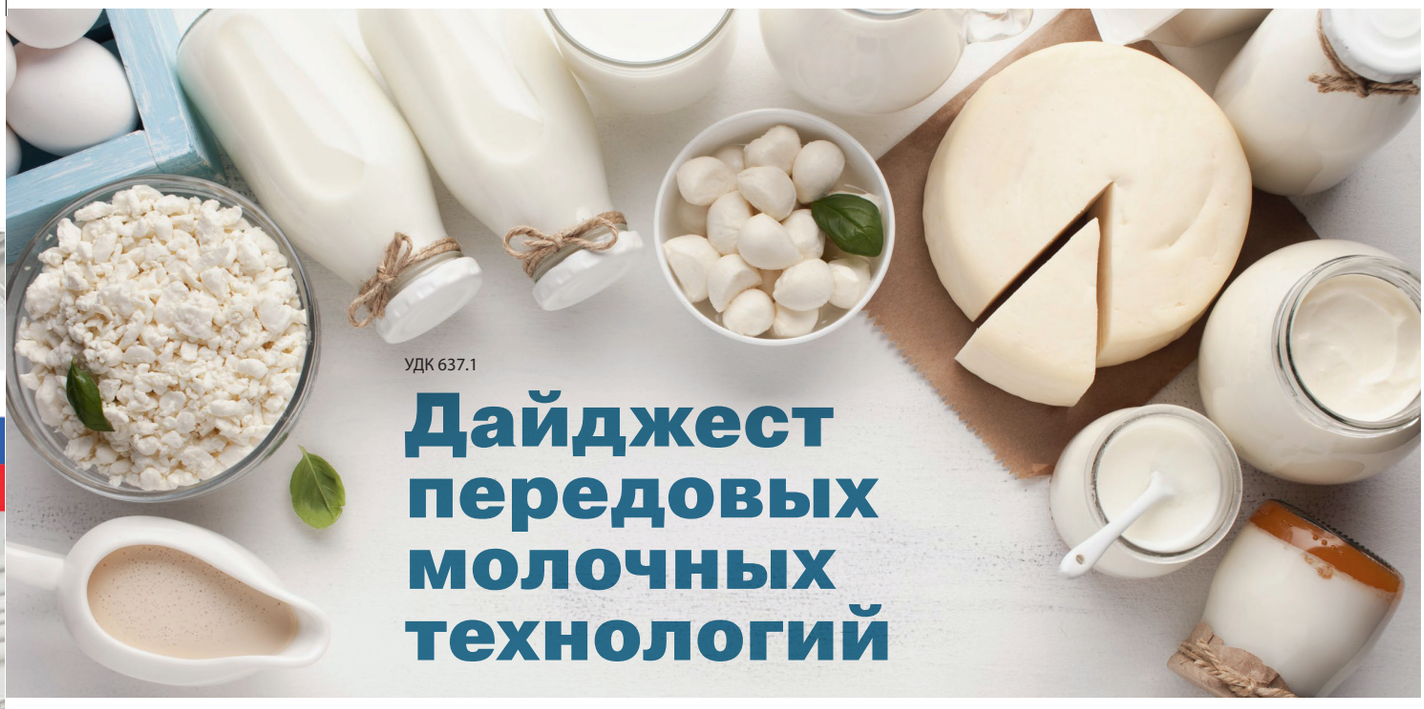

УДК 637.1

Дайджест передовых молочных технологий

Игорь Тимофеевич Смыков, д-р техн. наук, член Международной молочной федерации (IDF), член Общества технологов молочной промышленности (SDT), член Международного общества исследователей коллоидов и поверхностных явлений (IACIS), главный научный сотрудник ВНИИМС – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М.Горбатова» РАН
E-mail: i_smykov@mail.ru

Технологии молочных продуктов непрерывно совершенствуются, расширяется ассортимент, в производство вовлекаются новые пищевые ингредиенты, используются новые физические методы обработки. В этих направлениях работают тысячи ученых и технологов всего мира, а наиболее важные результаты их работ публикуются во множестве специализированных журналов. Познакомиться со всеми работами практически невозможно из-за их огромного количества, а зачастую и их отсутствия в открытом доступе. Для координации действий исследователей и производителей молочной продукции создаются и успешно функционируют различные международные и региональные сообщества. Это позволяет их членам быть в курсе основных мировых тенденций развития молочной промышленности. Тем не менее существует и множество опубликованных оригинальных работ, остающихся вне поля зрения исследователей. Цель обзора – привлечь внимание исследователей и технологов к новым разработкам в области молочной промышленности, информация о которых публикуется в высокорейтинговых мировых журналах первой и второй квартили.

