, благодаря высокому содержанию гидрофобных групп и белковых компонентов.

Несмотря на обширные эмпирические данные, отсутствует целостный обзор, объединяющий результаты исследований по применению пектинов именно в указанных трех секторах пищевой промышленности с учетом структурно-

функциональных взаимосвязей и технологических особенностей.

Цель исследования – систематизация современных научных данных в области применения пектинов в технологиях продуктов питания на основании факторов, определяющих их эмульгирующие, студнеобразующие и влагосвязывающие свойства.

Задачи: проанализировать влияние пектинов и пектинсодержащих добавок на потребительские свойства хлебобулочных продуктов; рассмотреть возможности использования пектинов в технологиях функциональных молочных продуктов и систем доставки биоактивных веществ; обобщить данные о влиянии различных факторов на эмульгирующую способность пектинов; оценить эффективность применения пектинов в технологиях мясных продуктов для улучшения текстуры, повышения выхода и обогащения мясных продуктов.

Проведенный анализ позволяет обосновать высокий технологический и нутрициологический потенциал пектинов как многофункциональных, безопасных и экономически выгодных пищевых ингредиентов в производстве продуктов питания.

Современное развитие хлебопекарной промышленности ориентировано на разработку технологий, направленных не только на улучшение органолептических и структурно-механических характеристик готовой продукции, но и на ее функциональное обогащение.

Одним из ключевых направлений является введение в рецептуру пищевых волокон, в первую очередь пектиновых веществ, обладающих широким спектром биологически активных свойств. К их числу относятся детоксикационные и радиопротекторные свойства, а также способность оказывать иммуномодулирующее, антиоксидантное, антисклеротическое и антибактериальное действие [2–4].

В технологиях хлебобулочных продуктов особую роль играют физико-химические характеристики пектинов – способность к набуханию, формированию вязких растворов и термообратимых гелей, а также повышению водопоглотительной способности муки. Благодаря этим свойствам пектины способствуют формированию более эластичного, пористого и устойчивого к черствению мякиша [5].

Кроме того, внесение пектинов в тесто оказывает влияние на течение биохимических, коллоидных и микробиологических процессов,

включая активность ферментов, развитие заквасочной микрофлоры и структуру клейковинного каркаса [6].

В контексте производства продуктов функционального и диетического профилактического назначения пектины находят все более широкое применение, благодаря их способности связывать и выводить из организма тяжелые и радиоактивные металлы, а также эндогенные и экзогенные токсины за счет образования нерастворимых комплексов. В хлебопекарной промышленности они также выступают в роли эффективных улучшителей хлебопекарных свойств муки, особенно при использовании сырья пониженного качества.

Необходимо отметить, что Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) классифицирует пектины как вещества, не представляющие токсикологической опасности для человека. Их терапевтический потенциал подтвержден при комплексном лечении ряда патологий, включая острые отравления, лучевую болезнь, заболевания желудочно-кишечного тракта, сахарный диабет, гемофилию, язвенные поражения слизистой оболочки желудка и воспалительные заболевания суставов такие, как полиартрит.

В работе исследователей Волгоградского ГАУ изучено использование яблочного пектина в качестве биологически активной добавки при производстве хлеба из пшеничной муки. Исследования проводились методом пробных лабораторных выпечек. На основании проведенных исследований установлено, что добавление пектина способствует повышению начальной кислотности теста и активизации процесса брожения. Отмечено, что продукты, содержащие пектин, сохраняют свежесть на 12–24 ч дольше по сравнению с контрольными образцами без его добавления. Введение пектина укрепляет клейковинный каркас пшеничного теста, способствует увеличению выхода готового хлеба и продлевает срок его свежести при сохранении высоких органолептических характеристик. Оптимальным количеством вносимого пектина является 0,8 % к массе муки. Благодаря включению яблочного пектина в рецептуру хлеб приобретает дополнительные функциональные свойства и может рассматриваться как продукт, обогащенный биологически активными веществами [7].

В работе Кубанских исследователей приведены результаты исследований состава макро- и микроэлементов пищевых добавок «Порошок яблоч-

ный» и «Порошок тыквенный», полученных из вторичных продуктов переработки яблок и тыквы с использованием инновационных технологий, обеспечивающих их высокую антиоксидантную активность [8]. Установлено, что введение данных пектинсодержащих добавок в пшеничную муку способствует росту ее антиоксидантной активности и улучшению технологических показателей – реологических свойств теста по сравнению с контрольным образцом, что позволяет разрабатывать обогащенные хлебобулочные продукты с повышенной антиоксидантной активностью и улучшенными технологическими характеристиками.

Исследователями из Красноярского ГАУ разработана рецептура хлеба с внесением пектинового экстракта из мелкоплодных яблок [9]. Такой хлеб можно рекомендовать для профилактического питания, так как вводимый с экстрактом из яблок пектин оказывает терапевтический эффект на организм человека.

Проведенные исследования показали, что добавление пектина в тесто оказывает комплексное влияние на биохимические, коллоидные и микробиологические процессы его формирования. В частности наблюдается повышение начальной кислотности и снижение значения pH, что способствует активизации процесса брожения теста. Одновременно с этим отмечается укрепление клейковинного каркаса, что положительно отражается на структуре и качестве готового теста.

В исследовании Майкопского государственного технологического университета изучено влияние пектиновых веществ на активизацию производственных заквасок (ржаной и хмелевой), применяемых в технологии ржанопшеничного хлеба «Дарницкий» [10]. Экспериментально доказано, что введение яблочного и цитрусового пектинов в количестве 5 % способствует значительному повышению активности обеих заквасок.

В другой работе того же коллектива исследователей рассмотрено использование сока столовой свеклы при производстве хлеба из пшеничной муки 1-го сорта [2]. Установлено, что добавление пектинсодержащего сока улучшает подъемную силу дрожжей и технологические характеристики теста, а также повышает пищевую ценность хлеба за счет его обогащения β-каротином, калием и железом.

На основании систематизированного анализа приведенных научных данных можно обоснованно констатировать тот факт, что использование пектинов в рецептурах хлебобулочных продуктов представляет значительный технологический и функциональный интерес. Их применение будет способствовать эффективному удержанию влаги в процессе хранения, что позволит дольше сохранять свежесть хлеба, а также формированию более эластичной и выраженной пористой структуры хлеба, улучшая его потребительские свойства [11].

Сохранение здоровья и повышение продолжительности активной жизни населения являются стратегическими приоритетами государственной политики Российской Федерации. Одним из ключевых факторов, определяющих состояние здоровья, является полноценное и сбалансированное питание. В условиях ухудшения окружающей экологической обстановки возрастает роль продуктов функционального назначения, в частности обладающих бифидогенным потенциалом.

Под бифидогенным потенциалом понимают способность пищевых продуктов стимулировать рост и активность полезной микрофлоры кишечника за счет комбинированного действия пробиотических и пребиотических компонентов. Пробиотики – это живые микроорганизмы, преимущественно представители родов *Lactobacillus* и *Bifidobacterium*, являющиеся естественными компонентами нормальной микрофлоры человека и играющие важную роль в поддержании его здоровья. Для стимуляции их роста и метаболической активности в рацион включают пребиотики – неперевариваемые водорастворимые пищевые волокна (моно-, олиго- и полисахариды), которые служат субстратом для полезной микрофлоры кишечника.

Среди природных пребиотиков особое место занимают пектины – высокомолекулярные полисахариды, состоящие преимущественно из остатков D-галактуроновой кислоты. Они не только способствуют росту представителей родов *Lactobacillus* и *Bifidobacterium*, но и обладают выраженными детоксикационными свойствами: связывают и выводят из организма тяжелые металлы, радионуклиды и другие токсичные вещества. Регулярное употребление пектинов способствует нормализации обмена веществ, улучшению деятельности пищеварительной системы и снижению уровня глюкозы и

холестерина в крови. Поэтому разработка и внедрение пектинсодержащих продуктов питания представляет собой актуальное направление профилактической диетологии и функционального питания.

