



Современные технологические решения для переработки мясо-молочной продукции

Активное развитие пищевой промышленности обусловлено необходимостью повышения эффективности производства, улучшения качества изделий, а также внедрения инновационных технологий, отвечающих требованиям безопасности и устойчивого развития. Особенно актуально это для мясо-молочного ассортимента, занимающего важное место в рационе питания населения. Рост спроса на безопасные и функциональные продукты стимулирует разработку и внедрение новых решений, направленных на оптимизацию процессов обработки сырья, повышение биологической ценности и расширение ассортимента товаров [1].

Гордей Гусаков,

директор Института мясо-молочной промышленности, кандидат экономических наук, доцент

Елена Степанова,

заместитель директора по научной работе Института мясо-молочной промышленности, кандидат ветеринарных наук, доцент

Наталья Фурик,

первый заместитель директора Института мясо-молочной промышленности, кандидат технических наук, доцент

Екатерина Беспалова,

заведующий отраслевой лабораторией биохимии, микробиологии и технологических процессов переработки молока Института мясо-молочной промышленности, кандидат технических наук, доцент

Светлана Гордынец,

заведующий отделом технологий мясных продуктов Института мясо-молочной промышленности, кандидат сельскохозяйственных наук

Ирина Калтович,

заведующий научно-организационным отделом Института мясо-молочной промышленности, кандидат технических наук, доцент

В последние десятилетия технологии, связанные с внедрением инновационных методов переработки, автоматизацией процессов и цифровизацией контроля качества, претерпели значительные изменения. Новые подходы позволяют не только повысить эффективность отрасли, но и снизить потери сырья, уменьшить использование консервантов и улучшить показатели безопасности [2, 3]. Особого внимания заслуживают способы переработки вторичных ресурсов мясного и молочного производств, обеспечивающие получение добавленной стоимости из побочных продуктов. Например, из молочной сыворотки с помощью мембранных технологий можно извлечь ценные белковые концентраты и другие функциональные ингредиенты. Аналогичные приемы, связанные с глубокой переработкой костного остатка, коллагенсодержащего сырья, крови и других побочных продуктов убоя, применяются и в мясной промышленности.

Инновационное развитие молочной отрасли Республики Беларусь – ключевой фактор обеспечения продовольственной безопасности и повышения конкурентоспособности страны на междуна-

родном рынке. В последние годы особое внимание уделяется производству белковых концентратов, что связано с ростом потребности в высокобелковых продуктах [2–4]. Так, метод мембранной фильтрации позволяет концентрировать или выделять отдельные компоненты молочного сырья и изготавливать продукты с регулируемым составом и заданными свойствами. Глубина фракционирования сырья зависит от типа используемых мембран. Многие предприятия молочной промышленности оснащены установками, выполняющими целый ряд технологических операций, без которых выпуск таких видов молочных продуктов, как мягкий творог, йогурты с повышенным содержанием белка (греческий, концентраты молочного и сывороточных белков) невозможен. Институт мясо-молочной промышленности с 2010 г. активно занимается изучением и усовершенствованием существующих технологий с внедрением способов мембранной обработки молочного сырья с целью эффективного и безотходного развития отрасли [5, 6].

На основе селективных методов ультрафильтрации молочной сыворотки наши специалисты разработали ресур-

сосберегающую технологию изготовления концентрата наиболее полноценных по своим биологическим свойствам сывороточных белков, являющихся источником незаменимых аминокислот, функциональных минорных белков, чрезвычайно важных для формирования иммунитета. Их производство в жидком виде освоено на ОАО «Молочные горки», ООО «Белсыр», ООО «Праймилк» и других, а сухого концентрата – на ОАО «Молочный Мир» и ОАО «Савушкин продукт». Получаемые белки можно включать в продукты общего и специального назначения, детского, функционального, лечебного и профилактического питания, использовать в медицине и фармакологии при изготовлении биологически активных добавок.

