

УДК 602; 604; 606; 664

Современная пищевая биотехнология: основные проблемы и вызовы

Д-р техн. наук **О. Я. МЕЗЕНОВА**

mezenova@klgtu.ru

Калининградский государственный технический университет

Обсуждены исторические аспекты и развитие пищевой биотехнологии в мире и нашей стране за последние годы. Показаны значение и роль биотехнологии в развитии цивилизации, ее связь с открытиями и достижениями в естественных и технических науках. Рассмотрены основные проблемы и вызовы биотехнологии на современном этапе развития общества: повышение адекватности питания через совершенствование науки нутрициологии; обеспечение безопасности новых форм пищи; развитие персонализации питания с учетом индивидуальных особенностей организма; создание специализированных пищевых продуктов для профилактического и лечебного питания; исследование потенциала минорных компонентов для снижения риска хронических заболеваний; применение 3D-печати продуктов для здорового и безопасного питания; разработка продуктов с сохранением биологически активных веществ и новых форм пищи с повышенной биодоступностью компонентов; рост объективности оценки сенсорных характеристик для новых видов продуктов; расшифровка состава и функций микробиома и его связи с нутригеномикой; создание широкого ассортимента функциональных продуктов питания в традиционной форме; развитие омиксных технологий в питании; расшифровка механизмов молекулярного действия биологически активных веществ; разработка продуктов пролонгированного хранения с неизменной природой питательных веществ; развитие нутригеномики для управления влиянием питания на геном человека; инновационные подходы к обеспечению качества продуктов питания; получение и применение в составе пищевых продуктов активных пептидов; использование в питании продуктов морской биотехнологии; развитие технологий искусственного мяса; роль фитокомпозиций в питании; комплексная переработка вторичного пищевого сырья; применение нанотехнологии в пищевой промышленности; использование генно-модифицированных организмов и источников в пищевой промышленности. Показаны перспективы развития пищевой биотехнологии в связи с современными вызовами и технологическими возможностями.

Ключевые слова: пищевая биотехнология, нутрициология, персонализированное питание, специализированное питание, минорные компоненты, микробиом, омиксные технологии, нанотехнологии, биоактивные пептиды, генно-модифицированные продукты.

Информация о статье:

Поступила в редакцию 28.11.2022, одобрена после рецензирования 02.02.2023, принята к печати 13.02.2023

DOI: 10.17586/1606-4313-2023-22-1-35-46

Язык статьи — русский

Для цитирования:

Мезенова О. Я. Современная пищевая биотехнология: основные проблемы и вызовы // Вестник Международной академии холода. 2023. № 1. С. 35–46. DOI: 10.17586/1606-4313-2023-22-1-35-46

Modern food biotechnology: main problems and challenges

D. Sc. **O. Ya. MEZENOVA**

mezenova@klgtu.ru

Kaliningrad State Technical University

Historical aspects and recent development of food biotechnology both in the world and in our country are discussed. The significance and role of biotechnology in the development of civilization, its connection with discoveries and achievements in the natural and technical sciences are shown. The main problems and challenges of biotechnology at the present stage of the society development are considered: increasing the adequacy of nutrition through the improvement of the science of nutrition; ensuring the safety of new forms of food; personalization of nutrition taking into account the individual characteristics of the body; creation of specialized food products for preventive and therapeutic nutrition; studying the potential of minor components to reduce the risk of chronic diseases; using 3D printing of products for a healthy and safe diet; developing products with the preservation of biologically active substances and new forms of food with increased bioavailability of components; increasing objectivity in assessing sensory characteristics for new types of products; deciphering the composition and functions of the microbiome and its relationship with nutrigenomics; creating a wide range of functional

food products in a traditional form; developing omics technologies in nutrition; deciphering the mechanisms of molecular action of biologically active substances; developing products of prolonged storage with the unchanged nature of nutrients; developing nutrigenomics to manage the impact of nutrition on the human genome; innovative approaches to food quality assurance; production and use of active peptides in food products; the use of marine biotechnology products in nutrition; developing artificial meat technologies; the role of phytocompositions in nutrition; complex processing of secondary food raw materials; application of nanotechnology in the food industry; the use of genetically modified organisms and sources in the food industry. The prospects for the development of food biotechnology in connection with modern challenges and technological opportunities are shown.

Keywords: food biotechnology, nutrition, personalized nutrition, specialized nutrition, minor components, microbiome, omics technologies, nanotechnologies, bioactive peptides, genetically modified products.

Article info:

Received 28/11/2022, approved after reviewing 02/02/2023, accepted 13/02/2023

DOI: 10.17586/1606-4313-2023-22-1-35-46

Article in Russian

For citation:

Mezenova O. Ya. Modern food biotechnology: main problems and challenges. *Journal of International Academy of Refrigeration*. 2023. No 1. p. 35–46. DOI: 10.17586/1606-4313-2023-22-1-35-46

Введение

История пищевой биотехнологии насчитывает многие тысячелетия. С древности люди занимались пивоварением, виноделием, пекли хлеб, изготавливали сыр, соус, простейшие лекарства, используя биотехнологические принципы, но не догадываясь о них [1].

Современная пищевая биотехнология является сплавом важнейших разделов биологии, химии и инженерии и сформировалась, как наука, благодаря крупным открытиям в естественных науках конца XIX — начала XX веков. Разработка методов геномной инженерии и создание рекомбинантных ДНК привели к резкому росту значимости биотехнологии. Сегодня биотехнология дает возможность получать с помощью доступных ресурсов вещества, которые важны для общественной экономики и качества жизни [2].

В нашей стране интенсивное развитие биотехнологии началось в 80-е годы XX века, когда была разработана первая общенациональная программа по биотехнологии, подготовлены квалифицированные кадры, организованы специализированные лаборатории и кафедры. В 1985 г. по уровню развития биотехнологии СССР занимал 2-е место после США. Однако в 90-е годы внимание к биотехнологии в стране ослабло, а финансирование исследований было сокращено. Принятая «Комплексная программа развития биотехнологий в Российской Федерации на период до 2020 г.», к сожалению, не смогла ликвидировать отставание отечественной биотехнологии от мирового уровня. По оценкам специалистов, мировой рынок биотехнологий в 2025 г. достигнет от 5–7 до 30% ОД ежегодно. Доля России по ряду сегментов (биоразлагаемые материалы, биотопливо) практически равна нулю [1, 2].

У современной биотехнологии очень обширная сфера деятельности. По мировой классификации с 2003 г. биотехнология, как область знаний, подразделяется по «цвету» на «белую» (микробиологическая), «красную» (медицинская), «зеленую» (агробиотехнология), «голубую» (морская), «серую» (экологическая), «желтую» (пищевая) и др. [3].

Особое значение в этой номенклатуре имеет пищевая биотехнология, которая ориентирует пищевую и агроперерабатывающую промышленность на комплексное использование биопотенциала сырья в пищевых целях, создание продуктов нового поколения с получением дополнительного кормовых, фармацевтических и технических продуктов. Приоритетами в пищевой биотехнологии сегодня являются производства пищевого белка, в том числе из малоценного сырья; ферментных препаратов; пребиотиков, пробиотиков и синбиотиков; функциональных пищевых продуктов; лечебного и профилактического питания; пищевых ингредиентов, биологически активных веществ, включая витамины и функциональные смеси [4].

В современной пищевой биотехнологии применяется не только ее традиционные, но и новые формы, в том числе геномная инженерия, нанотехника, биоинформатика, молекулярная биология и др. Несмотря на наличие противников, методами геномной инженерии продолжают создаваться новые биологические виды, а с их применением — новые продукты, в том числе жизненно важные, необходимые для лечения тяжелых заболеваний [5].

Важность биотехнологий для развития российской экономики трудно переоценить. Модернизация технологической базы современного пищевого производства невозможна без массового внедрения биотехнологий [6]. Методы биотехнологии позволяют полностью переработать отходы агропромышленного комплекса, в ряде стран уже перестает существовать само понятие «отходы» [7]. Вторичные продукты переработки либо возвращаются в производственный цикл, либо используются в других отраслях (косметика, фармацевтика, кормовое производство, энергетика) на принципах биорефайнинга [8]. Биоперерабатывающие заводы должны встраиваться в существующую производственную и логистическую инфраструктуру, приблизиться к источникам биомассы [9, 10].

В качестве основных задач, обуславливающих вызовы современной пищевой биотехнологии, можно назвать следующие.

Снижение распространения алиментарно-зависимых (неинфекционных) заболеваний, связанных с неадекватным питанием [11]–[15]

Глобальное нутрициологическое сообщество ставит главными целями остановить рост ожирения, заболеваемости диабетом, снизить смертность от сердечно-сосудистых заболеваний, что может быть достигнуто при совместных усилиях специалистов в области нутрициологии и образования, производств пищевой продукции и средств массовой информации при поддержке органов государственной власти. Согласно данным ВОЗ, с 1980 г. число людей, страдающих ожирением, увеличилось более чем в два раза и достигло более 2 млрд людей. При повышении индекса массы тела на 5 единиц на 52 % повышается риск рака желудка, на 24 % — рака прямой кишки, на 59 % — рака желчного пузыря. Стоимость медицинского обслуживания людей с лишним весом на 25 % больше, чем для людей с обычным весом.