Ключевые слова: *молочные продукты, инновационные технологии, методы исследований, безопасность, качество.*

Smykov I.T. Advanced Dairy Technologies Digest
All-Russian Scientific Research Institute of Butter- and Cheese-making – Branch of V.M.Gorbatov Federal Research Center for Food Systems

Technologies for the manufacture of dairy products are constantly being improved, the range of products is expanding, new food ingredients are involved in production, and new physical processing methods are used. Thousands of scientists and technologists from all over the world are working in these areas, and the most important results of their work are published in many specialized journals. It is almost impossible to get acquainted with all these works because of their huge number, and, often, their absence in the public domain. To coordinate the actions of researchers and manufacturers of dairy products, various international and regional communities are being created and are successfully working. This allows their members to be aware of the main global trends in the development of the dairy industry. However, many published original works remain outside the field of view of researchers. The purpose of this review is to draw the attention of researchers and technologists to new developments in the dairy industry, the results of which have recently been published in top-rated world journals in the first and second quartiles.

Key words: *dairy products, innovative technologies, research methods, safety, quality.*

В сентябре в Нью-Дели (Индия) состоялся Всемирный саммит Международной молочной федерации (IDF), на котором победителем в категории молочных инноваций был признан ***«Питьевой сыр»*** (Yili Drinkable Cheese) — новый продукт в категории сыров, предназначенный в основном для детского питания. О технологии производства и свойствах жидкого сыра пока очень мало информации, но этот инновационный продукт способен открыть новую потребительскую нишу. Известно только, что для его производства использованы фирменные технологии низкотемпературной стерилизации и концентрирования, что позволило эффективно снизить потери минорных компонентов молока, затраты на производство и отходы сырья. Присуждение премии этой инновации непосредственно связано с требованиями снижения «углеродного следа» в молочной промышленности, обновленное Руководство по которым опубликовано в Бюллетене International Dairy Federation (IDF) [1].

В конце ноября 2022 г. прошло общее собрание членов Общества молочных технологов (SDT), на котором был определен победитель в номинации «Лучшая научная публикация». Победителем признана статья ***«Обзор форм витамина К в сыре и их потенциальной роли в сердечно-сосудистых заболеваниях»*** [2] группы авторов из Ирландии и Индии. В работе отмечено, что обобщенное понятие «витамин К» представляет собой большую группу витаминов, в которую входят витамин K_1 (филлохинон), витамин K_2 (собирательный термин для ряда менахинонов от МК4 до МК13) и синтетический витамин K_3 (менадион).

Дефицит витамина К в организме человека может развиться в результате некоторых хронических кишечных заболеваний, после хирургических операций, при гепатитах разной этиологии, циррозе печени, опухолях поджелудочной железы, желчекаменной болезни, а также при длительном приеме антибиотиков, подавляющих микрофлору кишечника, антикоагулянтов типа варфарина, поскольку они являются его антагонистами. Витамин К также важен для здоровья сердечно-сосудистой системы из-за значимой роли в ингибировании кальцификации сосудов.

Витамин K_2 (кроме МК4) синтезируется бактериями в кишечнике человека, а также содержится в кисломолочных продуктах и сырах при соответствующем выборе заквасочной и вторичной микрофлоры. В работе подчеркивается ряд пробелов в исследованиях, в том числе при установлении условий обработки молока, выбора культур и времени ферментации, которые влияют на выработку и содержание витамина K_2 в молочных продуктах. Это новая область исследований, которая имеет потенциальное значение для предотвращения сердечно-сосудистых и некоторых других заболеваний и продвижения дополнительных преимуществ потребления сыра и кисломолочных продуктов.