Негативное воздействие экологических факторов, таких как ионизирующее излучение, пестициды, тяжелые металлы, нитраты и диоксины, не только вызывает острые и хронические интоксикации, но и приводит к снижению иммунологической реактивности и развитию вторичного иммунодефицита. В этих условиях особую значимость приобретает применение натуральных детоксикантов, способных связывать и элиминировать ксенобиотики. Пектины, попадая в желудочно-кишечный тракт, образуют гидратированные гели, которые при набухании адсорбируют токсичные вещества и способствуют их выведению из организма. Помимо детоксикационного эффекта, пектины оказывают положительное влияние на регенерацию слизистых оболочек дыхательных и пищеварительных путей, повышают устойчивость к аллергическим реакциям, улучшают внутриклеточное дыхание и метаболизм тканей.

Таким образом, пектины могут быть отнесены к ключевым компонентам диетического профилактического питания.

В настоящее время наблюдается устойчивый рост интереса потребителей к фруктово-овощным напиткам как к природным источникам витаминов (в частности витамина С, β -каротина, фолиевой кислоты) и минеральных веществ. Однако, несмотря на расширение ассортимента таких продуктов, сохраняется актуальность создания новых сокодержавных напитков с повышенной пищевой ценностью, направленных на коррекцию микронутриентной недостаточности в рационе населения. Перспективным направлением также является разработка фруктово-овощных десертов с применением природных студнеобразующих компонентов, прежде всего пектинов, которые способствуют формированию стабильной структуры продуктов и обеспечивают постепенное высвобождение биологически активных веществ, повышая их усвояемость и физиологическую эффективность [12].

В настоящее время способам производства кисломолочных продуктов из молочной или творожной сыворотки с использованием пектинов уделяется большое внимание. Как правило, запатентованные способы производства напитков

из молочной сыворотки включают ее пастеризацию, охлаждение до температуры заквашивания, внесение комбинированной бактериальной закваски, добавление пектинов в сквашенный продукт в количестве от 0,5 до 2,5 % к массе продукта, перемешивание, расфасовку и охлаждение, что обеспечивает получение продукта синбиотического назначения [13–17].

Исследователями из ФГБНУ ВО Вологодской ГМХА разработан способ получения сухого кисломолочного продукта на основе сухого пробиотически активного биопрепарата. При этом молочный продукт смешивают со стабилизатором в количестве 0,1–3,0 % к массе продукта, состоящим из рисовой муки, микроцеллюлозы, пектина или их комбинаций, и подвергают сублимационной сушке, затем заквашивают пробиотически активным препаратом и получают продукт, содержащий метабитики, которые обладают профилактическим действием [18].

Запатентованы также способы получения кефира с наноструктурированной добавкой иодида калия [19] или наноструктурированной добавкой L-аргинина [20], включающие иодид калия или L-аргинин в высоко- или низкоэтерифицированном яблочном или цитрусовом пектинах.

Анализ патентных и научно-технических источников свидетельствует, что в рационе населения Российской Федерации наблюдается дефицит пищевых волокон, витаминов и минеральных веществ. Этот дисбаланс способствует росту числа заболеваний алиментарного характера. Кроме того, ухудшение экологической ситуации снижает устойчивость организма к внешним стрессовым факторам и нарушает микробиологическое равновесие кишечника. Указанные тенденции подчеркивают необходимость расширения ассортимента и увеличения производства продуктов функционального назначения. В технологиях таких продуктов целесообразно применять пребиотики, пробиотики, растворимые пищевые волокна, а также натуральное растительное сырье и молочную сыворотку [21,22].

По результатам исследования рынка, наибольшие перспективы имеют сокодержащие и сывороточные напитки, обогащенные пектинами, а также структурированные продукты – например фруктово-овощные железные десерты, сочетающие высокую пищевую и биологическую ценность, оптимальные технологические харак-

теристики и выраженные органолептические преимущества [23, 24].

В настоящее время в технологиях продуктов питания наблюдается устойчивый тренд на замену синтетических эмульгаторов натуральными аналогами, среди которых особое место занимают пектины [25].

Учитывая это, проведен анализ научных исследований, рассматривающих эмульгирующие свойства пектинов и их практическое применение в технологиях продуктов питания [26, 27].

Пектины представляют собой гетерогенную группу сложных полисахаридов, основу которых составляет α -1,4-связанная D-галактуроновая кислота. Молекулярная структура пектинов включает несколько основных участков (доменов): гомогалактуронан (HG), рамногалактуронан I (RG-I) и рамногалактуронан II (RG-II) [28]. Вариация последовательности этих структурных элементов определяет функциональные свойства пектинов, в частности их эмульгирующую способность.

Следует отметить, что в химический состав пектинов входят остаточные количества веществ, формирующих химический состав сырья, что также оказывает влияние на эмульгирующую способность пектинов.

Для успешного применения пектинов в пищевой промышленности в качестве эмульгаторов с оптимальными свойствами особое внимание следует уделять выбору сырья для получения пектинов. Значительное влияние на эмульгирующую способность оказывает содержание в пектинах ацетильных групп и белкового компонента. Эти особенности структуры и химического состава определяют эмульгирующие свойства за счет баланса сочетания гидрофобных и гидрофильных участков молекулы.

Критически важным параметром является реакция среды, что позволяет достичь оптимальной стабилизации эмульсий, благодаря обеспечению требуемой конформации молекул пектинов и снижения электростатического отталкивания.

Современные технологические подходы к созданию стабильных эмульсионных систем предполагают использование комбинированных методов гомогенизации, где последовательно применяются роторно-статорные системы и обработка под высоким давлением. Такой комплексный подход обеспечивает не только эффективное диспергирование, но и формирова-

ние устойчивой структуры с заданными характеристиками. Особые перспективы открывает ферментативная модификация пектинов, позволяющая целенаправленно изменять их молекулярные параметры для решения конкретных технологических задач. Дополнительный потенциал заключается в создании гибридных систем, где пектины комбинируются с другими биополимерами, что особенно актуально для специализированных применений в пищевой и фармацевтической промышленности.

Исследования Б. Биндерейфа с соавторами установили, что боковые арабиновые цепи в пектине сахарной свеклы играют решающую роль в стабилизации эмульсий [29]. Авторы установили прямую корреляцию между содержанием арабинозы и уменьшением размера капель в эмульсиях. Механизм этого явления объясняется способностью разветвленных арабиновых цепей формировать толстый гидратированный слой на поверхности капель, обеспечивающий эффективную стерическую стабилизацию.

Не менее важным структурным параметром является степень этерификации и ацетилирования. Б. Япо и Д. Гнакри установили, что пектин сахарной свеклы с высоким содержанием ацетильных групп (10–20 %) и белка (7–10 %) имеет значительно лучшие эмульгирующие свойства по сравнению с низкоацетилированными аналогами, а также другими эмульгаторами [30]. Это обусловлено тем, что гидрофобные ацетильные группы способствуют адсорбции молекул пектина на границе раздела масла и воды, в то время как гидрофильные карбоксильные группы обеспечивают стабильность в водной фазе. Пектин сахарной свеклы способен стабилизировать эмульсии при концентрациях в 7 раз меньших, чем требуется для гуммиарабика – традиционного эталонного эмульгатора.

В работе бельгийских исследователей изучены эмульгирующие свойства различных модифицированных яблочных пектинов, богатых рамногалактуронаном-I (RG-I) [31]. Образцы с умеренной длиной боковых цепей (характеризуется соотношением молекулярной массы арабиногалактанов к молекулярной массе рамнозы, составляющим от 2 до 3 ед.) имели лучшую стабильность эмульсий по сравнению с сильно разветвленными или линейными структурами. Это связано с оптимальным балансом

между адсорбционной способностью и жесткостью межфазного слоя.

Исследование фракционированных пектинов сахарной свеклы, проведенное Д. Карником и Л. Викером, выявило, что фракции с низким содержанием белка превосходили богатые белком фракции в стабилизации эмульсий при концентрации 0,5 % [32]. Это указывает на то, что белки, хотя и важны для поверхностной активности, не являются единственным фактором стабильности.