Создана технология получения сухих концентратов молочных белков (с содержанием менее 3% жира, а белковой фракции в сухом веществе – от 42 до 85%), основанная на их ультрафильтрационном извлечении из обезжиренного молока. Количество небелковых компонентов корректируется путем дополнительных процессов диафильтрации. При этом доля зольного остатка в продукте остается довольно высокой, поскольку мицеллы казеина, организованные в виде надмолекулярных динамических структур, включают значительное количество коллоидного фосфата кальция. Изоляты молочных белков содержат около 90% белка в сухом веществе при сохранении баланса казеин/сывороточные белки (80:20). Концентраты молочных белков – незаменимый ингредиент для йогуртов, сыров, мороженого, шоколада, напитков, выпечки, десертов; порошковых диетических добавок, продуктов, помогающих контролировать вес, они используются в детском, лечебном и спортивном питании. Производит концентраты в жидкой форме Горецкий пищевой комбинат, запланирована модернизация еще нескольких предприятий для получения сухих форм.

Перспективное научное направление – получение концентратов мицеллярного казеина на основе технологии микрофильтрации обезжиренного молока. Избирательность процесса способствует максимальному сохранению нативной структуры белков и изменению соотношения казеин/сывороточные белки в сторону снижения доли последних. В результате около 70–90% сывороточного белка вместе с лактозой и солями переходит в пермеат. В зависимости от размера пор мембран корреляция казеин/сывороточные белки в этом продукте может находиться в пределах от 85:15 до 95:5, в наиболее распространенных формах мицеллярного казеина – 92:8, а для популярных коммерческих

вариантов – 90:10 и 95:5. Концентраты мицеллярного казеина при восстановлении придают продукту молочную белизну, вызванную дифракцией света на казеине в мицеллярной форме, а низкое содержание сывороточных белков значительно повышает термостабильность. Сохранение нативных свойств белков молока обеспечивает уникальные функционально-технологические характеристики концентрата [7], что позволяет применять его в сыроделии, при производстве продуктов функционального и специализированного назначения.

Ультра- и микрофильтрационное концентрирование белков молока (особенно казеина) повышает его сыропригодность, интенсифицирует технологический процесс изготовления практически всех видов сыров за счет увеличения выхода белковой продукции при использовании высоких объемов сырья. Помимо этого, можно снизить количество молочной сыворотки, содержащей гликомакропептид, являющийся фракцией каппа-казеина, отщепляемой в результате сычужной свертываемости [8, 9].

Каскад мембранных фильтраций обуславливает получение популярных безлактозных продуктов на основе стандартного молочного сырья. Технология их изготовления отличается от классической за счет дополнительных операций, направленных на уменьшение содержания или полное удаление лактозы. В результате самого простого и широко применяемого в отрасли ферментативного способа гидролиза лактозы образуются простые моносахара глюкоза и галактоза. Из-за технологических особенностей их получения низколактозные и безлактозные молочные продукты имеют сладковатый привкус, что является нормой и не влияет на их качество и безопасность. Нивелировать это позволит более сложный путь их производства, который предполагает предварительное снижение содержания лактозы мембранной фильтрацией с последующим ее ферментативным гидролизом, что убирает избыточную сладость и дает возможность получения молочных продуктов традиционного вкуса. Комбинированный метод реализуется при производстве безлактозного сыра и молока сухого безлактозного.

Разделение молочных белков на чистые фракции, содержащие казеин и сывороточный белок, а также отдельные минорные компоненты, – новое перспективное направление молочной отрасли, позволяющее получать привлекательные с коммерческой точки зрения продукты, хотя это и технически сложная задача.

Известны технологии более глубокого фракционирования и очистки компонентов сыворотки, которые сопровождаются, как правило, последующей их

модификацией различными способами. Это предусматривает использование не только мембранных технологий, но и методов био- и физико-химической модификации, ионного обмена, промышленной хроматографии. С их помощью можно получать минорные белковые компоненты молока [10]. Так, на стадии разработки находится технология концентрирования и извлечения бычьего лактоферрина. Благодаря широкому спектру биологических свойств этот белок рассматривается как инновационный ингредиент. Специалистами Института начаты исследования по концентрированию и выделению лактоферрина коровьего молока с целью дальнейшего включения его в рецептуры молочных продуктов функционального и специализированного питания.