Колоссальные затраты энергии на термообработку молока, в том числе пастеризацию и стерилизацию, в мировом масштабе сопровождаются большим углеродным следом, что очевидно вызывает экологические проблемы. Естественно исследователи и технологи стали активно разрабатывать ***нетермические способы обработки***. С этой целью используются различные физические методы, имеющие преимущества и недостатки в различных сферах.

Интерес к нетермическим технологиям также вызван желанием сохранить максимальное количество нативных иммуноактивных компонентов молока при переработке. Термочувствительные компоненты молока, такие как лактоферрин, иммуноглобулины, факторы роста и гормоны, очень важны для здорового питания. В обзорной работе [3] обобщены последние достижения в области ультрафиолетовой и ультразвуковой обработки, обработки под высоким давлением и других новых технологий обработки молока с точки зрения сохранения иммуноактивных компонентов и обеспечения микробной безопасности. Здесь же обсуждаются перспективы и ограничения нетермических методов, применяемых в переработке молока.

Проблемы использования ***непрерывного ультрафиолетового (УФ) излучения*** для обработки поверхностей головок сыра с целью инактивации плесени рассмотрены в работе [4]. Определены уровни инактивации плесени, содержание продуктов окисления белков и липидов, органолептические и цветовые характеристики сыра, подвергнутого воздействию различных доз УФ-излучения. Показано, что УФ-обработка позволяет сдерживать рост плесени во время хранения, но чрезмерные дозы излучения могут вызвать реакции окисления липидов и белков, что приведет к ухудшению качества сыра.

Эффективность использования ***плазменного реактора с диэлектрическим барьерным разрядом*** (ДБР) в качестве нетермической альтернативы обработки оболочек молочных жировых шариков исследована в работе [5]. Обработка холодной плазмой уменьшила количество *Escherichia coli*, *Salmonella* spp. и степень ингибирования роста *Staphylococcus aureus*. Кроме того, плазма воздействовала на мелкие жировые шарики в большей степени, чем на крупные, и индуцировала возможность взаимодействия с молочными белками или даже накопление на поверхности крупных шариков. Размер жировых шариков увеличивался при увеличении времени обработки плазмой, что указывало на их агрегацию в крупные глобулы.

В пищевой промышленности все большее распространение получают технологии, использующие обработку продуктов ***холодной плазмой*** (ХП). Последние исследования показали, что ХП может применяться для предварительной обработки перед сушкой. В работе [6] всесторонне рассмотрены механизмы повышения производительности сушки с помощью ХП, необходимое оборудование, энергопотребление, факторы, влияющие на качество сушки. ХП может способствовать диффузии влаги и повышать эффективность сушки за счет травления поверхности и воздействия на внутреннюю микроструктуру. Кроме того, ХП может повысить качество высушенных продуктов за счет сокращения времени сушки и снижения активности ферментов. В статье обсуждаются преимущества и недостатки технологии ХП, рассматриваются возможные проблемы и формулируются предложения для дальнейших исследований.

Многочисленные исследования выявили бактерицидный эффект ***ультразвука*** (УЗ) на широкий спектр микроорганизмов в жидких пищевых продуктах. В работе [7] обсуждаются механизм микробной инактивации, а также внутренние и внешние факторы, влияющие на бактерицидное и инактивирующее действие УЗ. Ультразвуковая обработка изучена как метод консервации, имеющий большой потенциал для продления срока годности и обеспечения безопасности пищевых продуктов при минимальном снижении питательной ценности и органолептических свойств по сравнению с традиционной термической обработкой. Приведены основные варианты сочетания УЗ с другими методами для повышения эффективности микробиологической инактивации, а также УЗ-оборудование, доступное в промышленных и лабораторных масштабах. Наконец, рассматривается регулирование использования ультразвука в пищевой промышленности.

Сравнительная оценка влияния обычной тепловой обработки (высоко- и низкотемпературной) и ***высокоинтенсивного ультразвука*** (ВИУЗ) на физическую стабильность и бактериальное разнообразие цельного молока при холодильном хранении проведена в работе [8]. В сыром молоке чаще всего обнаруживают бактерии родов *Acinetobacter* и *Pseudomonas*. После тепловой обработки и хранения в течение 7 дней почти во всех образцах доминировали бактерии родов *Acinetobacter*, *Kluyvera* и *Serratia*, а в молоке, обработанном ВИУЗ, — *Pseudomonas*. При этом только обработка ВИУЗ уменьшала размер жировых шариков (<1 мкм), обеспечивая лучшую физическую стабильность молока в процессе хранения.