В исследовании К. Алба и Л. Контогиоргоса отмечена роль гидрофобных групп (ацетильных, ферулоильных) и белков в эмульгирующих свойствах пектинов [33]. Показано, что пектины сахарной свеклы и бамии, содержащие 5–9 % белка, имеют более высокую поверхностную активность, в то время как цитрусовые и яблочные пектины, содержащие 1–3 % белка, были менее эффективны. Также отмечено, что оптимальная молекулярная масса для эмульгирования составляет 100–200 кДа, так как более высокие значения ограничивают доступ гидрофобных групп, а низкие – ухудшают стерическую стабилизацию. Также отмечается, что белки могут быть как ковалентно связаны с полисахаридной цепью, так и присутствовать в виде примесей, но в любом случае они существенно усиливают гидрофобные взаимодействия на границе раздела фаз.

В работе китайских исследователей был получен модифицированный β -пектин, имеющий высокие эмульгирующие свойства за счет сочетания в составе белка (4,67 %), феруловой кислоты и ацетильных групп (3,03 %), а также умеренной степени этерификации (62,46 %) [34]. Комбинация этих показателей обеспечила низкое межфазное натяжение – 14,9 мН/м и высокую упругость межфазного слоя – 61,68 мН/м.

В статье О.А. Патовой описано влияние структурных особенностей пектинов на студнеобразующую способность, а именно содержание гомогалактуронана, рамногалактуронана-I и рамногалактуронана-II. Установлено, что гомогалактуронан – линейный полимер галактуроновой кислоты обеспечивает электростатическую стабилизацию, а разветвленный рамногалактуронан-I способствует стерической стабилизации за счет нейтральных сахаров [35].

Следует отметить, что на эмульгирующую способность пектинов оказывают существенное влияние значение pH, ионная сила и темпера-

тура. В работе С. Урункоглу и соавторов проведено исследование зависимости стабильности пектиновых эмульсий от кислотности среды [36]. Авторы установили, что при pH 2,0–3,5 молекулы пектинов приобретают компактную конформацию, что способствует их быстрой адсорбции на поверхности капель. В то же время, при нейтральных значениях pH (6,0–7,0) увеличение заряда карбоксильных групп приводит к электростатическому отталкиванию и ухудшению стабилизирующих свойств. Авторы также отмечают, что ионный состав среды играет важную роль в стабилизации эмульсий [36]. Показано, что двухвалентные катионы (Ca^{2+} , Mg^{2+}) могут как улучшать, так и ухудшать стабильность системы в зависимости от их концентрации. При умеренных концентрациях (0,1–0,5 мМ) ионы кальция способствуют образованию поперечных связей между карбоксильными группами пектинов, укрепляя межфазный слой. Однако избыток катионов (более 1 мМ) приводит к флокуляции и дестабилизации эмульсии.

Важность конформации молекулы пектина сахарной свеклы в стабилизации эмульсий также отмечается в работе Б. Биндерейфа с соавт. [37]. При низком значении pH (около 3,0) компактная структура пектина сахарной свеклы обеспечивает быструю адсорбцию на границе раздела фаз, что способствует образованию мелких капель. Однако при низком соотношении пектина к маслу компактные молекулы менее эффективны из-за ограниченного покрытия поверхности.

Температурный фактор оказывает двойственное влияние на пектиновые эмульсии [38]. С одной стороны, повышение температуры до 60–70 °C улучшает растворимость пектинов и способствует более равномерному распределению в водной фазе. С другой стороны, длительное воздействие высоких температур может вызывать деградацию полисахаридных цепей, что негативно сказывается на стабильности системы. Поэтому в промышленных процессах рекомендуется использовать кратковременные температурные воздействия с последующим быстрым охлаждением.

Современные технологии приготовления эмульсий на основе пектинов включают несколько ключевых этапов. Первоначально проводится подготовка водной фазы, которая заключается в растворении пектинов в деионизированной воде или буферном растворе. Кон-

центрация пектинов обычно составляет 0,5–2,0 % к массе или объему продукта, а процесс растворения требует продолжительного перемешивания (1–2 ч) при комнатной температуре или умеренном нагреве (60–70 °C) [38, 39].

На стабильность пектинсодержащих эмульсий важное влияние оказывает также масляная фаза. Масляная фаза может включать различные виды растительных масел (подсолнечное, оливковое, соевое), среднецепочечные триглицериды или эфирные масла. Важным аспектом является предварительная фильтрация масла для удаления возможных примесей и его нагрев до температуры водной фазы для предотвращения расслоения при смешивании [40].

Процесс эмульгирования обычно осуществляется в два этапа. Первичное диспергирование проводится с использованием роторно-статорных гомогенизаторов (например Ultra-Turrax) при скоростях 10 000–24 000 об/мин в течение 2–5 мин [41, 42]. Затем для достижения оптимального распределения капель применяют высокое давление (30–100 МПа) в гомогенизаторах типа Microfluidizer или Nano DeBEE, альтернативой которому является использование ультразвуковой обработки (20–30 кГц) в течение 40–60 с [39–41].

Для повышения стабильности эмульсий часто применяют комбинированные системы, включающие пектины и другие стабилизаторы. В работе турецких исследователей показана эффективность сочетания низкоэтерифицированных пектинов с подсолнечным воском и мальтодекстрином [43]. Такие композиции обеспечивают не только хорошую стабильность эмульсий, но и контролируемое высвобождение функциональных компонентов.

Пектины, получаемые из разных растительных источников, существенно различаются по своим эмульгирующим свойствам.

В работе Д. Мендес и соавторов изучены эмульгирующие свойства пектина из кожуры арбуза в сравнении с коммерческими цитрусовыми и яблочными пектинами [42]. Установлено, что арбузный пектин превосходит коммерческие цитрусовые и яблочные пектины по эмульгирующей способности, что обусловлено высоким содержанием белка (9,2 %) и наличием длинных боковых цепей RG-I. Арбузный пектин стабилизирует эмульсии даже при высоком содержании масла (до 60 % об/об.), что делает его перспективным для практического применения.

Следует отметить, что эмульгирующие свойства пектинов могут быть улучшены путем модификации пектинов. Учитывая это, современные исследования направлены на разработку методов целенаправленной модификации пектинов для улучшения их функциональных свойств.

В работе показано, что обработка пектина сахарной свеклы пероксидазой хрена приводит к увеличению молекулярной массы до $1,86 \cdot 10^6$ Да и радиуса инерции до 110,3 нм, что способствует улучшению эмульгирующих свойств пектина [44]. Аналогичный эффект дает ферментативный гидролиз, позволяющий оптимизировать длину боковых арабиногалактановых цепей [45]. Такие модифицированные пектины обеспечивают значительно лучшую стабильность эмульсий при длительном хранении.

Другим перспективным направлением является создание микрогелей с применением пектина сахарной свеклы. В работе британских исследователей показано, что микрогели с применением пектина формируют более плотный и эластичный межфазный слой по сравнению с природным пектином [39]. «Мягкие» микрогели (с содержанием пектина в геле – 2,4 %) обеспечивают меньший начальный размер капель, тогда как «твердые» (содержанием пектина в геле 4 %) придают системе повышенную вязкость и упругость, что особенно важно для эмульсий с высоким содержанием масла (40 %).

Перспективным направлением является комбинирование пектинов с другими биополимерами. В работе китайских исследователей изучены конъюгаты пектина сахарной свеклы с сывороточным белком, которые демонстрируют улучшенные эмульгирующие свойства и контролируемое высвобождение липидов при пищеварении [46]. Аналогичные результаты отмечены в работах турецких и российских исследователей при сочетании пектинов с мальтодекстрином или альгинатами [43, 47].

Эмульсии на основе пектинов находят широкое применение в различных секторах пищевой промышленности. В технологиях молочных продуктов они используются для создания низкокалорийных продуктов, а также стабилизации молочных напитков и десертов [47]. Особенно перспективны системы, сочетающие пектины с сывороточными белками, которые позволяют получать продукты с улучшенными текстурными характеристиками и повышенной биологической ценностью.

В производстве масложировых продуктов пектиновые эмульсии применяют для частичной замены животных жиров растительными аналогами. Исследование ученых из США показало, что пектин сахарной свеклы особенно эффективен для стабилизации эмульсий с маслом рисовых отрубей, содержащим ценные нутрицевтики [40]. Такие системы сохраняют стабильность в течение 30 дней хранения при температуре 32 °С.