Одно из важнейших стратегических направлений, обеспечивающих конкурентоспособность молочной отрасли, – производство сухих молочных продуктов, обладающих значимым экспортным потенциалом. Их широкая линейка сформирована специалистами Института. К примеру, создан метод изготовления смесей сухих для мороженого (освоен на Филиал ОАО «Рогачевский МКК» Октябрьский молочный завод, ОАО «Лунинецкий молочный завод», ОАО «Бабушкина крынка», ОАО «Пружанский молочный комбинат» и др.). В зависимости от вида конечного изделия к сухому молоку как к сырью предъявляются повышенные требования. Создана ресурсосберегающая низкотемпературная (low-heat) технология его выпуска, при которой белки в процессе их обработки изменяются незначительно, а качество, растворимость и биологические свойства продукта повышаются, что обеспечивает его широкое применение.

Разработка новых заквасок для сыроделия – перспективное направление биотехнологических исследований, учитывая стабильный потребительский спрос на сыры. Важно тщательно подбирать состав заквасочной микрофлоры с расширенным спектром используемых микроорганизмов. Бактериальные культуры должны не только способствовать улучшению вкусовых свойств традиционных сыров, но и обеспечивать ускорение технологических процессов, устойчивость продукции к биоповреждениям и повышение ее пищевой ценности. Последнее достигается за счет биосинтеза биологически активных соединений, а также трансформации компонентов молочного сырья в более ценные и биодоступные вещества [11].

В состав перспективных заквасок для сыров могут входить бактерии рода *Lactobacillus*, которые активно участвуют в формировании вкуса и аромата сыра. Например, одна из заквасочных куль-

тур – *Lactobacillus delbrueckii subsp. lactis*, широко используемая в сыроделии благодаря своим уникальным свойствам. Она способствует формированию плотной эластичной консистенции, а также выраженного сырного вкуса и аромата. Основные ее преимущества: ускоряет ферментацию и созревание сыра, повышает устойчивость к нежелательной микрофлоре, улучшает органолептические свойства – вкус, аромат, консистенцию [12]. Эта культура часто используется в сочетании с другими бактериями (*Lactococcus lactis*, *Streptococcus thermophilus*) для создания сбалансированного вкуса.

Учеными Института представлены биотехнологические решения по производству линейки новых заквасок для сыров на основе отечественных штаммов *Lactobacillus delbrueckii subsp. lactis*. Закваски замороженные концентрированные СЫР-13, СЫР-14, СЫР-15, СЫР-16 применяются как основные культуры в сыроделии, поливидовые концентрированные замороженные закваски «Бетабаланс» – как добавочные, улучшающие потребительские характеристики продукта. В рамках апробации данные линейки успешно протестированы в 2024 г. на 7 производственных площадках молокоперерабатывающих предприятий.

Современная тенденция – выпуск продуктов с пониженным содержанием жира, ориентированных на потребителей, стремящихся к повышенному содержанию белка и незаменимых аминокислот в рационе. Так, полутвердые сыры 20–30%-ной жирности обладают рядом преимуществ, которые делают их востребованными среди покупателей, ориентированных на здоровое питание, также они популярны среди спортсменов и людей, ведущих активный образ жизни [13]. Такие сыры подходят для диетических программ, призванных способствовать снижению потребления жиров и увеличению белкового компонента рациона.

Вместе с тем такие технологические решения, как подбор молокосвертывающих ферментов, корректировка температурных режимов и состава заквасок, позволяют нивелировать возможные недостатки низкожирных сыров (избыточная плотность или недостаточная мягкость вкуса), обеспечивая оптимальные органолептические характеристики. Разработаны технологии изготовления замороженных концентрированных заквасок СЫР-10 и СЫР-10 Премиум, используемых в качестве добавочных для полутвердых сыров с пониженным содержанием жира, а также полножирных – для ускорения процессов созревания. При этом за счет изменения направленности биохимических процессов улучшаются органолептические

свойства сыров: их консистенция становится менее резинистой, более эластичной, а вкус и запах – выражено сырными, слегка кисловатыми.