Необходимость жесткого контроля безопасности пищи, особенно полученной с применением новых биотехнологий [5, 11, 12, 16–18]

Небезопасные продукты питания являются причиной более 200 заболеваний, от диареи до онкологии. 600 млн человек заболевают после употребления загрязненных пищевых продуктов; 420 тыс. людей ежегодно умирают; 40 % заболеваний пищевого происхождения приходится на детей в возрасте до пяти лет, ежегодно среди них 12 тыс. случаев смерти. Ежегодно от диарейных болезней 550 млн человек заболевают, а 230 тыс. человек умирают. С внедрением новых упаковочных материалов, глобализацией пищевого рынка, использованием новых добавок открываются все новые загрязняющие вещества. На сегодня практически полностью отсутствует оценка совокупного воздействия загрязняющих веществ. Особое внимание уделяется безопасности генно-модифицированных продуктов. В оценке безопасности ГМО-продуктов Россия является одним из мировых лидеров. Однако необходимы современные избирательные и высоко чувствительные методы определения компонентов с потенциальной опасностью — биосенсоры, которые используют биологический материал для определения опасных молекул, интегрированных в физико-химические микросистемы.

Развитие технологии для персонализации питания в зависимости от особенностей обмена или состояния здоровья человека [11, 12, 15, 19]

В настоящее время персонализация проводится как с использованием данных протеомных и метаболомных, так и генетических исследований. Создание персонализированной диеты необходимо для здорового человека, чтобы компенсировать имеющиеся особенности генотипа и связанных с ними рисков развития заболеваний, а также обеспечить вкусной пищей для удовлетворения всех физиологических потребностей в зависимости от его активности, возраста и других факторов. Существование таких особенностей обуславливает потребность в специализированных продуктах для различных узких категорий населения с особенностями, вызванными как гене-

тическими данными, так и уже имеющимися заболеваниями или особенностями среды.

Исследование потенциала минорных биологически активных веществ для снижения риска многих хронических заболеваний [11, 13, 16, 20–23]

Существенной задачей остается получение уточненных данных о роли минорных биологически активных веществ пищи в организме человека, их регуляторных функциях, норме поступления и рисках, возникающих как с недостаточным, так и избыточным поступлением. Это — флавоноиды и их гликозиды (кверцетин, кемферол, рутин и др.); флавоны (лютеолин, апигенин и др.), флавононы (нарингенин, гесперидин и др.), дигидрофлаванолы, проатоцианидины, катехины и др.); индолы, экзогенные пептиды и отдельные аминокислоты, органические кислоты, фенольные соединения и др. Эти компоненты часто обозначаются как хемопротекторы и хемопреventоры и имеют исключительную важность в обеспечении защитно-адаптационных возможностей организма. Дефицит этих пищевых веществ приводит к формированию иммунодефицитных состояний, снижению качества жизни.

Создание специализированных пищевых продуктов для лечебного, диетического, профилактического, функционального питания [11, 12, 24–30]

Специализированные продукты предназначены для различных категорий населения (спортсменов, лактирующих и беременных женщин, пожилых лиц, детей и др.) и способны снизить дефицит различных макро- и микронутриентов, сокращая затрат на лечение социально значимых заболеваний. Среди этих видов пищи могут быть продукты для больных фенилкетонурией, гомоцистинурией, глутаровой и изовалериановой ацидезией, тирозинемией, продукты с пониженным содержанием белка. Лечебные продукты могут применяться при терапии диабета, остеопороза, митохондриальных заболеваний, неврологических и психических заболеваний (например, депрессии).

Применение 3D-печати пищевых продуктов для создания здоровой и безопасной пищи [11]

Данная технология применима при использовании биологически активных веществ, например водорослей, дикорастущих растений, белка вторичного сырья, витаминов, продуктов пчеловодства, биополимеров, минорных компонентов, пищевых волокон и др. Она открывает возможности создания БАД к пище заданного состава, а также кастомизировать продукты, формировать их ассортимент в соответствии со вкусами и потребностями покупателя.

Разработка продуктов с повышенным содержанием биологически активных веществ [11, 16, 24, 20, 31–33]

Для этого рекомендуются новые технологии обработки, например, жидкостная экстракция под давлением; субкритическая и суперкритическая экстракция; воздей-

ствии микроволнами и ультразвуком; криоаморозивание в атмосфере жидкого азота или углекислоты; каскадный ИК-нагрев; вакуумная и сублимационная сушка. Перспективны также обоснованная радуризация, высокое давление, ультразвук, пульсирующий свет, магнитные поля и другие физические методы обработки, при которых продукты повышают антисептические свойства, но сохраняют свои БАВы, натуральные органолептические, физические и химические свойства.

Разработка новых форм пищи с повышенной биодоступностью компонентов [11, 13, 34–36]

Для этого рационально комбинировать БАВы с учетом их потенциального взаимодействия, обогащать продукты легкоусвояемыми формами микроэлементов, наноэмульсиями. Отрицательно влияют на биодоступность кальция, например, некоторые пищевые волокна, оксалаты, фосфаты, алкоголь, кофеин, а также большой избыток жиров, продукты липолиза, которые образуют с кальцием нерастворимые соединения. Перспективно применение для улучшения биодоступности БАВ в нанокапсулах. Разработаны технологии наночастиц, способных выборочно удалять патогены из пищи. Ведутся разработки адресной доставки биологически активных веществ без разрушения в заданное место желудочно-кишечного тракта для всасывания, что позволит значительно быстрее восполнять витаминные дефициты, поступать в гомеостаз олигопептидам с регуляторными свойствами.

Повышение объективности оценки сенсорных характеристик, особенно новых видов пищевых продуктов [11, 12, 15, 19, 37, 38]

В этой сфере ведутся исследования по «оцифрованию» ощущений вкуса, запаха и консистенции. Они могут быть полезны для людей, которым предписаны специальные диеты. Такие методы могут улучшить контроль за поступающими в организм компонентами, помочь снизить количество потребляемого сахара и поваренной соли.

Расшифровка состава и функций микробиома [11–13, 27, 28]

Микробиоценоз кишечника взаимодействует с его центральной нервной системой, энтеральной нервной системой, влияет на развитие когнитивных функций и гипоталамо-гипофизарного ответа на стресс. Кишечные бактерии продуцируют серотонин, мелатонин, гамма-аминомасляную кислоту, катехоламины, ацетилхолин и гистамин, которые являются важнейшими нейромедиаторами. Такая ситуация открывает возможности для разработки функциональной пищи, влияющей на микробиоту, и, тем самым, на нервную систему, способной купировать симптомы некоторых психических заболеваний, влиять на профилактику и лечение таких заболеваний, как болезнь Альцгеймера и депрессии. Перспективно создать библиотеку микробных сообществ для всего спектра заболеваний, экобиотики для самолечения и онкобиотической терапии.

Создание широкого ассортимента функциональных продуктов питания в традиционной форме [4, 6, 11, 25–27, 31, 32]

В состав, прежде всего, социально значимых продуктов должны быть введены пищевые концентраты БАВ, которые нормализуют обмен веществ, активизируют работу отдельных систем организма, восполняют дефицит питательных элементов, снижают риск развития заболеваний, связанных с питанием. Основные разработки направлены на замены соли и сахара натуральными биопептидами и другими биокомпонитами, придающими соленый и сладкий привкусы. Ведется поиск растительных антиоксидантов, нормализующих способность организма противодействовать свободным радикалам, вызванным стрессом. Расширяется ассортимент продуктов с заменой молочных белков растительными, увеличенной концентрацией ненасыщенных жирных кислот. Необходимы продукты для нарушенного глотания, продукты для сенсорной стимуляции, как важнейшего компонента восстановления функций головного мозга, например, после комы.

Омиксные технологии в питании, включающие нутригенетику и нутригеномику, транскриптомику, эпигеномику, протеомику и метаболомику [11–13, 39]

Совершенствование инструментов этих подходов позволяет разрабатывать и изучать персонализированные схемы питания, основанные на большом количестве данных. Это создаст основу для более детального рассмотрения взаимодействия между рационом питания и молекулярными процессами, находящимися в основе метаболического здоровья и болезней. Перспективно изучение индивидуальной изменчивости микробиомов кишечника и ротовой полости, влияние диеты и физической активности на микробиом и механизмы влияния этих микробиомов на физиологию хозяина и развитие заболеваний.