Важным направлением является использование пектиновых эмульсий для инкапсуляции и доставки биоактивных соединений. В работе турецких исследователей показана возможность создания стабильных систем с эфирными маслами [43]. Китайские исследователи отмечают эффективность пектиновых носителей для контролируемого высвобождения липидов в желудочно-кишечном тракте [46].

На основании проведенного обзора прослеживается, что эмульгирующие свойства пектинов определяются особенностями их химического состава и молекулярной структуры. Наибольшее влияние оказывают такие факторы, как содержание белка, степень ацетилирования и степень этерификации, длина основной цепи и разветвленность боковых цепей RG-I.

Оптимальными показателями для обеспечения стабильных эмульсий являются средняя молекулярная масса (100–200 кДа), наличие гидрофобных групп (ацетильных, ферулоильных) и баланс между линейными (HG) и разветвленными (RG-I) участками (доменами). Кислая реакция среды (pH 3,0–5,0) способствует компактной конформации пектинов, улучшая их адсорбцию на границе раздела фаз. Наибольшую эффективность демонстрируют пектины сахарной свеклы и бамии, тогда как цитрусовые и яблочные пектины требуют дополнительной модификации или комбинирования с другими эмульгаторами.

Проведенный анализ современных исследований позволяет сделать вывод о высоком потенциале пектинов как натуральных эмульгаторов. Наиболее перспективными являются пектины сахарной свеклы и кожуры арбуза, которые сочетают высокие эмульгирующие свойства с доступностью сырьевой базы. Эти данные имеют большое значение для разработки стабильных эмульсий в пищевой и фармацевтической промышленности, где пектины могут служить натуральной альтернативой синтетическим эмульгаторам.

Актуальность использования пектинов в технологиях мясных продуктов обусловлена необходимостью улучшения текстурных характеристик, увеличения выхода готовой продукции, а также разработки мясных продуктов с пониженной калорийностью и повышенной пищевой ценностью. На сегодняшний день пектины применяются преимущественно при производстве эмульгированных мясных продуктов (вареные и полукопченые колбасы, сосиски, паштеты), где они выполняют сразу несколько функций [48–55].

Во-первых, пектины обладают высокой влагосвязывающей способностью, что позволяет снизить потери влаги в процессе термической обработки и хранения, тем самым повышая сочность готовой продукции. Это особенно важно при использовании постного сырья или при производстве продуктов с пониженным содержанием жира.

Во-вторых, студнеобразующая активность пектинов обеспечивает формирование плотной и устойчивой структуры мясного фарша, что способствует улучшению консистенции и предотвращает расслоение продукта. В присутствии ионов кальция или при определенном уровне кислотности пектин образует термостабильные гели, способствующие структурной стабилизации как традиционных, так и комбинированных мясных систем.

Кроме того, благодаря эмульгирующим свойствам, пектины способствуют равномерному распределению жира и воды в фарше, что повышает стабильность мясной эмульсии. Это особенно важно при производстве продуктов с высокой степенью измельчения, где эмульсионная стабильность напрямую влияет на органолептические показатели.

Указанные свойства пектинов предопределены их молекулярной структурой. Авторами отмечается, что эффективность применения пектинов в мясных системах, в частности их способность к связыванию влаги, во многом определяется их структурно-функциональными характеристиками [56].

В работе исследователей Казанского национального исследовательского технологического университета установлено, что использование яблочного пектина с фосфатной добавкой позволяет повысить влагосвязывающую способность мясного сырья на 10,9 %, а чистого яблочного пектина – на 15,7 % [57, 58].

Восстановление и повышение влагосвязывающей способности мясного сырья до уровня,

характерного для парного мяса, является одним из приоритетных направлений при производстве колбасных продуктов и копченостей. Утрата внутритканевой влаги в процессе термической обработки сопровождается дегидратацией тканей, снижением сочности, ухудшением текстуры, консистенции и органолептических показателей готовой продукции [59].

Специалистами группы компаний «Протеин. Технологии. Ингредиенты» отмечается, что на эффекте формирования пектином ионных связей, более прочных и устойчивых к воздействию высоких температур, основана технология получения термонеобратимых пектиновых гелей [60]. Указанное свойство низкоэтерифицированных пектинов особо эффективно при его использовании с альгинатом натрия, обладающим высокой влагосвязывающей способностью, в результате чего обеспечивается синергизм и эффект усиливается. Авторами отмечается, что варено-колбасные продукты, приготовленные с применением низкоэтерифицированных пектинов и альгината натрия, имеют лучшие органолептические показатели, большую силу резания с меньшей эластичностью, что обуславливает уплотнение продуктов и улучшение «кусаемости» (так называемого «кнак-эффекта»).

Помимо технологических преимуществ, пектины являются источниками растворимых пищевых волокон, оказывающих положительное физиологическое воздействие на организм человека [59]. Добавление пектинов в состав мясных продуктов позволяет расширить их функциональные свойства, повысить пищевую ценность, а также удовлетворить потребности потребителей, стремящихся к здоровому питанию.

Так, в Башкирском государственном аграрном университете изучено влияние добавления яблочного пектина и яблочного пюре на химический состав и органолептические характеристики мясных паштетов [61]. Установлено, что внесение яблочного пектина в количестве до 3 % или яблочного пюре до 5 % способствует формированию более однородной и пластичной структуры продукта. Паштеты, приготовленные с использованием указанных добавок, характеризуются приятной мажущей консистенцией, типичной для данного вида продуктов, а также улучшенными вкусовыми свойствами и повышенной сочностью по сравнению с контрольными образцами.

Следует отметить, что применение низкоэтерифицированных пектинов в производстве мясных продуктов обеспечивает, кроме основных свойств (влагосвязывание, студнеобразование и эмульгирование), также термостабильность мясных продуктов, что является важным фактором, так как температура кулинарной готовности мясных продуктов должна быть не менее 70–72 °С [56].

С экономической точки зрения применение пектинов способствует оптимизации рецептурной стоимости за счет частичной замены мясного сырья и повышения выхода продукции. Известно, что количество пектиновых веществ в рецептурах мясных продуктов может составлять до 1,5 % к массе сырья [48].

Таким образом, использование пектинов представляет интерес для разработки функциональных продуктов питания, в т. ч. мясных продуктов.

В совокупности вышеуказанные свойства позволяют рассматривать пектины, как эффективные многофункциональные ингредиенты, применение которых в технологиях мясных продуктов является обоснованным как с научной, так и с практической точки зрения.

Заключение. На основании проведенного анализа современных научных данных в области применения пектинов в технологиях хлебобулочных, молочных и мясных продуктов можно сделать обоснованный вывод, что потенциал пектинов, как натуральных, многофункциональных и пищевых ингредиентов, для разработки функциональных обогащенных продуктов очень высокий, благодаря комплексу их технологических свойств, характеризующихся влагосвязывающей, эмульгирующей и студнеобразующей способностями.