Термическая обработка – неотъемлемая часть технологии производства молока и продуктов на его основе. Тепловой метод применяется в первую очередь для инактивации условно-патогенных микроорганизмов и ферментов, повышения стабильности изделий во время хранения. Однако в последнее время значительно вырос интерес к нетермическим процессам обработки, таким как импульсные электрические поля, высокое давление, оказывающим высокий бактерицидный эффект при сохранении исходного качества сырья. В частности, весьма перспективна щадящая нетермическая технология – светодиодная УФ-обработка. Исследовано ее влияние на микробиологическую обсемененность при разных режимах. Полученные результаты планируется использовать при проектировании энергоэффективных промышленных установок обеззараживания молока.

В мясной отрасли внедрение инновационных технологий обуславливает повышение качественных показателей. Увеличивается спрос на мясную продукцию с минимальным количеством пищевых добавок, обладающую улучшенными органолептическими характеристиками, такими как нежность, сочность, выраженные вкус и аромат, привлекательный внешний вид. С другой стороны, растет интерес к линейке «быстрого питания» (сухие завтраки пористой макроструктуры в виде палочек, батончиков, хлопьев, обогащенные биологически ценными компонентами и др.). На белорусском рынке представлен широкий ассортимент подобных изделий на основе зерновых, бобовых культур, картофеля и сухофруктов, однако отсутствуют сухие завтраки профилактической направленности из мясного сырья. Нашими специалистами разработана технология, включающая термомеханическое воздействие (экструзию) при производстве сухих завтраков профилактического назначения, обогащенных калием, кальцием, йодом, селеном, пищевыми волокнами, незаменимыми аминокислотами с включением мясного сырья.

Актуальное направление – технологии длительного созревания мяса. Специалистами Института созданы рецептуры получения полуфабрикатов мясных кусковых длительного созревания (стейков) из говядины с улучшенными потребительскими характеристиками после термообработки. Они имеют нежную консистенцию, насыщенный вкус и аромат, не требуют добавления соли и специй при приготовлении. Это достигается путем предварительной выдержки

отрубов из говядины в условиях холодильных камер при определенных технологических параметрах. Востребованы изделия в большей мере в премиум-сегменте рынка, поэтому их реализуют преимущественно в ритейле и через сети общественного питания (рестораны, стейк-хаусы). Такие полуфабрикаты являются отличным сырьем при производстве сыровяленых, сырокопченых и других продуктов с улучшенными качественными показателями [14].

Научно-практический интерес представляют наши разработки по созданию ассортимента высококачественных деликатесных ферментированных колбас с ярко выраженными органолептическими свойствами, обусловленными научно обоснованным рецептурным составом, включающим применение молочнокислых бактерий. Ведутся исследования в области технологии прерванной ферментации с последующей варкой для изготовления мясных изделий повышенной пищевой и биологической ценности, обогащенных немясными ингредиентами.

Традиционные методы, дополняемые инновационными технологиями сублимации мясных продуктов, позволяют расширять их ассортимент, сохраняя традиционный вкус, аромат, сбалансированный минеральный и витаминный состав. Так, способ производства чипсов из говядины, свинины и птицы путем сублимационной сушки, при которой происходит значительное испарение влаги и естественное снижение массы сырья, упрощает дальнейшую транспортировку готовых изделий и значительно увеличивает срок их хранения.