Расшифровка механизмов молекулярного действия биологически активных веществ [11, 12, 36, 40]

Новые возможности аналитической технологии и химии должны способствовать росту знаний о молекулярных механизмах воздействия биологически активных веществ. В настоящее время разрабатываются и оптимизируются экспериментальные исследования различных аспектов взаимодействия между биологически активными натуральными малыми молекулами и таргетными протеинами, связанными с конкретными заболеваниями.

Разработка продуктов питания без срока годности с сохранением питательных веществ [11, 32]

Сохранение питательных веществ на долгий срок является запросом со стороны космической отрасли и армии. Данные исследования идут в основном в сфере работы с упаковочным материалом и новых методов обработки продуктов. Необходимо отметить, что такими качествами обладают и некоторые традиционные продукты

питания, например мед, сахар и крахмал. Однако питания, обеспечивающего полный спектр необходимых человеку питательных веществ, вместе с тем, не теряющего своих свойств с течением времени, пока создано не было.

Развитие нутригеномики, как инструмента влияния питания на гены [6, 11, 12, 15]

Нутригеномика позволит найти объяснение тому, как генетические различия влияют на различные реакции на нутриенты. Это направление имеет большой потенциал в предотвращении, смягчении и даже лечении хронических заболеваний и некоторых видов рака через небольшие изменения в диете. Полученные данные позволяют предотвращать их развитие благодаря выявлению ранних маркеров нарушений в метаболизме и составлению индивидуального плана питания.

Инновационные подходы к обеспечению качества продуктов питания [11, 41]

Сегодня на генетическом уровне возможно секвенирование продуктов нового поколения и создание их «молекулярных отпечатков пальцев». Новые разработки в области изотермических импlications позволяют более точно определять виды продуктов. На уровне белков могут быть использованы специфические биомаркеры и пептиды. Прорывы в молекулярной биологии позволили сформировать эффективные омиксные инструменты для определения происхождения продуктов питания и их пути на прилавок. Одним из направлений является применение так называемого ДНК-штрихкодирования. В области оценки качества перспективны метаболомные аналитические стратегии, основанные на ядерном магнитном резонансе и масс-спектрометрии.

Получение и применение в составе пищевых продуктов пептидов [33–35, 42–44]

Повышенный интерес к пептидам (коротким фрагментам белка из 2–10 аминокислот) в пищевой биотехнологии вызван их важными функциями в организме, в том числе в качестве гормонов, нейротрансмиттеров, факторов роста, лигандов ионных каналов или противомикробных средств. Пептиды являются селективными сигнальными молекулами, которые связываются со специфическими поверхностными рецепторами клеток, запуская тем самым внутриклеточные реакции. Учитывая их привлекательный фармакологический профиль, безопасность, хорошую переносимость и эффективность, представляется перспективным использовать пептиды в качестве основы для разработки новых биологически активных добавок, функциональных пищевых продуктов и фармацевтических препаратов. Пептиды могут использоваться в качестве геропротекторов, антиоксидантов, иммуномодуляторов, пребиотиков, противоопухолевых средств, регуляторов экспрессии генов.

Мировой опыт по получению биоактивных пептидов показывает два основных способа их получения: ферментативный и химический гидролиз. Доказал свою эффективность высокотемпературный способ гидролиза белков с получением коротких пептидов. Новым способом является синтез пептидов *in vitro* в присутствии катализатора (фермента) [33].

Санкт-Петербургский институт биорегуляции и геронтологии СЗО РАМН предлагает натуральные пептиды В. Х. Хавинсона, выделенные из тканей и органов животных, для профилактики и терапии онкологических заболеваний: светинорм, кристаген, оваген, имусил, ардилев, ревиформ, мезотель, олекап, цинсил-Т, энсил, панакод, ревиплант и другие [34].

Перспективным источником пептидов являются белки молока и кисломолочных продуктов, в том числе сывороточные белки. Продукты питания на основе молочных пептидов обладают антиоксидантными, пребиотическими и иммуномодулирующими свойствами, эффективны для профилактики онкологических, сердечно-сосудистых и эндокринных заболеваний [35, 58].

Получение и использование продуктов морской биотехнологии [33, 44, 45–51]

Получение и использование продуктов морской биотехнологии является перспективным направлением биотехнологии во многих ее сферах, таких как пищевая, микробиологическая, фармацевтическая, энергетическая и др. Две трети площади нашей планеты заняты водой, в которой зародилась и миллионы лет развивалась органическая жизнь. Огромное разнообразие водных биологических ресурсов (ВБР: рыбы, беспозвоночные, млекопитающие, водоросли и травы) и их уникальный химический состав, позволивший им выжить в стрессовых условиях водной стихии, свидетельствуют о ценном биопотенциале данного сырья. Сегодня актуально получение из ВБР белковых препаратов, концентратов омега-3-жирных кислот (эйкозапентаеновой и докозагексаеновой), ценных биологически активных веществ (тритерпеновых гликозидов, гиалуроновой кислоты, фосфолипидов, ферментов, полисахаридов, минеральных веществ и др.). Уникальными свойствами обладают ферменты рыб и моллюсков, обладающие специфичностью и повышенной активностью. Например, фермент коллагеназа, выделяемый из гепатопанкреаса крабов, имеет самую высокую активность среди природных ферментов животного происхождения. Высокими хондропротекторными свойствами обладают хрящевые ткани рыб, прежде всего, семейства хрящевых (акулы, скаты, осетровые). Высокие структурообразующие свойства проявляют полисахариды водорослей (сульфатированные каррагинаны, агар, агароид, альгиновые кислоты и др.). Концентратом минеральных биоконплексов являются высушенные композиции макрофитов. Аминопполисахарид хитин, входящий в состав панцирей ракообразных, признан «биополимером XXI века». Белковые композиции ВБР обладают всеми незаменимыми аминокислотами, а их гидролизаты проявляют антидиабетический, остеотропный, нейромедиаторный и другие физиологические эффекты. Доказано наличие у морских пептидов иммуномодулирующей, противоопухолевой, противовоспалительной, цитопротекторной, противовирусной, противомикробной, регенерирующей, анальгетической активности [33, 46, 47, 49].

Ученые ТИНРО в многочисленных исследованиях доказали высокую биологическую ценность гидролизатов моллюсков. Например, у пептидов двустворчатых моллюсков — корбикулы японской, мерценария Стивенса и каллиста короткосифонная — установлена природ-

ная антиоксидантная активность и ее зависимость от содержания саркоплазматических белков и доли пептидов с молекулярной массой ниже 1 кДа [49]. Доказаны антиоксидантные и хондропротекторные свойства низкомолекулярного гидролизата мышечной ткани дальневосточного трепанга *Apostichopus japonicus*, который из-за высокого содержания гексозаминов и коротких коллагеновых пептидов рекомендуются для функциональных продуктов и БАД общеукрепляющего и хондропротекторного действия [48].

Гидролизаты моллюсков доказали свою эффективность в качестве средства сопровождения базисной терапии многих атологических процессов [45]. Они оказывают положительное действие на функциональную активность нейтрофилов и макрофагов, корректируют патологические состояния у пожилых людей, эффективны в офтальмологии и при заживлении гнойных ран. Гидролизаты гонад молок лососевых рыб, как низкомолекулярный концентрат ДНК, эффективны при острой лучевой болезни, при патологических процессах у пожилых людей, для улучшения цитокинового статуса здоровых доноров, иммуномодулирующего действия онкобольных. БАДы к пище на основе гидролизатов из хрящевой ткани морских голотурий, содержащие короткие пептиды, тритерпеновые гликозиды и дисахариды, положительно влияют на экспрессию активационных мембранных лимфоцитов периферической крови, эффективны при полиостеоартрозе, ожогах и вирусном гепатите А, обладают противоопухолевой активностью. Композиции на основе пептидов из нервной ткани (ганглии кальмаров) обладают выраженными иммунорегуляторными, противовоспалительными свойствами, эффективны при клещевом энцефалите, подавляют холинэстеразную активность и перекисное окисление липидов крови. Их используют при онкологических заболеваниях, в лечении дисбактериоза кишечника у детей, для коррекции нарушений с бронхообструктивным синдромом, в комплексном лечении пневмонии и псориаза, в офтальмологии, инфекционном эндокардите, при психоэмоциональных перегрузках, хронических вирусных гепатитах, псевдотуберкулезе, гонорее, герпесе [45].

Получение искусственного мяса (клеточное мясо) [6, 11, 18, 31]

Это новое наукоемкое направление, заключающееся в создании искусственного мяса *in vitro* на основе стволовых клеток из животных, без их выращивания и убоя. Это направление относительно молодое, поддерживающее этическое отношение к животным. Альтернативой культивируемому мясу являются разработки на основе растительных клеточных материалов, что во многом связано с популяризацией вегетарианских диет. В первом случае мясо «растят в пробирке», используя питательную среду, а во втором «превращают растения в мясо». Технологии имеют некоторые проблемы, над решениями которых следует работать комплексно. Основной проблемой является себестоимость производства, что препятствует масштабированию. Развитие данных технологий позволит освободить огромные площади, приспособленные под пастбища и кормовые культуры, убрать производства комбикормов, вакцин для животных и др.