Список источников

1. Тимакова Р.Т. Оценка качества пшеничного хлеба, обогащенного натуральным яблочным сырьем // Научный журнал НИУИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2020. № 2 (44). С. 22–28. DOI: 10.17586/2310-1164-2020-10-2-21-28. EDN: TWKHZK.
2. Едыгова С.Н., Хатко З.Н., Джолов З.Р. Влияние способов приготовления теста с добавлением сока свеклы столовой на показатели качества хлеба из пшеничной муки 1 сорта // Новые технологии. 2022. Т. 18, № 3. С. 36–43. DOI: 10.47370/2072-0920-2022-18-3-36-43. EDN: SYGDEH.
3. Беляев А.Г., Пьяникова Э.А., Ковалева А.Е., и др. Изготовление хлеба из разных сортов муки с использованием пектина и молочной сыворотки и исследование их качественных показателей, ИК Фурье спектроскопия полученных образцов // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2018. № 3 (23). С. 24–32. EDN: NAXJYG.
4. Созаева Д.Р., Думанишева З.С. Влияние пектина из створок зеленого горошка на качество хлеба // Проблемы развития АПК региона. 2019. № 4 (40). С. 203–209. EDN: TQYUNQ.
5. Джабоева А.С., Созаева Д.Р., Думанишева З.С. Способ производства булочки «Нальчанка» с пектином из створок зеленого горошка // Проблемы развития АПК региона. 2020. № 2 (42). С. 156–160. DOI: 10.15217/issn2079-0996.2020.2.156. EDN: GWHASF.
6. Созаева Д.Р., Джабоева А.С., Шаова Л.Г. Влияние пектина из створок зеленого горошка на качество хлеба, приготовленного безопасным способом // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова. 2019. № 1 (23). С. 43–49. EDN: KZONAH.
7. Древин В.Е., Крючков Е.И., Крючкова Т.Е. Биологические аспекты применения пектина при производстве пшеничного хлеба // Вестник аграрной науки Дона. 2016. № 2 (34). С. 37–41. EDN: WABUJR.
8. Корнен Н.Н., Шахрай Т.А., Калманович С.А. Влияние растительных пищевых добавок на свойства пшеничной муки и теста // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2017. № 128. С. 154–166. DOI: 10.21515/1990-4665-128-009. EDN: YOSSBJ.
9. Типсина Н.Н., Присухина Н.В., Машанов А.И., и др. Возможность использования пектинового экстракта в производстве хлеба // Вестник КрасГАУ. 2018. № 3 (138). С. 168–171. EDN: XSFVDN.
10. Хатко З.Н., Наумова Е.В. Влияние пектиновых веществ на активизацию производственных заквасок, используемых в производстве ржано-пшеничного хлеба // Технологии пищевой и пере-

- рабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2017. № 4 (18). С. 35–42. EDN: ZWNPOZ.
11. Хатко З.Н., Колодина Е.М. Разработка пектиносодержащих мучных композитов с пониженным содержанием глютена для печенья. В сб.: VIII Международная научно-практическая конференция «Наука, образование и инновации для апк: состояние, проблемы и перспективы». Майкоп, 2024. С. 277–278. EDN: AYFEXU.
 12. Огнева О.А., Донченко Л.В. Пектиносодержащие напитки с пробиотическими свойствами // Научный журнал КубГАУ. 2015. № 107 (03). С. 1–5. EDN: TPWDCX.
 13. Гаврилова Н.Б., Пасько О.В., Красноперова Е.Ф. Профилактический кисломолочный продукт Патент РФ на изобретение № 2308195. 20.10.2007. Доступно по: <https://patentdb.ru/patent/2308195>. Ссылка активна на 17.03.2026.
 14. Еременко А.В., Левочкина Л.В. Способ обработки молочной сыворотки. Патент РФ № 2723710. 17.06.2020. Бюл. № 17. Доступно по: <https://patentimages.storage.googleapis.com/f3/62/87/0cd0dbe8017ce4/RU2723710C1.pdf>. Ссылка активна на 17.03.2026.
 15. Каменская Е.С. Способ производства кисломолочного напитка из молочной сыворотки. Патент РФ № 2590678. 10.07.2016. Бюл. № 19. Доступно по: <https://patentimages.storage.googleapis.com/fd/bc/10/b62821ef2c3000/RU2590678C1.pdf>. Ссылка активна на 17.03.2026.
 16. Шапошникова Л.И., Красникова Л.В. Композиция для получения кисломолочного напитка и способ его производства. Патент РФ № 2268599. 27.01.2006. Бюл. № 03. Доступно по: <https://patentimages.storage.googleapis.com/ca/ca/7d/26de9d81d28b17/RU2268599C2.pdf>. Ссылка активна на 17.03.2026.
 17. Байбаков В.И., Байбакова Г.Н., Анисимова Т.И., Галимов Р.В., Мистюрин Ю. Н., Аракелян Р.А. Патент РФ № 2108723. Способ получения симбиотического кисломолочного продукта «Кефинар» или «Знаки зодиака». 20.04.1998. Доступно по: <https://allpatents.ru/patent/2108723.html>. Ссылка активна на 17.03.2026.
 18. Полянская И.С., Шигина Е.С., Поромонов Я.С. Способ производства сухого кисломолочного напитка. Пат. РФ № 2804106. 01.08.2023. Бюл. № 22. Доступно по: <https://patents.google.com/patent/RU2801106C1/ru>. Ссылка активна на 17.03.2026.
 19. Кролевец А.А. Способ получения кефира с наноструктурированным иодидом калия. Патент РФ № 2650874. 17.04.2018. Бюл. № 11. Доступно по: <https://patents.google.com/patent/RU2650874C1/ru>. Ссылка активна на 17.03.2026.
 20. Кролевец А.А. Способ получения кефира с наноструктурированным L-аргинином. Патент РФ № 2644218. 08.02.2018. Бюл. № 4. Доступно по: <https://patents.google.com/patent/RU2650874C1/ru>. Ссылка активна на 17.03.2026.
 21. Огнева О.А., Безверхая Н.С. Разработка рецептур комбинированных продуктов с функциональными свойствами // Новые технологии. 2021. Т. 17, № 1. С. 64–69. DOI: 10.47370/2072-0920-2021-17-1-64-69. EDN: CWXBRR.
 22. Трухачев В.И., Молочников В.В., Орлова Т.А., и др. Теория и практика безотходной переработки молока в замкнутом технологическом цикле. Ставрополь: АГРУС, 2012. 360 с. EDN: PJARNP.
 23. Темербаева М.В. Разработка технологии биойогурта на основе козьего молока для функционального питания. В сб.: IX Международный конгресс «Биотехнология: состояние и перспективы развития». М., 2017. Т. 2. С. 289–291. EDN: YQOJSN.
 24. Федосова А.Н., Каледина М.В., Андреева Д.Ю. Применение белково-липидной фракции молока, полученной фракционированием яблочным пектином, в технологии молочных продуктов // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. № 01 (55), ч. 4. С. 150–154. DOI: 10.23670/IRJ.2017.55.124. EDN: XRHHJL.
 25. Темербаева М.В., Бексеитов Т.К. Разработка технологии биойогурта для функционального питания на основе козьего молока // Вестник Омского ГАУ. 2017. № 1 (25). С. 120–126. EDN: YLGBNT.
 26. Чернопольская Н.Л., Гаврилова Н.Б., Темербаева М.В. Перспективы производства специализированных пищевых продуктов на основе козьего молока // Пищевая промышленность. 2019. № 8. С. 44–47. DOI: 10.24411/0235-2486-2019-10125. EDN: DLIJDE.