Ультразвук высокой интенсивности также можно использовать для получения новых структур и текстур. Влияние ВИУЗ на микроструктуру кислотных молочных гелей исследовано в работе [9]. Количественный анализ изображений, полученных с использованием микроскопии сверхвысокого разрешения и конфокальной микроскопии, показал, что обработка ВИУЗ приводит к измеримым изменениям как в морфологии белковой сети, так и в степени ассоциации капель жира с белковой сетью.

Высокое гидростатическое давление (ВГД) — это технология нетермической обработки пищевых продуктов, которая за последние два десятилетия претерпела значительные изменения. Известно, что высокое давление влияет на свертывание и олигомеризацию, и, следовательно, ВГД может придавать желаемые свойства белкам. В обзорной статье [10] оценивается прогресс исследований за последние 15 лет, посвященных влиянию ВГД на структуру и функциональные свойства белков (растворимость, способность удерживать воду/масло, эмульгирование, пенообразование и гелеобразование), обсуждаются питательные свойства (например, усвояемость и

биоактивность). Развертывание белка обычно происходит во время обработки ВГД, что может привести к увеличению конформационной гибкости и раскрытию внутренних остатков. Путем оптимизации ВГД и условий окружающей среды может быть достигнут баланс гидрофобности и гидрофильности белка, соответственно улучшена функциональность. Кроме того, обработка ВГД приводит к изменению питательных свойств в результате повышения доступности внутренних остатков для пищеварительных ферментов или изменения конформации специфических активных центров. Тем не менее отмечается, что практическое применение ВГД при разработке функциональных белковых ингредиентов используется недостаточно и требует дополнительных исследований, касающихся влияния других пищевых компонентов или добавок.

В работе [11] обсуждаются различные факторы (pH, температура, цикличность, скорость декомпрессии, состав и концентрация среды), влияющие на ВГД-индуцированную модификацию белка коровьего молока. Оцениваются структура молочного белка при обработке ВГД и зависимость эффектов от параметров процесса и условий окружающей среды. Глубокое понимание влияния перечисленных факторов важно для контроля модификации молочных белков, вызванной ВГД, и взаимодействий внутри них или между ними. Это позволит предотвратить нежелательную агрегацию, гелеобразование и осаждение во время обработки или получить молочный белок со специфическими свойствами.

В работе [12] рассматривается использование ***импульсного электрического поля*** (ИЭП) в производстве сыра. Изучено влияние режимов ИЭП на инактивацию патогенной микрофлоры в молоке, а также в рассолах. Показано, что ИЭП влияет на молочные белки и липиды, а также заквасочные культуры, что может отрицательно сказываться на органолептических свойствах сыра. Рассмотрены возможности использования ИЭП в сыроделии и для переработки подсырной сыворотки.

Повышение эффективности производства за счет ***объединения дискретных конфигураций мембранной фильтрации*** в многоступенчатую или последовательную систему рассматривается в работе [13]. Показано, что последовательное использование микрофильтрации, ультрафильтрации, нанофильтрации и обратного осмоса, т. е. многоступенчатой мембранной фильтрации, повышает эффективность процессов концентрирования и фракционирования молока и его производных по сравнению с одноступенчатыми подходами.

Влияние условий транспортировки молока и его обработки ***методом микрофильтрации*** на физико-химические и микробиологические свойства молока и сухого обезжиренного молока представлено в работе [14]. Микрофильтрация обеспечивала значительное снижение в обработанном молоке общего количества аэробных мезофильных бактерий, *Bacillus*, *Pseudomonas* и дрожжевых грибов, улучшала микробиологическое качество сухого обезжиренного молока без существенного изменения его химического состава.

Также с помощью микрофильтрации можно удалить из обезжиренного молока основную часть нативных белков сыворотки и получить ***концентрат мицеллярного казеина*** (КМК) [15], который используется для производства молочных продуктов целевого состава и сыров желаемой функциональности. В работе рассмотрены факторы, влияющие на свойства КМК, способы хранения КМК, а также применение микрофильтрации для получения определенного состава и качества молочных продуктов.