Применение фитокомпозиций в пищевой биотехнологии [7, 11, 13, 14, 22, 26, 33, 52–55]

Фитокомпозиции (фитоэкстракты, фитоотвары, эфирные масла, фитокомплексы) все больше интегрируются в практику пищевой индустрии наряду с медицинской и фармацевтической продукцией. Фитотерапия в России начиналась с системы траволечения, она и сегодня широко применяется для лечения, профилактики, реабилитации пациентов, а также оздоровления питания. В пищевой биотехнологии фитокомпозиции используются в качестве природных антисептиков и антиоксидантов, вкусоароматических добавок, предотвращающих порчу продуктов и изменяющих их вкус. Особенно перспективно использование потенциала дикорастущего растительного сырья для получения пищевых добавок (ароматизаторов, красителей, консервантов) и биологически активных добавок, оказывающих благотворный эффект при заболеваниях желудочно-кишечного тракта, сердечно-сосудистой и нервной систем, кожи, волос и других органов.

Расширение ассортимента и повышение качества БАД к пище [3, 4, 7, 11–13, 16, 21, 24, 35, 36, 40, 41, 44, 46–49, 51, 56]

БАДы вошли в нашу жизнь относительно недавно, зародив новую отрасль знаний — фармаконутрициологию. Они применяются для оптимизации углеводного, жирового, белкового, витаминного и других видов обмена веществ при различных функциональных состояниях организма; для нормализации и/или улучшения функционального состояния органов и систем организма человека, в том числе самостоятельно или в составе продуктов, оказывающих общеукрепляющее, мягкое мочегонное, тонизирующее, успокаивающее и иные виды действия при различных функциональных состояниях; для снижения риска заболеваний, нормализации микрофлоры желудочно-кишечного тракта, в качестве энтеросорбентов и др. Актуально сегодня проведение анализа использования БАД, влияния их действия на организм человека, расширение ассортимента и повышение безопасности их применения.

Комплексная переработка вторичного пищевого сырья (ВПС) [7–10, 20, 21, 29, 31, 33, 35, 44, 45, 53, 57–59]

Это огромные ресурсы, остающиеся после получения пищевой продукции из основного сырья. В России ежегодно в пищевых отраслях образуется до 45 млн т вторичных ресурсов, в т. ч. в сахарной промышленности (в млн т) — 16, спиртовой — 16, молочной — 11,9, мясной — 1, мукомольно-крупяной — 4,5. Это ценное сырье часто идет в отвалы, а его комплексная переработка позволит получать востребованные продукты с добавленной стоимостью.

Виды ВПС и возможные биопродукты на их основе:

- хлебопекарная промышленность (брак) — пищевые и кормовые добавки, биопластик, гидрогели);
- молочная промышленность (обезжиренное молоко, пахта, молочная сыворотка и др.) — сухой белок, биологически активные добавки, лактоза, молочнокислые закваски, сгущенные и пищевые концентраты;
- пивоваренная промышленность (пивная дробина, осадочные пивные дрожжи, солодовые ростки, белковый

отстой, сплав зерна, дрожжевой автолизат) — пищевые и кормовые добавки, биоэтанол, биобутанол, БАВы;

— крахмало-паточная промышленность (картофельная и кукурузная мезга, кукурузные зародыши) — фармацевтические и косметические компоненты, биоудобрения, модифицированный крахмал, декстрины, мальтозная патока, кормовой белок;

— мясная промышленность (плазма крови, шкуры, кости, внутренние органы убойных животных) — коллаген, биоактивные пептиды, пищевые и кормовые добавки, питательные среды для микроорганизмов, удобрения;

— рыбная промышленность (голова, кости, кожа, плавники, чешуя, внутренности) — пищевые и кормовые добавки, белковые препараты, биоактивные пептиды, ферментные препараты, концентраты полиненасыщенных жирных кислот, минеральные преципитаты, удобрения;

— масло-жировая промышленность (подсолнечная лузга, жмыхи и шроты масличных культур) — пищевые и кормовые добавки, поверхностно-активные вещества, удобрения;

— спиртовая промышленность (барда, меласная барда) — пищевые и кормовые добавки, дрожжи, витамины группы В, сивушные масла;

— плодовоовощная промышленность (семена, выжимки, очистки, кожицы) — гидроколлоиды, вкусоароматические компоненты, натуральные красители, косметическая и фармацевтическая продукция, сорбенты, пищевые кислоты;

— винодельческая промышленность (виноградные гребни, кожица, некондиционный виноград) — косметическая и фармацевтическая продукция, виноградное масло, БАВы, сорбенты, биоэтанол.

Другим актуальным направлением в технологии ВПС является биотехнологическое и химико-термическое разложение с образованием полезной вторичной продукции в виде газового топлива, жидкой фракции и твердого углеродсодержащего остатка, обладающего адсорбционными свойствами. Возможность использования этого метода обусловлена наличием в составе ВПС жиров и целлюлозы, пиролиз которых позволяет получить широкий ассортимент углеводородных веществ с различной молекулярной массой, представляющих интерес в биоэнергетике и в качестве композиций ценных химических веществ — функциональных ингредиентов, включающих углеводно-белковый концентрат, пищевые волокна, биологически активные вещества, полифенолы и ксилолигосахариды, ингредиентов с бифидогенными свойствами.

Одним из наиболее перспективных направлений является производство биоразлагаемой упаковки на основе компонентов ВПС-белков, полисахаридов, молочной и гликолевой кислот, жира. Рационально использование быстро портящихся рыбных отходов в качестве углеродного источника для микробиологического синтеза биоразрушаемых пластиков с высокими функциональными свойствами полигидроксикарбоксилатов (ПГА) [60]–[62].

Нанотехнологии в пищевой промышленности [63–65, 66]

Нанотехнологии в пищевой промышленности начинают все более активно использоваться по пяти основным направлениям: измельчение продукта до молекулярного

уровня; пищевые нанодобавки; наночистота; биосенсоры для контроля качества пищевых продуктов; в составе пищевой упаковки, повышающей срок годности продукции. Разрабатываемые нанодобавки могут придавать одному и тому же продукту различные органолептические свойства. Использование БАВ в виде наночастиц или инкапсулирование позволяет улучшить их усвояемость, избежать эффектов химической или биологической несовместимости. Потенциальные преимущества использования наноматериалов связаны с их повышенной биодоступностью, противомикробным действием, обеспечением адресной доставки БАВ. Но это направление требует тщательного изучения свойств наночастиц и воздействия, оказываемого на организм человека и окружающую среду. До сих пор не разработаны нормативно-методические документы в РФ, регламентирующие безопасность продуктов из наноматериалов. Не представлена доказательная база на продукты, содержащие нерастворимые нанодобавки металлов или их оксидов, эффекты которых зависят от химического состава и диаметра наночастиц. Наночастицы потенциально могут циркулировать по всему организму и накапливаться во всех органах и тканях, нарушая их функционирование.

Использование генно-модифицированных организмов (ГМО) и генно-модифицированных источников (ГМИ) [3–5, 11]

Их использование продолжает активно развиваться во всем мире по многим направлениям, связанным с обеспечением продовольствием. Что включает в себя: создание продуктов питания, состоящих или включающих живые/жизнеспособные организмы (например, кукуруза); получение продуктов из ГМО или содержащих выделенные из ГМО ингредиенты (например, мука, пищевые белки или масло); разработку продуктов с ингредиентами, синтезируемыми ГМ-микроорганизмами (например, красители, витамины и незаменимые аминокислоты); получение продуктов с ингредиентами, синтезируемыми ферментами ГМ-микроорганизмов (например, кукурузный сироп с высоким содержанием фруктозы, рис, обогащенный витамином А или повышенным содержанием железа; бобовые с улучшенным аминокислотным составом белков или без антипищевых веществ и др.).

Наиболее интенсивно ведутся разработки в области получения новых штаммов бактерий и дрожжей для спиртовой, пивоваренной и винодельческой промышленности, хлебопечения, производства кисломолочных продуктов.

Последние разработки в области модификации пивных дрожжей с включением в их штаммы генов, кодирующих выработку фермента глюкоамилазы, позволяют отказаться от добавления экзогенных ферментов в процессе пивоварения (солод, хмель). Включение в штаммы промышленных пекарских дрожжей системы метаболизма мальтозы позволяет сократить продолжительность приготовления теста. Введение в штаммы промышленных дрожжей генов, кодирующих синтез белков лекарственного назначения (антител, интерферона, пепсина, трипсина), имеет следствием получения многих БАВ дешевым способом. Пищевые добавки при использовании микробного синтеза могут производиться круглогодично, в от-

личие от их традиционного производства, при этом существенно упрощается получение конечного продукта.