27. Даниярова Г.М. Сравнительная оценка органолептических и физико-химических показателей йогурта из козьего и коровьего молока // Молодой ученый. 2015. № 63. С. 29–33. EDN: ZRJHKB.
28. Mohnen D. Pectin structure and biosynthesis // *Current opinion in plant biology*. 2008. Vol. 11 (3). P. 266–277. DOI:10.1016/j.pbi.2008.03.006.
29. Bindereif B., Eichhofer H., Bunzel M., et al. Arabinan side-chains strongly affect the emulsifying properties of sugar beet pectins // *Food Hydrocolloids*. 2021. Vol. 121. P. 106968. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2021.106968.
30. Yapo B.M., Gnakri D. Pectic Polysaccharides and Their Functional Properties // *Polysaccharides: Bioactivity and Biotechnology*. Cham: Springer, 2015. P. 1729–1749. ISBN: 978-3-319-16297-3. DOI: 10.1007/978-3-319-16298-0_62.
31. Humerez-Flores J.N., Verkempinck S.H.E., De Bie M., et al. Understanding the impact of diverse structural properties of homogalacturonan rich citrus pectin-derived compounds on their emulsifying and emulsion stabilizing potential // *Food Hydrocolloids*. 2022. Vol. 125. P. 107343. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2021.107343.
32. Karnik D., Wicker L. Emulsion stability of sugar beet pectin fractions obtained by isopropanol fractionation // *Food Hydrocolloids*. 2018. Vol. 74. P. 249–254. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2017.07.041.
33. Alba K., Kontogiorgos V. Emulsification properties of pectin // *Technological and Physiological Properties*. Springer. Cham. 2020. P. 83–97. DOI: 10.1007/978-3-030-53421-9_5.
34. Shuai X., Chen J., Liu Q., et al. The effects of pectin structure on emulsifying, rheological, and in vitro digestion properties of emulsion // *Foods*. 2022. Vol. 11 (21). P. 3444. DOI: 10.3390/foods11213444.
35. Patova O.A., Golovchenko V.V., Ovodov Y.S. Pectic polysaccharides: Structure and properties // *Russian Chemical Bulletin*. 2014. Vol. 63. P. 1901–1924. DOI: 10.1007/s11172-014-0681-9.
36. Uruncuoğlu Ş., Alba K., Morris G.A., Kontogiorgos V. Influence of cations, pH and dispersed phases on pectin emulsification properties // *Current Research in Food Science*. 2021. Vol. 4. P. 398–404. DOI: 10.1016/j.crfs.2021.05.008.
37. Bindereif B., Karbstein H.P., Zahn K., et al. Effect of Conformation of Sugar Beet Pectin on the Interfacial and Emulsifying Properties // *Foods*. 2022. Vol. 11 (2). P. 214. DOI: 10.3390/foods11020214.
38. Ngouemazong E.D., Christiaens S., Shpigelman A., et al. The Emulsifying and Emulsion-Stabilizing Properties of Pectin: A Review // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2015. Vol. 14 (6). P. 705–718. DOI: 10.1111/1541-4337.12160.
39. Stubleby S.J., Cayre O.J., Murray B.S., et al. Emulsifying properties of sugar beet pectin microgels // *Food Hydrocolloids*. 2023. Vol. 137. 108291. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2022.108291.
40. Pham V., Morales-Contreras B.E., Kong F., et al. Emulsifying activity of commercial sugar beet pectins with aromatic and aliphatic oils // *Food Hydrocolloids for Health*. 2022. Vol. 2. 100099. DOI: 10.1016/j.fhfh.2022.100099.
41. Alba K., Kontogiorgos V. Pectin at the oil-water interface: Relationship of molecular composition and structure to functionality // *Food Hydrocolloids*. 2017. Vol. 68. P. 211–218. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2016.07.026.
42. Mendez D.A., Fabra M.J., Martinez-Abad A., et al. Understanding the different emulsification mechanisms of pectin: Comparison between watermelon rind and two commercial pectin // *Food Hydrocolloids*. 2021. Vol. 120. 106957. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2021.106957.
43. Elik A., Kocak Yanik D., Ozel B., et al. The effects of pectin and wax on the characteristics of oil-in-water (O/W) emulsions // *Journal of Food Science*. 2021. Vol. 86 (7). P. 3148–3158. DOI: 10.1111/1750-3841.15808.
44. Zhang L., Shi Z., Shangguan W., et al. Emulsification properties of sugar beet pectin after modification with horseradish peroxidase // *Food Hydrocolloids*. 2015. Vol. 43. P. 107–113. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2014.05.004.
45. Chen H., Fu X., Lu Z. Effect of molecular structure on emulsifying properties of sugar beet pulp pectin // *Food Hydrocolloids*. 2016. Vol. 54. Part A. P. 99–106. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2015.09.021.
46. Guo X., Guo X., Yu S., et al. Influences of the different chemical components of sugar beet pectin on the emulsifying performance of conjugates formed between sugar beet pectin and whey protein isolate // *Food Hydrocolloids*. 2018. Vol. 82. P. 1–10. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2018.03.032.

47. Kruchinin A.G., Agarkova E.Yu., Savinova O.S., et al. Hypotensive and hepatoprotective properties of the polysaccharide-stabilized foaming composition containing hydrolysate of whey proteins // *Nutrients*. 2021. Vol. 13 (3). 1031. DOI: 10.3390/nu13031031. EDN: MKJAOК.
48. Мотовилов К.Я., Мотовилов О.К., Нициевская К.Н., Морозов А.И. Способ производства полукопченой колбасы. Патент РФ № 2525627. 20.08.2014. Бюл. № 23. Доступно по: https://rusneb.ru/catalog/000224_000128_0002525627_20140820_C2_RU. Ссылка активна на 17.03.2026.
49. Гиро Т.М., Птичкина Н.М., Гаврилятов А.А. Колбаса баранья. Патент РФ № 2268622. 27.01.2006. Бюл. № 03. Доступно по: https://rusneb.ru/catalog/000224_000128_0002525627_20140820_C2_RU. Ссылка активна на 17.03.2026.
50. Шамкова Н.Т., Зайко Г.М., Колесникова Н.Г. Способ производства формованного мясного продукта для школьного питания. Патент РФ № 2309618. 10.11.2007. Бюл. № 31. Доступно по: https://rusneb.ru/catalog/000224_000128_0002525627_20140820_C2_RU. Ссылка активна на 17.03.2026.
51. Устинова А.В., Лисовицкая Е.П., Патиева С.В. Способ изготовления крем-паштета специального назначения. Патент РФ № 2629987. 05.09.2017. Бюл. № 25. Доступно по: <https://patents.google.com/patent/RU2629987C1/ru>. Ссылка активна на 17.03.2026.
52. Лисовицкая Е.П., Родионова Л.Я., Патиева С.В. Способ приготовления консервов функционального назначения «Фрикадельки диетические из мяса птицы». Патент РФ № 2597192. 10.09.2016. Бюл. № 25. Доступно по: https://rusneb.ru/catalog/000224_000128_0002597192_20160910_C1_RU. Ссылка активна на 17.03.2026.
53. Земцев Д.И., Здоренко Н.М. Рецептурная композиция белково-жировой эмульсии для рубленых полуфабрикатов. Патент РФ № 2600682. 27.10.2016. Бюл. № 30. Доступно по: <https://patents.google.com/patent/RU2600682C1/ru>. Ссылка активна на 17.03.2026.
54. Патиева С.В., Лисовицкая Е.П., Патиева А.М. Способ производства функционального мясного крема. Патент РФ № 2629988. 05.09.2017. Бюл. № 25. Доступно по: <https://patents.google.com/patent/RU2629988C1/ru>. Ссылка активна на 17.03.2026.
55. Лисовицкая Е.П., Патиева С.В., Тимошенко Н.В. Способ получения композиции мясного крема специального назначения. Патент РФ № 2636473. 23.11.2017. Бюл. № 33. Доступно по: <https://patents.google.com/patent/RU2636473C1/ru>. Ссылка активна на 17.03.2026.
56. Барыбина Л.И., Куликова В.В., Кожевникова О.Н. Обоснование применения пектина в технологии мясопродуктов // Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства. 2014. Т. 2, № 7. С. 5–7. EDN: TBIRDV.
57. Хрундин Д.В., Валеулов К.Г., Ежкова Г.О. Изучение возможности повышения функционально-технологических свойств мясного сырья путем совместного применения пектина и фосфатов // Вопросы питания. 2016. Т. 85, № S2. С. 154. EDN: XCFDZB.
58. Хрундин Д.В., Пономарев В.Я. Использование яблочного пектина для улучшения функционально-технологических свойств мясного сырья // Вестник технологического университета. 2015. Т. 18, № 21. С. 134–137. EDN: VDKHKN.
59. Семенихин С.О., Фабрицкая А.А., Даишева Н.М. Обоснование применения пектина в функциональных пищевых продуктах // Известия вузов. Пищевая промышленность. 2025. № 2-3 (400). С. 6–14. DOI: 10.26297/0579-3009.2025.2-3.1. EDN: HQVTPU.
60. Козеева О.В., Осипова Е.С., Дацко В.А. Функциональные смеси с гидроколлоидами для вареных колбас // Мясная индустрия. 2013. № 7. С. 25–27. EDN: RCMUXP.
61. Сафиуллина Л.С. Нетрадиционные компоненты при производстве мясных продуктов // Молодежь и наука. 2018. № 2. С. 113. EDN: XTXBKH.

References

1. Timakova RT. Assessment of the quality of wheat bread enriched with natural apple raw materials. *Scientific Journal NRU ITMO. Series: Processes and Food Production Equipment*. 2020;(2):22-28. (In Russ.). DOI: 10.17586/2310-1164-2020-10-2-21-28. EDN: TWKHZK.