Микроскопия часто используется для контроля качества молочных продуктов, но производители могут извлечь большую выгоду, если будут применять этот метод более активно. В обзорной работе [16] рассматриваются достижения в области анализа микроструктуры сыра. Показано, что микроскопию можно использовать для сравнительного анализа, оптимизации переменных процессов и определения критических контрольных точек. Микроскопия также может помочь при проектировании свойств продукта, а также устранении производственных проблем для улучшения качества сыра. Этот подход можно расширить с помощью современного количественного анализа, который позволяет сравнивать структурные особенности и функциональные показатели сыра, такие как плавкость, способность к измельчению и растяжимость, что потенциально позволяет прогнозировать и контролировать эти свойства.

В работе [17] обсуждаются методы ***инфракрасной спектроскопии*** в области ближнего и среднего инфракрасного излучения и важность хемометрики для аутентификации сыра. Показано, что анализ главных компонентов, частичный метод наименьших квадратов и линейный дискриминантный анализ, связанные со спектроскопией, стали мощными инструментами для аутентификации сыра. Спектроскопические методы перспективны при определении географического происхождения продукта, анализе посторонних примесей и контроле стадий созревания сыра.

Технологическая функциональность экзополисахаридов (ЭПС) *Streptococcus thermophilus* в ферментированных молочных продуктах зависит от внешних (например, состав молока) и внутренних (например, количество и свойства ЭПС) факторов. Целью исследования [18] стало определение ключевых факторов, влияющих на физические свойства ферментированного молока с ЭПС. Показано, что штаммы *Streptococcus thermophilus*, продуцирующие вязкие ЭПС, в основном определяли текстуру, тогда как внешние факторы в первую очередь влияли на кинетику закисления и количество ЭПС. При наличии *Streptococcus thermophilus*, продуцирующих капсульные ЭПС, синерезис ниже. Однако этот эффект был более выражен после обогащения молока сывороточным белком. Количество ЭПС не коррелировало с текстурой или синерезисом, что указывает на важность других факторов, таких как тип и свойства ЭПС и взаимодействие ЭПС с белками.

Окислительная стабильность молока и молочных продуктов является важной темой для молочной промышленности в связи с растущим спросом на продукты, содержащие биологически активные соединения. Работа [19] посвящена влиянию продолжительности хранения, предварительной тепловой обработки и температуры пастеризации молока на антиоксидантную активность молока и сыра. Использовались три вида молока: парное сырое молоко, сырое молоко после хранения в течение 96 ч и термизированное молоко после хранения в течение 96 ч. Длительное хранение молока и термизация отрицательно сказывались на антиоксидантной активности сыра. Полученные результаты подтверждают целесообразность производства сыра из молока, максимально сохранившего первоначальные свойства.

В соответствии с европейскими правилами сырое молоко для производства острого сыра длительного созревания «Проволоне Вальпадана» (Provolone Valpadana PDO) должно храниться, охлаждаться и перерабатываться в течение 60 ч после доения. Низкотемпературные условия хранения молока сохраняют микробиологическое качество, но в то же время снижают разнообразие и количество нативной микробиоты, что влияет на характеристики и качество вырабатываемых сыров. В оригинальном исследовании [20] изучено влияние способов хранения молока на ***количественное и качественное разнообразие бактериальных сообществ***. Двухступенчатые (15 ч при 10 °С, затем 45 ч при 4 °С) условия хранения молока увеличивали мезофильную, психротрофную, липолитическую и протеолитическую бактериальную нагрузку, не влияя на санитарно-гигиенические показатели молока. Из 66 доминантных и 161 субдоминантного таксона, полученных с помощью ДНК-метабаркодирования, *Acinetobacter*, *Pseudomonas* и молочнокислые бактерии, принадлежащие к родам *Lactococcus* и *Streptococcus*, присутствовали почти во всех образцах сырого молока. Полученные результаты могут использоваться в производстве сыров длительного созревания для рационализации хранения, транспортировки и переработки сырого молока.