К потенциальным направлениям использования ГМО и ГМИ в современной биотехнологии относятся: повышение урожайности с одновременным снижением объемов применяемых удобрений, гербицидов и инсектицидов; создание культур, устойчивых к засухе или повышенной засоленности почвы; увеличение сроков хранения продукции; снижение послеуборочных потерь; улучшение питательных свойств продуктов и вакцинация. Создание трансгенных растений, несущих гены кодирующих синтез вакцин против различных болезней, позволит при употреблении таких плодов и овощей вакцинировать организм; съедобные вакцины могут стать простым методом защиты людей и обеспечения безопасности питания в целом.

Риски для здоровья человека и окружающей среды, ассоциированные с ГМО и ГМ продуктами питания, остаются. Но возможное влияние ГМ продуктов на здоровье человека в целом сравнимо с известными опасностями, ассоциируемыми с традиционными продуктами питания, например, с возможной аллергенностью или токсичностью компонентов, а также микробиологической безопасностью. Прогнозы об опасности ГМ продуктов часто строятся не на фактических данных, а на основании общепсихологических и психологических закономерностей. Сегодня наблюдается тенденция по снижению поляризованного обсуждения в обществе биотехнологий в целом.

Заключение

На современном этапе развития цивилизации связь здоровья человека и питания очевидна. Развитие пищевой биотехнологии может решить многие проблемы по обеспечению здоровья, в том числе снижение алимен-

тарнозависимых заболеваний, связанных с неадекватным питанием. Приоритетными направлениями в этой области являются следующие направления: повышение безопасности пищи; развитие теории и практики персонализированного питания; привлечение потенциала минорных компонентов, в том числе дикорастущих растений; создание специализированных пищевых продуктов повышенной биологической ценности и доступности компонентов, в том числе с применением 3D-печати. Для новых видов и форм пищевой продукции (функциональных, омиксных, длительного хранения) рационально применять инновационные подходы к обеспечению качества, создавать механизмы повышенной объективности для оценки сенсорных характеристик. Необходимо продолжать исследования микробиома человека и его связи с молекулярным механизмом действия биологически активных веществ и нутригеномикой. В биотехнологии сегодня активно развивается микробный синтез биологически активных веществ, полноценнее используется потенциал любого биологического сырья, в том числе вторичного. Особую роль в обеспечении здоровья через питание оказывают активные низкомолекулярные пептиды, в том числе коллагенсодержащего и морского сырья, как и другие продукты морской биотехнологии. Активно в пищевой промышленности развиваются нанотехнологии, исследования в области искусственного и растительного мяса. Нарастает применение ГМО, ГМИ и ГМ продуктов при тенденции снижения напряженности в обществе по данному поводу. Неуклонное развитие пищевой биотехнологии обусловлено современными мировыми вызовами и направлено на повышение здоровья через питание, рост эффективности производства, уменьшение его зависимости от природных ресурсов.

Литература

1. Швердин А. В. Создание и использование биотехнологий: история вопроса // Журнал российского права. 2012. № 6. С. 118–126.
2. Романова С. Г. Развитие биотехнологий в России // Ремедиум. Журнал о российском рынке лекарств и медицинской технике. 2012. С. 8–19.
3. Шлейкин А. Г., Жилинская Н. Т. Введение в биотехнологию: учебное пособие. СПб.: НИУ ИТМО, ИХиБТ, 2013. 95 с.
4. Мезенова О. Я. Введение в профессию биотехнолога пищевой промышленности: учебное пособие. М.: МОРКНИГА, 2016. 269 с.
5. Sarah Evanega, Joan Conrow, Jordan Adams & Mark Lynas. The state of the 'GMO' debate — toward an increasingly favorable and less polarized media conversation on ag-biotech? // *GM Crops & Food. Biotechnology in Agriculture and the Food Chain*. 2022. 13:1, 38–49. DOI: 10.1080/21645698.2022.2051243.
6. Щербинина А. В. Биотехнология в пищевой промышленности (краткий обзор зарубежных публикаций) // Вестник Казанского технологического университета, 2012. № 2. Том 14. С. 244–246.
7. Аверьянова Е. В., Школьникова М. Н. Комплексная переработка вторичных сырьевых ресурсов плодово-ягодного производства / Биотехнология и общество в XXI веке: сборник статей. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2015. С. 101–105.

References

1. Sheverdin A. V. Creation and use of biotechnologies: the history of the issue. *Journal of Russian Law*. 2012. No. 6. P. 118–126. (in Russian)
2. Romanova S. G. Development of biotechnologies in Russia. *Remedium. Journal about the Russian market of medicines and medical equipment*. 2012. P. 8–19. (in Russian)
3. Shleikin A. G., Zhilinskaya N. T. Introduction to Biotechnology: Textbook. St. Petersburg: NRU ITMO, 2013. 95 p. (in Russian)
4. Mezenova O. Ya. Introduction to the Food Biotechnologist Profession: A Study Guide. Moscow: MORKNIGA, 2016. 269 p. (in Russian)
5. Sarah Evanega, Joan Conrow, Jordan Adams & Mark Lynas. The state of the 'GMO' debate — towards an increasingly favorable and less polarized media conversation on ag-biotech? *GM Crops & Food. Biotechnology in Agriculture and the Food Chain*. 2022. 13:1, 38–49. DOI: 10.1080/21645698.2022.2051243
6. Shcherbinina A. V. Biotechnology in the food industry (a brief review of foreign publications). *Bulletin of the Kazan Technological University*. 2012. No. 2. Vol. 14. p. 244–246. (in Russian)
7. Averyanova E. V., Shkolnikova M. N. Complex processing of secondary raw materials of fruit and berry production. *Biotechnology and society in the XXI century: collection of articles*. Barnaul: Alt. un-ta, 2015. p. 101–105. (in Russian)