2. Edygova SN, Khatko ZN, Dzholov ZR. The effect of dough preparation methods using beet juice on the quality indicators of white flour bread. *New Technologies*. 2022;18(3):36-43. (In Russ.). DOI: 10.47370/2072-0920-2022-18-3-36-43. EDN: SYGDEH.
3. Belyaev AG, Pyankova EA, Kovaleva AE, et al. Making bread from different grades of flour using pectin and whey and the study of their quality indicators, IR fourier spectroscopy of the samples obtained. *Technologies of the Food and Processing Industry of the Agro-Industrial Complex – Healthy Food Products*. 2018;(3):24-32. (In Russ.). EDN: NAXJYG.
4. Dzhaboeva AS, Sozaeva DR, Dumanisheva ZS. Influence of pectin from green pea cases on the quality of bread. *Problems of Development of the Agro-Industrial Complex of the Region*. 2019;(4):203-209. (In Russ.). EDN: TQYUNQ.
5. Dzhaboeva AS, Sozaeva DR, Dumanisheva ZS. Method for manufacturing a bunch of «Nalchanka» with pectin from green pea. *Problems of Development of the Agro-Industrial Complex of the Region*. 2020;2(42):156-160. (In Russ.). DOI: 10.15217/issn2079-0996.2020.2.156.
6. Sozaeva DR, Dzhaboeva AS, Shaova LG. The impact of pectin of leaf green peas on the quality of bread prepared with the straight dough method. *Bulletin of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2019;1(23):43-49. (In Russ.). EDN: KZONAH.
7. Drevin VE, Kriuchkov EI, Kriuchkova TE. Biologicheskie aspekty primeneniia pektina pri proizvodstve pshenichnogo khleba. *Vestnik agrarnoi nauki Dona*. 2016;2(34):37-41. (In Russ.). EDN: WABUJR.
8. Kornen NN, Shakhray TA, Kalmanovich SA, Dikolova EE. The effect of plant food additives on the properties of wheat flour and dough. *Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University*. 2017;(128):154-166. (In Russ.). DOI: 10.21515/1990-4665-128-009. EDN: YOSSBJ.
9. Tipsina NN, Prisukhina NV, Mashanov AI, et al. The possibility of using pectinaceous extract in bread production. *Bulletin of KSAU*. 2018;3(138):168-171. (In Russ.).
10. Khatko ZN, Naumova EV. Influence of pectin substances on the production of starter cultures used in the production of rye bread. *Technologies of the Food and Processing Industry of the Agro-Industrial Complex – Healthy Food Products*. 2017;4(18):35-42. (In Russ.). EDN: ZWNPOZ.
11. Khatko ZN, Kolodina EM. Razrabotka pektinosoderzhashchikh muchnykh kompozitov s ponizhennym soderzhaniem gliutena dlia pechen'ia. Nauka, obrazovanie i innovatsii dlia APK: sostoianie, problemy i perspektivy. In: VIII Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya «Nauka, obrazovanie i innovatsii dlia apk: sostoyanie, problemy i perspektivy». Maikop; 2024. P. 277–278. (In Russ.). EDN: AYFEXU.
12. Ogneva OA, Donchenko LV. Pectin beverages with probiotic characteristics. *Scientific Journal of KubSAU*. 2015;107(03):1-5. (In Russ.). EDN: TPWDCX.
13. Gavrilova N.B., Pas'ko O.V., Krasnoperova E.F. Prophylactic fermented milk product. Pat. RU 2308195. Inventions. Utility models. 20.10.2007. (In Russ.).
14. Eremenko A.V., Levochkina L.V. Method for processing whey. Pat. RU 2723710. Inventions. Utility models. 17.06.2020. (In Russ.).
15. Kamenskaya E.S. Method for producing a fermented milk drink from whey. Pat. RU 2590678. Inventions. Utility models. 10.07.2016. (In Russ.).
16. Shaposhnikova L.I., Krasnikova L.V. Composition for producing a fermented milk drink and method for its production. Pat. RU 2268599. Inventions. Utility models. 27.01.2006. (In Russ.).
17. Baibakov V.I., Baibakova G.N., Anisimova T.I., et al. Method for producing the symbiotic fermented milk product «Kefinar» or «Zodiak Signs». Pat. RU 2108723. Inventions. Utility models. 20.04.1998. (In Russ.).
18. Polyanskaya I.S., Shigina E.S., Poromonov Y.S. Method for producing a dry fermented milk drink. Pat. RU 2804106. Inventions. Utility models. 01.08.2023. (In Russ.).
19. Krolevec A.A. Method for producing kefir with nanostructured potassium iodide. Pat. RU 2650874. Inventions. Utility models. 17.04.2018. (In Russ.).
20. Krolevec A.A. Method for producing kefir with nanostructured L-arginine. Pat. RU 2644218. Inventions. Utility models. 08.02.2018. (In Russ.).

21. Ogneva OA, Bezverkhaia NS. Development of recipes for combined products with functional properties. *New Technologies*. 2021;17(1):64-69. (In Russ.). DOI: 10.47370/2072-0920-2021-17-1-64-69. EDN: CWXBRR.
22. Trukhachev VI, Molochnikov VV, Orlova TA, et al. *Teoriya i praktika bezothodnoj pererabotki moloka v zamknutom tekhnologicheskom cikle*. Stavropol: AGRUS; 2012. 360 p. (In Russ.). EDN: PJARNP.
23. Temerbaeva MV. Technology development of bioyoghurt based on goat milk for functional nutrition. *Agrarian science for agriculture. Biotechnology: state and prospects of development. Proceedings of the IX International Congress*. 2017;2:289-291. (In Russ.). EDN: YQOJSN.
24. Fedosova AN, Kaledina MV, Andreeva DY. Use of protein and lipid fractions of milk obtained by the fractionation of apple pectin in the technology of dairy products. *International Research Journal*. 2017;(55-4):150-154. (In Russ.). DOI: 10.23670/IRJ.2017.55.124. EDN: XRHHJL.
25. Temerbaeva MV, Bekseitov TK. Development of technology bioyogurt based on goat milk for the functional food. *Bulletin of OmSAU*. 2017;1(25):120-126. (In Russ.). EDN: YLGBNT.
26. Chernopol'skaia NL, Gavrilova NB, Temerbaeva MV. Production aspects of specialized food products based on goat milk. *Pishchevaia promyshlennost'*. 2019;(8):44-47. (In Russ.). DOI: 10.24411/0235-2486-2019-10125. EDN: DLIJDE.
27. Daniyarova GM. Sravnitel'naia otsenka organolepticheskikh i fiziko-khimicheskikh pokazatelei iogurta iz koz'ego i korov'ego moloka. *Molodoi uchenyi*. 2015;(63):29-33. (In Russ.). EDN: ZRJHKB.
28. Mohnen D. Pectin structure and biosynthesis. *Curr Opin Plant Biol*. 2008;11(3):266-277. DOI:10.1016/j.pbi.2008.03.006.
29. Bindereif B, Eichhofer H, Bunzel M, et al. Arabinan side-chains strongly affect the emulsifying properties of sugar beet pectins. *Food Hydrocoll*. 2021;121:106968. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2021.106968.
30. Yapo BM, Gnagri D. Pectic polysaccharides and their functional properties. In: Ramawat KG, Mérillon JM, eds. *Polysaccharides: Bioactivity and Biotechnology*. Springer International Publishing; 2015:1729-1749. DOI: 10.1007/978-3-319-16298-0_62.
31. Humerez-Flores JN, Verkempinck SHE, De Bie M, et al. Understanding the impact of diverse structural properties of homogalacturonan rich citrus pectin-derived compounds on their emulsifying and emulsion stabilizing potential. *Food Hydrocoll*. 2022;125:107343. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2021.107343.
32. Karnik D, Wicker L. Emulsion stability of sugar beet pectin fractions obtained by isopropanol fractionation. *Food Hydrocoll*. 2018;74:249-254. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2017.07.041.
33. Alba K, Kontogiorgos V. Emulsification properties of pectin. In: Kontogiorgos V, ed. *Pectin: Technological and Physiological Properties*. Springer International Publishing; 2020:83-97. DOI:10.1007/978-3-030-53421-9_5.
34. Shuai X, Chen J, Liu Q, et al. The effects of pectin structure on emulsifying, rheological, and in vitro digestion properties of emulsion. *Foods*. 2022;11(21):3444. DOI:10.3390/foods11213444.
35. Patova OA, Golovchenko VV, Ovodov YS. Pectic polysaccharides: structure and properties. *Russ Chem Bull*. 2014;63(9):1901-1924. DOI:10.1007/s11172-014-0681-9.
36. Uruncuoğlu Ş, Alba K, Morris GA, Kontogiorgos V. Influence of cations, pH and dispersed phases on pectin emulsification properties. *Curr Res Food Sci*. 2021;4:398-404. DOI:10.1016/j.crfs.2021.05.008.
37. Bindereif B, Karbstein HP, Zahn K, et al. Effect of conformation of sugar beet pectin on the interfacial and emulsifying properties. *Foods*. 2022;11(2):214. DOI:10.3390/foods11020214.
38. Ngouémazong ED, Christiaens S, Shpigelman A, Van Loey A, Hendrickx M. The emulsifying and emulsion-stabilizing properties of pectin: a review. *Compr Rev Food Sci Food Saf*. 2015;14(6):705-718. DOI:10.1111/1541-4337.12160.
39. Stublely SJ, Cayre OJ, Murray BS, Torres IC. Emulsifying properties of sugar beet pectin microgels. *Food Hydrocoll*. 2023;137:108291. DOI:10.1016/j.foodhyd.2022.108291.
40. Pham V, Morales-Contreras BE, Kong F, Wicker L. Emulsifying activity of commercial sugar beet pectins with aromatic and aliphatic oils. *Food Hydrocoll Health*. 2022;2:100099. DOI:10.1016/j.fhfh.2022.100099.
41. Alba K, Kontogiorgos V. Pectin at the oil-water interface: relationship of molecular composition and structure to functionality. *Food Hydrocoll*. 2017;68:211-218. DOI:10.1016/j.foodhyd.2016.07.026.