Еще одно инновационное направление перерабатывающей промышленности – моделирование продуктов питания с помощью аддитивных технологий (3D-принтинг, 3D-печать), при котором создается трехмерный физический объект на основе цифрового прототипа посредством сбора слоев из исходного материала [15–18] с помощью специальных устройств – 3D-принтеров. Достоинство данных технологий – возможность быстрого и относительно недорогого производства сложных изделий по индивидуальным проектам [16, 17, 21]. Кроме того, при изготовлении наполнителей для 3D-пищевого принтинга можно придавать смесям и эмульсиям персонифицированную направленность, что также является весьма значимым преимуществом. Данное производство по индивидуальным заказам актуально для предприятий общественного питания (рестораны, кафе, пиццерии и т.д.) [22]. 3D-печать позволяет оперативно вносить изменения в продукцию – убирать или добавлять элементы, а значит, быстро адаптировать товар под требования

рынка и конкретного потребителя с уникальными предпочтениями. Аддитивные технологии представляют значительный интерес для пищевой, в том числе мясоперерабатывающей промышленности Беларуси [15–18, 20, 21].

В Институте разработаны технологии производства натуральных 3D-мясных продуктов (кулинарных изделий и полуфабрикатов), а также мясных смесей и эмульсий из высококачественного сырья (свинина, говядина, мясо цыплят-бройлеров) для принтинга, что способствует решению следующих задач:

- изготовлению уникальных изделий нестандартной формы, дизайна с заданным вкусом и другими характеристиками по специализированным заказам потребителя;
- развитию персонализированного, лечебно-профилактического и диетического, спортивного, детского, геродиетического питания благодаря возможности моделирования нутриентного состава продуктов с высокой степенью точности и включения составляющих, необходимых конкретному человеку в требуемом количестве (к примеру, при недостатке в организме железа, кальция, отдельных аминокислот и других незаменимых микронутриентов) или, наоборот, исключения аллергенных компонентов;
- удовлетворению потребности особых секторов экономики в продуктах повышенной пищевой и биологической ценности (для туристической и космической отраслей, медицины и др.);
- ускорению процессов изготовления сложных блюд в домашних условиях, кафе и ресторанах.

Натуральные сухие мясные смеси и эмульсии для 3D-пищевого принтинга могут применяться в сегменте HoReCa (гостиница, ресторан, кейтеринг) и пищевой промышленности.

Таким образом, внедрение современных технологий позволяет не только увеличить объемы производства пищевых продуктов, но и улучшить их качество, что, в свою очередь, содействует развитию мясной и молочной отрасли, обеспечивает рост доверия потребителей. ■