Ферментированные продукты могут быть источником заквасочных и (или) незаквасочных (non-starter) молочнокислых бактерий. Потенциал их использования огромен. В работе [21] рассматриваются основные этапы, которые должны пройти аутохтонные молочнокислые бактерии, чтобы в дальнейшем классифицироваться как ***новые заквасочные культуры или пробиотики:*** идентификация, подтверждение полезных для здоровья свойств и оценка безопасности. Каждая характеристика зависит от штамма и требует точного определения. В работе подчеркиваются преимущества и недостатки незаквасочных молочнокислых бактерий, выделенных из традиционных ферментированных пищевых продуктов, обсуждаются аспекты безопасности и их воздействие на органолептические свойства.

Биосенсорная технология является относительно новой для молочной промышленности, хотя успешно используется в других областях производства и науки. Преимущества применения биосенсоров последовательно демонстрировались в многочисленных исследованиях. В обзорной работе [22] рассмотрены и обобщены некоторые виды биосенсоров с различными комбинациями биологических рецепторов и преобразователей, которые используются для анализа компонентов в молоке. Показана возможность количественного определения отдельных молочных белков и специфического обнаружения лактозы. Также сообщается о штамм-специфичном подсчете патогенов наряду с анализом параметров качества сырого молока, имеющих значение для переработки.

Микробиологическая безопасность является основополагающей при производстве и хранении молока и молочных продуктов. Поэтому разработка быстрых, чувствительных и экономичных способов определения патогенов пищевого происхождения имеет большое значение для обеспечения безопасности. По сравнению с традиционными методами, требующими много времени, малоэффективными и дорогостоящими, ***электрохимические биосенсоры*** имеют ряд преимуществ: простота, быстрое действие, высокая чувствительность, небольшие размеры и низкая стоимость. В последние годы углеродные наноматериалы часто использовались для создания биосенсоров на электрохимической основе, что объясняется их высокой стабильностью и биосовместимостью. В обзорной работе [23] обобщены проблемы и возможности применения таких электрохимических биосенсоров для мониторинга патогенов пищевого происхождения.

Бактериофаги представляют постоянную угрозу процессам ферментации пищевых продуктов, особенно на крупных промышленных предприятиях. Фаги, инфицирующие заквасочные молочнокислые бактерии, хорошо изучены, достигнуты значительные успехи в определении движущих сил коэволюции бактериофагов. Способы, с помощью которых различные виды заквасочных бактерий защищаются от действия фагов, а также хромосомное или плазмидное расположение генов, кодирующих механизмы защиты, определяют технологические подходы к разработке устойчивых заквасочных культур. В обзорной работе [24] освещаются последние достижения в определении взаимодействий фаг — хозяин и механизмов устойчивости разных видов бактерий к фагам. Обсуждается, как существующие подходы могут преобразовать индустрию кисломолочной продукции и как использование растительных альтернатив сможет обеспечить ферментацию пищевых продуктов в будущем.

Безопасность молочных продуктов достигается в результате своевременного и оперативного обнаружения патогенных микроорганизмов и токсинов. Однако на практике сделать это непросто и требует много времени. Вместе с тем известно, что бактериофаги очень быстро могут специфически распознавать и прикрепляться к определенным видам микроорганизмов или токсинов благодаря молекулярной комплементарности между капсидными белками фагов и рецепторами на стенке клетки-хозяина или токсинами. Это свойство можно использовать для обнаружения патогенов и токсинов. В работе [25] представлена информация о технологиях ***люминесцентной детекции на основе бактериофагов***. С использованием методов фагового дисплея умеренных фагов разработаны способы выявления репортерных генов для чувствительного обнаружения патогенов по интенсивности света. Из-за специфичных для хозяина литических эффектов вирулентных фагов использовались катализируемые ферментами хемилюминесцентные технологии. Примечательно, что эти технологии могут отличать живые микроорганизмы от мертвых. Кроме того, представлены высокоселективные и чувствительные иммунологические методы для качественного и количественного обнаружения следов токсинов с помощью аналогов антител, отображаемых фагами, таких как phage-ELISA (иммуноферментный анализ) и phage-IPCR (иммунополимеразная цепная реакция).