8. *Елизарьев А. Н., Тараканов Д. А., Садыков И. В., Елизарьева Е. Н., Михайлов С. А.* Исследование эффективности биопереработки отходов пищевой промышленности // *Международный научно-исследовательский журнал*, 2022. № 1 (115). Ч. 1. С. 183–187.
9. *Шапалов Ю. Н., Скляднев Е. В., Балабанова М. Ю., Зинковский А. В.* Технология утилизации отходов производства пищевых и кормовых продуктов // *Вестник ВГУИТ*, 2012. № 4. С. 102–106.
10. *Филонов А. В., Крампит М. А., Романенко В. О.* Современное состояние и перспективные направления использования вторичных материальных ресурсов пищевой промышленности // *Фундаментальные исследования*. 2017. № 5. С. 215–219.
11. *Бессонова В. В., Княгинина В. Н., Липецкой М. С.* Нутрициология-2040. Горизонты науки глазами ученых: обзор. СПб.: Фонд «Центр стратегических разработок «Северо-Запад», 2017. 105 с.
12. *Мазилев С. И., Микеров А. Н., Комлева Н. Е., Заикина И. В.* Роль нутригенетики и нутригеномики в профилактике хронических неинфекционных заболеваний // *Вопросы питания*. 2022. Т. 91. № 1. С. 9–14.
13. *Рогов И. А., Титов Е. И., Нefeldова Н. В., Семенов Г. В., Рогов С. И.* Синбиотики в технологии продуктов питания: монография. М.: МГУПБ, 2006. 13 с.
14. *Кузнецова Е. А.* Актуальные направления переработки плодовоовощной продукции в диетические продукты питания // *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*, 2019. № 4 (82). С. 147–152.
15. *Красуля О. Н.* Пищевая сонохимия: реальность и перспективы // *Health, Food & Biotechnology*. 2021;3 (4). DOI: 10.36107/hfb. 2021. i4. s124
16. *Салова Е. В.* Объекты современных биотехнологий в пищевой промышленности и сельском хозяйстве // *Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet»*. 2022. № 4. С. 2140–2148.
17. *Dombrovskaya Y. P., Derkanosova A. A., Belokurova E. V., Kurchaeva E. E., Maksimov I. V., Kashirina N. A.* Scientific and practical approaches to the development of new-generation confectionery products // *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*, 2020. № 4 (86). С. 60–67.
18. *Руденко Р. А., Ткачёва И. В.* Современные технологии производства искусственного мяса // *Международный научно-исследовательский журнал*. 2022. № 1 (115). Ч. 1. С. 125–127.
19. *Смирнова Е. А., Саркисян В. А., Кочеткова А. А.* Проблемно-ориентированный подход к разработке новых пищевых продуктов для персонализированной диетотерапии социально значимых заболеваний // *Вопросы питания*. 2014. Т. 83. № 3. С. 65.
20. *Рожнов Е. Д.* Антиоксидантный потенциал плодов облепихи крушиновидной и продуктов ее переработки // *Индустрия питания*. 2021. Т. 6. № 1. С. 23–31. DOI 10.29141/2500-1922-2021-6-1-3
21. *Аверьянова Е. В., Школьникова М. Н., Рожнов Е. Д.* Перспективы и направления использования ягодных шротов // *Индустрия питания*. 2019. Т. 4. № 2. С. 20–27.
22. *Поляков В. А., Погоржельская Н. С.* Инновационное развитие пищевой биотехнологии // *Индустрия питания*. 2017. № 4 (5). С. 6–14.
23. *Мезенова О. Я., Ключко Н. Ю.* Парафармацевтики в продуктах на основе гидробιονтов: монография. Калининград: Изд-во КГТУ, 2009. 346 с.
8. *Elizariiev A. N., Tarakanov D. A., Sadykov I. V., Elizarieva E. N., Mikhailov S. A.* Study of the efficiency of biorecycling of food industry waste. *International Research Journal*. 2022. No. 1 (115). Part 1. p. 183–187. (in Russian)
9. *Shapovalov Yu. N., Sklyadnev E. V., Balabanova M. Yu., Zinkovsky A. V.* Technology of utilization of food and feed products production wastes. *VSUIT Bulletin*. 2012. No. 4. P. 102–106. (in Russian)
10. *Filonov A. V., Krampit M. A., Romanenko V. O.* Current state and perspective directions of use of secondary material resources of the food industry. *Fundamental research*. 2017. No. 5. pp. 215–219. (in Russian)
11. *Bessonova V. V., Knyaginina V. N., Lipetskoy M. S.* Nutriciology-2040. Horizons of science through the eyes of scientists: a review. St. Petersburg: Foundation «Center for Strategic Research «North-West», 2017. 105 p. (in Russian)
12. *Mazilov S. I., Mikerov A. N., Komleva N. E., Zaikina I. V.* The role of nutrigenetics and nutrigenomics in the prevention of chronic non-communicable diseases. *Nutrition issues*. 2022. Vol. 91. No. 1. pp. 9–14. (in Russian)
13. *Rogov I. A., Titov E. I., Nefeldova N. V., Semenov G. V., Rogov S. I.* Synbiotics in food technology: monograph. Moscow: MGUPB, 2006. 13 p. (in Russian)
14. *Kuznetsova E. A.* Actual directions of processing fruit and vegetable products into dietary food products. *Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies*. 2019. No. 4 (82). pp. 147–152 (in Russian)
15. *Krasulya O. N.* Food sonochemistry: reality and prospects. *Health, Food & Biotechnology*. 2021;3 (4). DOI: 10.36107/hfb. 2021. i4. s124 (in Russian)
16. *Salova E. V.* Objects of modern biotechnologies in the food industry and agriculture. *Scientific and educational journal for students and teachers «StudNet»* 2022. No. 4. p. 2140–2148. (in Russian)
17. *Dombrovskaya Y. P., Derkanosova A. A., Belokurova E. V., Kurchaeva E. E., Maksimov I. V., Kashirina N. A.* Scientific and practical approaches to the development of new-generation confectionery products. *Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies*. 2020. No. 4 (86). P. 60–67. (in Russian)
18. *Rudenko R. A., Tkacheva I. V.* Modern technologies for the production of artificial meat. *International Research Journal*. 2022. No. 1 (115). Part 1. p. 125–127. (in Russian)
19. *Smirnova E. A., Sarkisyan V. A., Kochetkova A. A.* Problem-oriented approach to the development of new food products for personalized diet therapy of socially significant diseases. *Food Issues*. 2014. vol. 83. No. 3. P. 65. (in Russian)
20. *Rozhnov E. D.* Antioxidant potential of sea buckthorn fruits and products of its processing. *Nutrition Industry*. 2021. V. 6. No. 1. P. 23–31. DOI: 10.29141/2500-1922-2021-6-1-3 (in Russian)
21. *Averyanova E. V., Shkolnikova M. N., Rozhnov E. D.* Prospects and directions for the use of berry meals. *Nutrition Industry*. 2019. V. 4. No. 2. P. 20–27. (in Russian)
22. *Polyakov V. A., Pogorzhelskaya N. S.* Innovative development of food biotechnology. *Nutrition Industry*. 2017. No. 4 (5). P. 6–14. (in Russian)
23. *Mezenova O. Ya., Klyuchko N. Yu.* Parapharmaceuticals in products based on hydrobionts: monograph. Kaliningrad: Publishing House of KSTU, 2009. 346 p. (in Russian)
24. *Eremenko V. N., Kovtun R. I.* Dietary supplements and their effect on the body of students. *Bulletin of the Voronezh State*

24. Eremenko V. N., Kovtun R. I. Dietary supplements and their effect on the body of students // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2022. № 1 (91). С. 35–39.
25. Шишкина Д. И., Соколов А. Ю. Анализ зарубежных технологий мясных продуктов функционального назначения // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2018. № 2 (76). С. 189–194.
26. Шевченко В. В., Асфондарява И. А., Веселов Н. В. Функциональные рыбные продукты повышенной пищевой ценности и безопасные для здоровья // Вопросы питания. 2015. Т. 84. № 5. С. 95.
27. Функциональное питание — общая проблема «здорового образа жизни» населения государств Евразии: научные статьи X Евразийского научного форума: сборник / Общ. науч. ред.; предисл.: М. Ю. Спирина, Г. В. Алексеев. СПб.: Университет при МПА ЕвразЭС, 2019. 189 с.
28. Матковская М. В., Мезенова О. Я. Биотехнология продуктов геродиетического профиля // Вестник Международной академии холода. 2015. № 4. С. 23–26.
29. Некрасова Ю. О., Мезенова О. Я., Романенко Н. Ю. Специализированные продукты спортивного питания с использованием протеиновых продуктов гидролиза коллагенсодержащего рыбного сырья // Вестник МГТУ. 2021. Т. 24. № 4. С. 414–427.
30. Васильченко Н. В., Чижова А. А., Мезенова О. Я. Обоснование состава специализированного продукта для профилактики сахарного диабета // Известия вузов. Пищевая технология. 2022. № 1 (385). С. 83–90.
31. Соловьева А. А., Зинина О. В., Ребезов М. Б. и др. Актуальные биотехнологические решения в мясной промышленности // Молодой ученый. 2013. № 5 (52). С. 105–107. URL: <https://moluch.ru/archive/52/6818/> (дата обращения: 13.11.2022).
32. Серба Е. М. Актуальные направления пищевой биотехнологии для повышения качества и хранимоспособности продуктов питания // Пищевая промышленность. 2018. № 6. С. 8–18.
33. Мезенова О. Я., Байдалинова Л. С., Ключко Н. Ю., Землякова Е. С., Агафонова С. В., Мезенова Н. Ю., Лютова Е. В. Инновационные пищевые биотехнологии водных биологических ресурсов: учебное пособие. Калининград: КГТУ, 2021. 323 с.
34. Гришин Д. В., Подобед О. В., Гладиллина Ю. А., Покровская М. В., Александрова С. С., Покровский В. С., Соколов Н. Н. Биоактивные белки и пептиды: современное состояние и новые тенденции практического применения в пищевой промышленности и кормопроизводстве // Вопросы питания. 2017. Т. 86. № 3. С. 19–31.
35. Богданова Е. В., Мельникова Е. И. Гидролизаты сывороточных белков в технологии продуктов для спортивного питания // Молочная промышленность. 2018. № 4. С. 45–47.
36. Гордеев К. С., Ермолаева Е. Л., Жидков А. А., Илюшина Е. С., Федосеева Л. А. Биологически активные добавки к пище // Современные научные исследования и инновации. 2018. № 9. [Электронный ресурс]: <https://web.snauka.ru/issues/2018/09/87368> (дата обращения: 09.11.2022).
37. Аксенова Л. М., Римарева Л. В. Направленная конверсия белковых модулей пищевых продуктов животного и растительного происхождения // Вестник Российской академии наук. 2017. Т. 87. № 4. С. 355–357.
38. Gorbunova N. A., Tunieva E. K. Risks and safety of using nanotechnologies of food products // Теория и практика переработки пищевых продуктов // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2022. No. 1 (91). p. 35–39. (in Russian)
39. Shishkina D. I., Sokolov A. Yu. Analysis of foreign technologies of functional meat products. *Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies*. 2018. No. 2 (76). p. 189–194. (in Russian)
40. Shevchenko V. V., Asfondaryova I. A., Veselov N. V. Functional fish products of increased nutritional value and safe for health. *Food Issues*. 2015. vol. 84. No. 5. P. 95. (in Russian)
41. Functional nutrition — a common problem of a «healthy lifestyle» of the population of the Eurasian states: scientific articles of the X Eurasian Scientific Forum: collection / General. scientific ed.; foreword: M. Yu. Spirin, G. V. Alekseev. St. Petersburg: University at the IPA EurAsEC, 2019. 189 p. (in Russian)
42. Matkovskaya M. V., Mezenova O. Ya. Biotechnology of gerodietary products. *Journal of International Academy of Refrigeration*. 2015. No. 4. p. 23–26. (in Russian)
43. Nekrasova Yu. O., Mezenova O. Ya., Romanenko N. Yu. Specialized sports nutrition products using protein hydrolysis products of collagen-containing fish raw materials. *Vestnik MSTU*. 2021. Vol. No. 4. P. 414–427. (in Russian)
44. Vasilchenko N. V., Chizhova A. A., Mezenova O. Ya. Substantiation of the composition of a specialized product for the prevention of diabetes mellitus. *Izvestiya vuzov. Food technology*. 2022. No. 1 (385). P. 83–90. (in Russian)
45. Solovieva A. A., Zinina O. V., Rebezov M. B., etc. Actual biotechnological solutions in the meat industry. *Young scientist*. 2013. No. 5 (52). p. 105–107. URL: <https://moluch.ru/archive/52/6818/> (date of access: 11/13/2022). (in Russian)
46. Serba E. M. Actual directions of food biotechnology to improve the quality and storage capacity of food. *Food industry*. 2018. No. 6. P. 8–18. (in Russian)
47. Mezenova O. Ya., Baydalina L. S., Klyuchko N. Yu., Zemlyakova E. S., Agafonova S. V., Mezenova N. Yu., Lyutova E. V. Innovative food biotechnologies of aquatic biological resources: study guide. Kaliningrad: KSTU, 2021. 323 p. (in Russian)
48. Grishin D. V., Podobed O. V., Gladilina Yu. A., Pokrovskaya M. V., Alexandrova S. S., Pokrovsky V. S., Sokolov N. N. Bioactive proteins and peptides: current state and new trends of practical application in the food industry and feed production. *Nutrition issues*. 2017. Vol. 86. No. 3. pp. 19–31. (in Russian)
49. Bogdanova E. V., Melnikova E. I. Hydrolyzates of whey proteins in the technology of products for sports nutrition. *Dairy industry*. 2018. No. 4. P. 45–47. (in Russian)
50. Gordeev K. S., Ermolaeva E. L., Zhidkov A. A., Ilyushina E. S., Fedoseeva L. A. Biologically active food supplements. *Modern scientific research and innovation*. 2018. No. 9 [Electronic resource]: <https://web.snauka.ru/issues/2018/09/87368> (date of access: 11/09/2022). (in Russian)
51. Aksenova L. M., Rimareva L. V. Directed conversion of protein modules of food products of animal and vegetable origin. *Bulletin of the Russian Academy of Sciences*. 2017. vol. 87. No. 4. p. 355–357. (in Russian)
52. Gorbunova N. A., Tunieva E. K. Risks and safety of using nanotechnologies of food products. *Theory and practice of meat processing*. 2016. No. 3, pp. 35–42. DOI 10.21323/2414-438X-2016-1-3-35-42. (in Russian)
53. Mashentseva N. G., Khorolsky V. V. Functional starter crops in the meat industry. Moscow: DeLi print, 2008. 336 p. (in Russian)