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гусаков Г.В. Теория и методология управления развитием агропродовольственного комплекса Республики Беларусь / Г.В. Гусаков. – Минск, 2023.
2. Гусаков Г.В. Цифровизация национальной экономики как драйвер виртуализации коммуникаций стейкхолдеров рынка молочной продукции / Г.В. Гусаков, Е.Д. Шегидевич, В.М. Жудро // *Аграрная экономика*. 2024. №6. С. 49–61.
3. Степанова Е.А. Мясная и молочная отрасли: о развитии и перспективных продуктах питания / Е.А. Степанова, Е.В. Беспалова, В.В. Жудро // *Аграрная экономика*. 2024. №7. С. 64–69.
4. Гусаков Г.В. Достижения науки в области переработки молока как основа высокотехнологичного развития отрасли / Г.В. Гусаков // *Конкурентоспособность и эффективность АПК в контексте оптимизации материально-технического и финансового обеспечения*. Материалы XV Междунар. науч.-практ. конф. – Минск, 2023. С. 68–71.
5. Dymar O. Scientific and technological support of milk and whey processing / O. Dymar [et al.]; under the general editorship of Oleg Dymar. – Prague, 2022.
6. Неменушая Л.А. Ресурсосберегающие мембранные технологии переработки молочного сырья / Л.А. Неменушая, Л.Ю. Коноваленко // *Техника и технологии в животноводстве*. 2017. №3 (27). С. 32–35.
7. Jorgensen C.E. Fractionation by microfiltration: effect of casein micelle size on composition and rheology of high protein, low fat set yoghurt / C.E. Jorgensen // *International dairy journal*. 2017. №74. P. 12–20.
8. Володин Д.Н. Ультрафильтрация молока – минимум усилий, максимум возможностей / Д.Н. Володин [и др.] // *Переработка молока*. 2012. №7(153). С. 48–49.
9. Богданова Л.Л. Селективные способы подготовки молочного сырья в технологии производства сыров / Л.Л. Богданова, И.Б. Фролов, Т.А. Савельева // *Вестні Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Сер. аграрных навук*. 2018. Т. 56. №2. С. 234–247.
10. Пономарев А.Н. Молочная сыворотка как сырьевой ресурс для производства пищевых ингредиентов / А.Н. Пономарев, Е.И. Мельникова, Е.В. Богданова // *Молочная промышленность*. 2018. №7. С. 38–39.
11. Гудков А.В. Сыроделие: технологические, биологические и физико-химические аспекты / А.В. Гудков; под ред. С.А. Гудкова. – М., 2003.
12. Вахрушева Д.С. Влияние лактобацилл на формирование органолептического профиля сыров пониженной жирности / Д.С. Вахрушева // *Пищевые системы*. Т. 4, №35. 2021. С. 31–36.
13. Свириденко Г.М. Низкожирный сыр в фокусе диетического питания / Г.М. Свириденко [и др.] // *Вопросы питания*. Т. 91, №5. 2022. С. 105–115.
14. Чернявская Л.А. Длительное «сухое» созревание отрубов из говядины: технологические аспекты / Л.А. Чернявская, С.А. Гордынец, В.М. Напреенко // *Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья: сб. науч. трудов*. Минск, 2022. Вып. 16. С. 192–202.
15. Гришин А.С. Новые технологии в индустрии питания – 3D-печать / А.С. Гришин [и др.] // *Вестник ЮУрГУ. Сер. «Пищевые биотехнологии»*. 2016. Т. 4. №2. С. 36–44.
16. Ермаков А.И. Применение 3D-принтера для формования изделий из шоколада / А.И. Ермаков [и др.] // *Мировая экономика и бизнес-администрирование малых и средних предприятий: материалы 13-го междунар. науч. семинара в рамках 15-й междунар. науч.-тех. конф. «Наука, образование – производству, экономике»*. Минск, 26–28 января 2016 г. / БНТУ; редкол.: Б.М. Хрусталев [и др.]. – Минск, 2016. С. 42–43.
17. Ермаков А.И. Разработка конструкции 3D-принтера, печатающего пищевыми материалами / А.И. Ермаков, С.В. Чайко // *Мировая экономика и бизнес-администрирование малых и средних предприятий: материалы 13-го междунар. науч. семинара, проводимого в рамках 15-й междунар. науч.-тех. конф. «Наука, образование – производству, экономике»*. Минск, 26–28 января 2017 г. / БНТУ; редкол.: Б.М. Хрусталев [и др.]. – Минск, 2017. С. 255–256.
18. Колмыкова О.Н. Научно-технический прогресс как фактор повышения уровня жизни населения / О.Н. Колмыкова, Т.В. Кудрявцева // *Социально-экономические явления и процессы*. 2011. №5–6. С. 127–129.
19. Крученецкий В.З. К использованию трехмерной печати пищевых продуктов, одежды / В.З. Крученецкий [и др.] // *Вестник Алматинского технологического университета*. 2016. №3 (112). С. 18–25.
20. Морозов А.В. Перспективы развития инновационного технологического уклада / А.В. Морозов, Р.Р. Низамов // *Вестник Казанского технологического университета*. 2013. №20. С. 331–334.
21. Потеха В.Л. Аддитивные технологии в пищевой отрасли / В.Л. Потеха, А.В. Потеха // *Инновационные технологии в пищевой промышленности: материалы XV Междунар. науч.-практ. конф. Минск, 5–6 окт. 2016 г.: в 2 ч.* / НАН Беларуси, НПЦ НАН Беларуси по продовольствию; ред.: В.Г. Гусаков [и др.]. – Минск, 2016. Ч. 1. С. 9–10.
22. Шварцев С.Л. Есть ли будущее у аддитивных технологий? / С.Л. Шварцев // *Вестник РАН. Сер. «Дискуссионная трибуна»*. 2017. Т. 87, №6. С. 538–547.