Иммуноанализы являются надежными, эффективными и точными методами определения низкомолекулярных вредных веществ (таких как пестициды, ветеринарные препараты и биологические токсины), которые могут присутствовать в пищевых продуктах. В работе [26] отмечается, что использование традиционных поли- и моноклональных антител ограничивается животными-хозяевами. Это препятствуют дальнейшему развитию иммуноанализов. Однако с постепенным внедрением технологии фагового дисплея селекция *in vitro* одноцепочечного вариабельного фрагмента (овФ) становится интересной альтернативой традиционным антителам. Эффективно сконструированные исходные библиотеки овФ и специально разработан-

ные схемы биопэннинга теперь могут давать овФ, обладающие специфическими возможностями распознавания. В статье подробно анализируется процесс подготовки и повышения аффинности овФ, а также представлены ход исследований и тенденции развития методов иммуноанализа на основе овФ для мониторинга низкомолекулярных вредных веществ в пищевых продуктах.

Информация о новых молочных продуктах, технологиях их изготовления, безопасности и эффективности производства изменяется и дополняется ежедневно. Чтобы оставаться успешными на рынке, исследователям и производителям молочных продуктов необходимо владеть такими данными.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ***The IDF global Carbon Footprint standard for the dairy sector.*** *Bulletin of the IDF, No. 520. International Dairy Federation (ed.). – Brussels, 2022.*

2. ***Zhou, S.*** *A narrative review of vitamin K forms in cheese and their potential role in cardiovascular disease/ S.Zhou, B.M.Mehta, E.L.Feeney// International Journal of Dairy Technology. 2022. V. 75(4). P. 726–737. doi: 10.1111/1471-0307.12901*

3. ***Liu, Y.*** *Current progress of emerging technologies in human and animals' milk processing: Retention of immune-active components and microbial safety/ Y.Liu [et al.]// Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2022. V. 21. P. 4327–4353. https://doi.org/10.1111/1541-4337.13019*

4. ***Urgu-Ozturk, M.*** *Possibilities of using the continuous type of UV light on the surface of lor (whey) cheese: Impacts on mould growth, oxidative stability, sensory and colour attributes during storage/ M.Urgu-Ozturk// Journal of Dairy Research. 2022. V. 89(3). P. 335–341. https://doi:10.1017/S0022029922000590*

5. ***Ali, F.*** *Nonthermal and thermal treatments impact the structure and microstructure of milk fat globule membrane/ F.Ali// International Journal of Dairy Technology. 2022. V. 75. P. 338–347. https://doi.org/10.1111/1471-0307.12840*

6. ***Du, Y.*** *Improving food drying performance by cold plasma pretreatment: A systematic review/ Y.Du [et al.]// Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2022. V. 21. P. 4402–4421. https://doi.org/10.1111/1541-4337.13027*

7. ***Nunes, B.V.*** *Microbiological Inactivation by Ultrasound in Liquid Products/ B.V.Nunes [et al.]// Food Bioprocess Technology. 2022. V. 15. P. 2185–2209. https://doi.org/10.1007/s11947-022-02818-z*

8. ***Scudino, H.*** *Raw milk processing by high-intensity ultrasound and conventional heat treatments: Microbial profile by amplicon sequencing and physical stability during storage/ H.Scudino [et al.]// International Journal of Dairy Technology. 2022. V. 75. P. 115–128. https://doi.org/10.1111/1471-0307.12819*

9. ***James, G.Z.*** *Microstructural changes in acid milk gels due to temperature-controlled high-intensity ultrasound treatment: Quantification by analysis of super-resolution microscopy images/ G.Z.James [et al.]// International Journal of Dairy Technology. 2022. V. 75. P. 321–328. https://doi.org/10.1111/1471-0307.12838*

10. ***Wang, W.*** *Effect of high hydrostatic pressure processing on the structure, functionality, and nutritional properties of food proteins: A review/ W.Wang [et al.]// Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2022. V. 21. P. 4640–4682. https://doi.org/10.1111/1541-4337.13033*

11. ***Gharbi, N.*** *Factors affecting the modification of bovine milk proteins in high hydrostatic pressure processing: An updated review/ N.Gharbi, A.Marciniak, A.Doyen// Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2022. V. 21. P. 4274–4293. https://doi.org/10.1111/1541-4337.13012*