- переработки мяса. 2016. № 3. С. 35–42. DOI: 10.21323/2414-438X-2016-1-3-35-42.
39. Машенцева Н. Г., Хорольский В. В. Функциональные стартовые культуры в мясной промышленности. М.: ДеЛи принт, 2008. 336 с.
40. Илларионова Е. А., Сыроватский И. П. Биологически активные и пищевые добавки. Оценка эффективности и безопасности: учебное пособие. Иркутск: ИГМУ, 2020. 56 с.
41. Мусаев Ф. А., Захарова О. А. Биологически активные добавки: применение, безопасность, оценка качества // Научное обозрение. Реферативный журнал. 2016. № 6 С. 136–137. [Электронный ресурс]: <https://abstract.science-review.ru/article/view?id=1819> (дата обращения: 13.11.2022).
42. Гмошинский И. В., Апрятин С. А., Шипелин В. А., Никитюк Д. Б. Нейромедиаторы и нейропептиды — биомаркеры метаболических нарушений при ожирении // Проблемы эндокринологии. 2018. Т. 64 (4). С. 258–269.
43. Миленцева И. С., Давыденко Н. И., Расщепкин А. Н. Подбор рабочих параметров для проведения направленного протеолиза казеина с целью получения биопептидов // Техника и технология пищевых производств. 2020. Т. 50. № 4. С. 726–735. DOI: 10.21603/2074-9414-2020-4-726-735.
44. Мезенова О. Я., Тишлер Д., Агафонова С. В., Мезенова Н. Ю., Волков В. В., Бараненко Д. А., Гримм Т., Ридель С. Исследование и рациональное применение пептидных и липидных композиций, получаемых при гидролизной переработке коллагенсодержащих тканей // Вестник Международной академии холода. 2021. № 1. С. 46–58. DOI: 10.17586/1606-4313-2021-20-1-46-58
45. Пивненко Т. Н., Ковалёв Н. Н., Запорожец Т. С., Беседнова Н. Н., Кузнецова Т. А. Ферментативные гидролизаты из гидробионтов Тихого океана как основа для создания биологически активных добавок к пище и продуктов функционального питания: монография. Владивосток: Дальнаука, 2015. 160 с.
46. Kim S. K. Marine Proteins and Peptides: Biological Activities and Applications. N. Y.: A John Wiley & Sons, Ltd, 2013. 816 p.
47. Liu R., Zheng W., Li J. et al. Rapid identification of bioactive peptides with antioxidant activity from the enzymatic hydrolysate of *Macra veneriformis* by UHPLC-Q-TOF mass spectrometry // Food Chem. 2015. Vol. 167. P. 484–489.
48. Есипенко Р. В., Довженко Н. В., Ковалев Н. Н. Антиоксидантная активность ферментализатов некоторых видов двусторчатых моллюсков // Научные труды Дальрыбвтуза. 2020. Т. 42. с. 68–73.
49. Караулова Е. П., Четасова А. И. Пептиды морских объектов как потенциальный источник природных антиоксидантов // Известия ТИНРО. 2017. Т. 189. С. 192–203.
50. Jensen I. J., Mæhre H. K. Preclinical and clinical studies on antioxidative, antihypertensive and cardioprotective effect of marine proteins and peptides // Mar. Drugs. 2016. Vol. 14. P. 128–136.
51. Пивненко Т. Н. Функционально-технологические и биоактивные свойства ферментативных гидролизатов из морского сырья // Биотехнология и общество в XXI веке: сборник статей. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2015. С. 243–247.
52. Базарнова Ю. Г. Фитоэкстракты — природные ингибиторы порчи пищевых продуктов (обзор) // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2010. № 2. С. 5.
53. Кушнарченко Л. В., Еришова Т. А., Кузнецова А. А., Левочкина Л. В. Обоснование технологии использования вторичных
40. Илларионова Е. А., Сыроватский И. П. Biologically active and food additives. Efficiency and safety assessment: textbook. Irkutsk: IGMU, 2020. 56 p. (in Russian)
41. Musaev F. A., Zakharova O. A. Biologically active additives: application, safety, quality assessment. *Scientific review. Abstract journal*. 2016. No. 6. P. 136–137. [Electronic resource]: <https://abstract.science-review.ru/article/view?id=1819> (accessed 11/13/2022). (in Russian)
42. Gmoshinsky I. V., Apryatin S. A., Shipelin V. A., Nikityuk D. B. Neurotransmitters and neuropeptides — biomarkers of metabolic disorders in obesity. *Problems of Endocrinology*. 2018. V. 64 (4). p. 258–269 (in Russian)
43. Milentyeva I. S., Davydenko N. I., Rasshchepkin A. N. Selection of operating parameters for targeted casein proteolysis in order to obtain biopeptides. *Technique and technology of food production*. 2020. V. 50, No. 4. p. 726–735. DOI: 10.21603/2074-9414-2020-4-726-735. (in Russian)
44. Mezenova O. Ya., Tischler D., Agafonova S. V., Mezenova N. Yu., Volkov V. V., Baranenko D. A., Grimm T., Riedel S. Research and rational use of peptide and lipid compositions obtained by hydrolysis processing of collagen-containing tissues. *Journal of International Academy of Refrigeration*. 2021. No 1. p. 46–58. DOI: 10.17586/1606-4313-2021-20-1-46-58 (in Russian)
45. Pivnenko T. N., Kovalev N. N., Zaporozhets T. S., Besednova N. N., Kuznetsova T. A. Enzymatic hydrolysates from hydrobionts of the Pacific Ocean as a basis for the creation of biologically active food supplements and functional food products: monograph. Vladivostok: Dalnauka, 2015. 160 p. (in Russian)
46. Kim S. K. Marine Proteins and Peptides: Biological Activities and Applications. N. Y.: A John Wiley & Sons, Ltd, 2013. 816 p.
47. Liu R., Zheng W., Li J. et al. Rapid identification of bioactive peptides with antioxidant activity from the enzymatic hydrolysate of *Macra veneriformis* by UHPLC-Q-TOF mass spectrometry. *Food Chem*. 2015. Vol. 167. P. 484–489.
48. Esipenko R. V., Dovzhenko N. V., Kovalev N. N. Antioxidant activity of enzyme lysates of some species of bivalve mollusks. *Scientific works of Dalrybvtuz*. 2020. Vol. 42. p. 68–73. (in Russian)
49. Karaulova E. P., Chepkasova A. I. Peptides of marine objects as a potential source of natural antioxidants. *Izvestiya TINRO*. 2017. Vol. 189. P. 192–203. (in Russian)
50. Jensen I. J., Mæhre H. K. Preclinical and clinical studies on antioxidative, antihypertensive and cardioprotective effect of marine proteins and peptides. *Mar. Drugs*. 2016. Vol. 14. P. 128–136. (in Russian)
51. Pivnenko T. N. Functional-technological and bioactive properties of enzymatic hydrolysates from marine raw materials. *Biotechnology and society in the XXI century: collection of articles*. Barnaul: Alt. un-ta, 2015. p. 243–247. (in Russian)
52. Bazarnova Yu. G. Phytoextracts — natural food spoilage inhibitors (review) *Scientific journal NRU ITMO // Series «Processes and apparatuses of food production»*. 2010. No 2. p. 5. (in Russian)
53. Kushnarenko L. V., Ershova T. A., Kuznetsova A. A., Levochkina L. V. Substantiation of technology for the use of secondary products of rice processing. *Issues of modern science: collection. scientific monograph*; ed. N. R. Krasovskaya. Moscow: Internauka, 2022. DOI: 10.32743/25001949.2022.73. 341296 (in Russian)
54. Bitjukova A. V., Amelkina A. A., Evteev A. V. et al. Development of biotechnology for obtaining phytochemicals