42. Mendez DA, Fabra MJ, Martínez-Abad A, López-Rubio A, Martínez-Sanz M. Understanding the different emulsification mechanisms of pectin: comparison between watermelon rind and two commercial pectin sources. *Food Hydrocoll.* 2021;120:106957. DOI:10.1016/j.foodhyd.2021.106957.
43. Elik A, Kocak Yanik D, Ozel B, et al. The effects of pectin and wax on the characteristics of oil-in-water (O/W) emulsions. *J Food Sci.* 2021;86(7):3148-3158. DOI:10.1111/1750-3841.15808.
44. Zhang L, Shi Z, Shangguan W, Zhao G. Emulsification properties of sugar beet pectin after modification with horseradish peroxidase. *Food Hydrocoll.* 2015;43:107-113. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2014.05.004.
45. Chen H, Fu X, Luo Z. Effect of molecular structure on emulsifying properties of sugar beet pulp pectin. *Food Hydrocoll.* 2016;54(Pt A):99-106. DOI:10.1016/j.foodhyd.2015.09.021.
46. Guo X, Guo X, Yu S, Kong F. Influences of the different chemical components of sugar beet pectin on the emulsifying performance of conjugates formed between sugar beet pectin and whey protein isolate. *Food Hydrocoll.* 2018;82:1-10. DOI:10.1016/j.foodhyd.2018.03.032.
47. Kruchinin AG, Agarkova EY, Savinova OS, et al. Hypotensive and hepatoprotective properties of the polysaccharide-stabilized foaming composition containing hydrolysate of whey proteins. *Nutrients.* 2021;13(3):1031. DOI: 10.3390/nu13031031. EDN: MKJAOK.
48. Motovilov K.Y., Motovilov O.K., Nitsevskaia K.N., Morozov A.I. Method for producing semi-smoked sausage. Pat. RU 2525627. Inventions. Utility models. 20.08.2014. (In Russ.).
49. Giro T.M., Ptichkina N.M., Gavril'yatov A.A. Mutton sausage. Pat. RU 2268622. Inventions. Utility models. 27.01.2006. (In Russ.).
50. Shamkova N.T., Zaiko G.M., Kolesnikova N.G. Method for producing a molded meat product for school nutrition. Pat. RU 2309618. Inventions. Utility models. 10.11.2007. (In Russ.).
51. Ustinova A.V., Lisovitskaya E.P., Patieva S.V. Method for making a special-purpose cream pate. Pat. RU 2629987. Inventions. Utility models. 05.09.2017. (In Russ.).
52. Lisovitskaya E.P., Rodionova L.Y., Patieva S.V. Method for preparing canned functional food «Dietary poultry meatballs». Pat. RU 2597192. Inventions. Utility models. 10.09.2016. (In Russ.).
53. Zemtsev D.I., Zdorenko N.M. Formulation composition of protein-fat emulsion for chopped semi-finished products. Pat. RU 2600682. Inventions. Utility models. 27.10.2016. (In Russ.).
54. Patieva S.V., Lisovitskaya E.P., Patieva A.M. Method for producing functional meat cream. Pat. RU 2629988. Inventions. Utility models. 05.09.2017. (In Russ.).
55. Lisovitskaya E.P., Patieva S.V., Timoshenko N.V. Method for obtaining a special-purpose meat cream composition. Pat. RU 2636473. Inventions. Utility models. 23.11.2017. (In Russ.).
56. Barybina LI, Kulikova VV, Kozhevnikova ON, Datsko VA. Obosnovanie primeneniia pektina v tekhnologii myasoproduktov. *Sbornik nauchnykh trudov Stavropol'skogo nauchno-issledovatel'skogo instituta zhivotnovodstva i kormoproizvodstva.* 2014;2(7):5-7. EDN: TBIRDV. (In Russ.).
57. Khrundin DV, Valeulov KG, Ezhkova GO. Izuchenie vozmozhnosti povysheniia funktsional'no-tekhnologicheskikh svoistv miasnogo syr'ia putem sovmestnogo primeneniia pektina i fosfatov. *Voprosy pitaniia.* 2016;85(S2):154. EDN: XCFDZB. (In Russ.).
58. Khrundin DV, Ponomarev VYa. Ispol'zovanie iablochnogo pektina dlia uluchsheniia funktsional'no-tekhnologicheskikh svoistv miasnogo syr'ia. *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta.* 2015;18(21):134-137. EDN: VDKHKN. (In Russ.).
59. Semenikhin SO, Fabritskaya AA, Daisheva NM. Rationale for the use of pectin in functional foods. *News of Higher Educational Institutions. Food Technology.* 2025;(2-3(400)):6-14. DOI: 10.26297/0579-3009.2025.2-3.1. EDN: HQVTPU. (In Russ.).
60. Kozeeva OV, Osipova ES, Datsko VA. Functional mixtures with hydrocolloids for cooked sausages. *Meat Industry.* 2013;(7):25-27. EDN: RCMUXP. (In Russ.).
61. Safiullina LS. Netraditsionnye komponenty pri proizvodstve miasnykh produktov. *Molodezh' i nauka.* 2018;(2):113. EDN: XTXBKH. (In Russ.).

Информация об авторах:

Алла Андреевна Фабрицкая, младший научный сотрудник отдела технологии сахара и сахаристых продуктов

Владимир Олегович Городецкий, старший научный сотрудник отдела технологии сахара и сахаристых продуктов, кандидат технических наук

Наиля Мидхатовна Даишева, старший научный сотрудник отдела технологии сахара и сахаристых продуктов, кандидат технических наук

Семен Олегович Семенихин, заведующий отделом технологии сахара и сахаристых продуктов, кандидат технических наук

Information about the authors:

Alla Andreevna Fabritskaya, Junior Researcher, Department of Sugar and Sugar Products Technology

Vladimir Olegovich Gorodetsky, Senior Researcher, Department of Sugar and Sugar Products Technology, Candidate of Technical Sciences

Nailya Midkhatovna Daisheva, Senior Researcher, Department of Sugar and Sugar Products Technology, Candidate of Technical Sciences

Semyon Olegovich Semenikhin, Head of the Department of Sugar and Sugar Products Technology, Candidate of Technical Sciences