12. ***Gentès, M.-C.*** *Potential applications of pulsed electric field in cheesemaking/ M.-C.Gentès, A.Caron, C.P.Champagne// International Journal of Dairy Technology. 2022. V. 75. P. 270–288. https://doi.org/10.1111/1471-0307.12854*

13. ***Blais, H.N.*** *A review of multistage membrane filtration approaches for enhanced efficiency during concentration and fractionation of milk and whey/ H.N.Blais, K.Schroën, J.T.Tobin// International Journal of Dairy Technology. 2022. V. 75. P. 749–760. https://doi.org/10.1111/1471-0307.12884*

14. ***Kara, Ü.*** *The use of microfiltration technique in the production of skim milk powder: The effect of milk transport conditions on the microbiological and physicochemical properties of milk and milk powders/ Ü.Kara, D.Sert// International Journal of Dairy Technology. 2022. V. 75. P. 438–447. https://doi.org/10.1111/1471-0307.12855*

15. ***Xia, X.*** *Production, composition and preservation of micellar casein concentrate and its application in cheesemaking: A review/ X.Xia [et al.]// International Journal of Dairy Technology. 2022. V. 75. P. 46–58. https://doi.org/10.1111/1471-0307.12829*

16. ***Ong, L.*** *New Insights into Cheese Microstructure/ L.Ong [et al.]// Annual Review of Food Science and Technology. 2022. V. 13(1). P. 89–115.*

17. ***Silva, L.K.R.*** *Application of infrared spectroscopic techniques to cheese authentication: A review/ L.K.R.Silva, L.S.Santos, S.P.B.Ferrão// International Journal of Dairy Technology. 2022. V. 75. P. 490–512. https://doi.org/10.1111/1471-0307.12859*

18. ***Surber, G.*** *The Role of Exopolysaccharide-Producing Streptococcus thermophilus on Physical Properties of Stirred Skim Milk Gel/ G.Surber, H.Rohm, D.Jaros// Dairy. 2022. V. 3. P. 761–775. https://doi.org/10.3390/dairy3040052*

19. ***Tripaldi, C.*** *Effect of Storage and Heat Treatment of Milk Destined for Cheese Production on Its Oxidative Characteristics/ C.Tripaldi [et al.]// Dairy. 2022. V. 2. P. 585–601. https://doi.org/10.3390/dairy2040046*

20. ***Zago, M.*** *Raw Milk for Provolone Valpadana PDO Cheese: Impact of Modified Cold Storage Conditions on the Composition of the Bacterial Biota/ M.Zago [et al.]// Dairy. 2022. V. 3. P. 700–709. https://doi.org/10.3390/dairy3040048*

21. ***Grujović, M.Ž.*** *Advantages and disadvantages of non-starter lactic acid bacteria from traditional fermented foods: Potential use as starters or probiotics/ M.Ž.Grujović [et al.]// Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2022. V. 21. P. 1537–1567. https://doi.org/10.1111/1541-4337.12897*

22. ***Oh, H.E.*** *Use of biosensor technology in analysing milk and dairy components: A review/ H.E.Oh, S.Eathorne, M.A.Jones// International Journal of Dairy Technology. 2022. V. 75. P. 738–748. https://doi.org/10.1111/1471-0307.12900*

23. ***Mei, Y.*** *Electrochemical Biosensors for Foodborne Pathogens Detection Based on Carbon Nanomaterials: Recent Advances and Challenges/ Y.Mei [et al.]// Food Bioprocess Technology. 2022. V. 15. P. 498–513. https://doi.org/10.1007/s11947-022-02759-7*

24. ***Charneco, G.O.*** *Bacteriophages in the Dairy Industry: A Problem Solved?/ G.O.Charneco [et al.]// Annual Review of Food Science and Technology. 2023. V. 14(1).*

25. ***Ye, J.*** *Phage-based technologies for highly sensitive luminescent detection of foodborne pathogens and microbial toxins: A review/ J.Ye [et al.]// Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2022. V. 21. P. 1843–1867. https://doi.org/10.1111/1541-4337.12908*

26. ***Li, L.*** *Single-chain fragment variable produced by phage display technology: Construction, selection, mutation, expression, and recent applications in food safety/ L.Li [et al.]// Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2022. V. 21. P. 4354– 4377. https://doi.org/10.1111/1541-4337.13018*