- продуктов переработки риса. Вопросы современной науки: коллект. науч. монография; под ред. Н. Р. Красовской. М.: Интернаука, 2022. DOI:10.32743/25001949.2022.73.341296
54. Битюкова А. В., Амелькина А. А., Евтеев А. В. и др. Разработка биотехнологии получения фитовеществ из вторичных продуктов переработки зерна // Техника и технология пищевых производств. 2019. Т. 49. № 1. С. 5–13. DOI: 10.21603/2074-9414-2019-1-5-13.
 55. Мезенова О. Я., Потанова В. А. Обогащенные жидкие копильные среды и их применение в пищевой биотехнологии рыбных продуктов // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2015. Выпуск 1 (12). С. 46–53.
 56. Налетов А. В. Обеспеченность цинком — важный показатель здоровья человека // Health, Food & Biotechnology. 2022: 4 (2).
 57. Зинина О. В., Ребезов М. Б. Технологические приемы модификации коллагенсодержащих субпродуктов // Мясная индустрия. 2012. № 5. С. 34–36.
 58. Храмцов А. Г., Емельянов С. А., Молочников В. В. Бионанотехнологии комплексной переработки сырья животного происхождения // Труды БГУ. 2016. Т. 11. Ч. 2. С. 70–91.
 59. Потороко И. Ю., Попова Н. В., Венката М. С. Отходы пищевых производств как возобновляемые источники энергии: перспективность и технологические решения // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2021. Т. 9. № 2.
 60. Волова Т. Г. и др. Фундаментальные основы производства и применения биодegradуемых полигидроксиалканоев // Журнал СФУ. Биология. 2012. № 5 (3). С. 280–299.
 61. Жила Н. О., Калачева Г. С., Киселев Е. Г., Волова Т. Г. Синтез полигидроксиалканоев бактериями *Cupriavidus necator* B-10646 при росте на oleиновой кислоте // Journal of Siberian Federal University. Biology. 2020. № 13 (2). С. 208–217.
 62. Дышлюк Л. С., Просяков А. Ю., Асякина Л. К. Изучение свойств биоразлагаемых пленок из природных полисахаридов // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2019. Т. 9. № 4. С. 703–711. DOI: 10.21285/2227-2925-2019-9-4-703-711.
 63. Пономаренко Л. В., Коваленко М. П. Применение нанотехнологий в производстве различных биологически активных добавок // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). С. 247–250. [Электронный ресурс]: <https://moluch.ru/archive/95/21485/> (дата обращения: 13.11.2022).
 64. Литвяк В. В., Копыльцов А. А., Ананских В. В. Нанотехнологии в пищевой промышленности // Пищевая промышленность. 2020. № 12. С. 14–19. DOI: 10.24411/0235-2486-2020-10137.
 65. Фролов Д. И. Наноматериалы и нанотехнологии в пищевой промышленности и оценка их безопасности // Инновационная техника и технология. 2016. № 1. С. 11–14.
 66. Gorbunova N. A., Tunieva E. K. Risks and safety of using nanotechnologies of food products: a review // Теория и практика переработки мяса. 2016. № 3. С. 35–42. DOI: 10.21323/2414-438X-2016-1-3-35-42.
- from secondary products of grain processing. *Technique and technology of food production*. 2019. V. 49. No. 1. P. 5–13. DOI: 10.21603/2074-9414-2019-1-5-13. (in Russian)
55. Mezenova O. Ya., Potanova V. A. Enriched liquid smoking media and their application in food biotechnology of fish products. *Izvestiya vuzov. Applied Chemistry and Biotechnology*. 2015. Issue 1 (12). P. 46–53 (in Russian)
 56. Naletov A. V. Zinc availability is an important indicator of human health. *Health, Food & Biotechnology*. 2022; 4 (2) (in Russian)
 57. Zinina O. V., Rebezov M. B. Technological methods of modification of collagen-containing by-products. *Meat industry*. 2012. No. 5. P. 34–36. (in Russian)
 58. Khramtsov A. G., Emelyanov S. A., Molochnikov V. V. Bionanotechnologies of complex processing of raw materials of animal origin. *Proceedings of BSU*. 2016. vol. 11. Part 2. p. 70–91. (in Russian)
 59. Potoroko I. Yu., Popova N. V., Venkata M. S. Food production waste as renewable energy sources: prospects and technological solutions. *Bulletin of the South Ural State University. Series «Food and biotechnology»*. 2021. Vol. 9. No. 2. (in Russian)
 60. Volova T. G., ets. Fundamental principles of production and application of biodegradable polyhydroxyalkanoates. *Journal of Siberian Federal University. Biology*. 2012. No. 5 (3). P. 280–299. (in Russian)
 61. Zhila N. O., Kalacheva G. S., Kiselev E. G., Volova T. G. Synthesis of polyhydroxyalkanoates by bacteria *Cupriavidus necator* B-10646 during growth on oleic acid. *Journal of Siberian Federal University. Biology*. 2020. No. 13 (2). p. 208–217. (in Russian)
 62. Dyshlyuk L. S., Prosekov A. Yu., Asyakina L. K. Study of the properties of biodegradable films from natural polysaccharides. *News of universities. Applied Chemistry and Biotechnology*. 2019. Vol. 9. N 4. P. 703–711. DOI: 10.21285/2227-2925-2019-9-4-703-711. (in Russian)
 63. Ponomarenko L. V., Kovalenko M. P. Application of nanotechnologies in the production of various biologically active additives. *Young scientist*. 2015. No. 15 (95). p. 247–250. [Electronic resource]: <https://moluch.ru/archive/95/21485/> (date of access: 11/13/2022). (in Russian)
 64. Litvyak V. V., Kopyltsov A. A., Ananskikh V. V. Nanotechnologies in the food industry. *Food industry*. 2020. No. 12. P. 14–19. DOI: 10.24411/0235-2486-2020-10137. (in Russian)
 65. Frolov D. I. Nanomaterials and nanotechnologies in the food industry and their safety assessment. *Innovative technique and technology*. 2016. No. 1. P. 11–14. (in Russian)
 66. Gorbunova N. A., Tunieva E. K. Risks and safety of using nanotechnologies of food products: a review. *Theory and practice of meat processing*. 2016. no. 3. pp. 35–42. DOI 10.21323/2414-438X-2016-1-3-35-42. (in Russian)

Сведения об авторе

Мезенова Ольга Яковлевна

Д. т. н., профессор, зав. кафедрой пищевой биотехнологии Калининградского государственного технического университета, 236022 Россия, Калининград, Советский пр., 1, mezenova@klgtu.ru. ORCID 0000-0002-4716-2571

Information about author

Mezenova Olga J.

D. Sc., professor, chair of the Department of Food Biotechnology of Kaliningrad State Technical University, 236022 Russia, Kaliningrad, Soviet Avenue, 1, mezenova@klgtu.ru. ORCID 0000-0002-4716-2571



Статья доступна по лицензии
Creative Commons «Attribution-NonCommercial»