

УДК 664.8. 037.1

Продовольственная безопасность и холодильная технология

Д-р техн. наук В. С. КОЛОДЯЗНАЯ, канд. техн. наук Е. И. КИПРУШКИНА,
канд. техн. наук Д. А. БАРАНЕНКО, канд. техн. наук О. Н. РУМЯНЦЕВА,
канд. техн. наук И. А. ШЕСТОПАЛОВА

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет ИТМО
Институт холода и биотехнологий
191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

The review is dedicated to scientific information concerning the application of refrigeration in the technology of processing and storage of food raw materials and foodstuffs of animal and vegetable origin. Implementation of innovative resource and energy saving refrigeration technologies provides minimal losses and maximum quality and nutritional value of foodstuffs from production to consumption. It is important in solving the problems of food security.

Keywords: food security, refrigeration technology, foodstuffs, storage, processing, quality.

Ключевые слова: продовольственная безопасность, холодильная технология, пищевые продукты, хранение, переработка, качество.

Стратегической целью Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации является обеспечение населения страны безопасной сельскохозяйственной продукцией, рыбной и иной продукцией из водных биоресурсов и продовольствием [1]. Гарантией ее достижения является стабильность внутреннего производства, а также наличие необходимых резервов и запасов. Основными задачами обеспечения продовольственной безопасности, в частности, являются:

— устойчивое развитие отечественного производства продовольствия и сырья, достаточное для обеспечения продовольственной независимости страны;

— достижение и поддержание физической и экономической доступности для каждого гражданина страны безопасных пищевых продуктов в объемах и ассортименте, которые соответствуют установленным рациональным нормам потребления пищевых продуктов, необходимых для активного и здорового образа жизни;

— обеспечение безопасности пищевых продуктов.

По данным Института мировых ресурсов (WRI) и FAO последние несколько десятилетий объемы общемирового производства сельскохозяйственной продукции на душу населения неизменно увеличивались [2]. В развитых странах сельское хозяйство является высокоэффективной индустрией и демонстрирует ежегодное увеличение производительности. При этом имеет место усугубление продовольственного кризиса и увеличение стоимости пищевых продуктов с опережением инфляции. Одной из причин подобного парадокса являются огромные потери неиспользованного и испорченного сырья и пищевых продуктов. По последним исследованиям ежегодно около 1,3 млрд т., или одна треть всех произведенных пищевых продуктов, теряется или портится [2, 3].

Применение искусственного холода для сохранения пищевых продуктов является важнейшим аспектом обеспечения продовольственной безопасности государства, включая физическую и экономическую доступность пищевых продуктов для всех граждан, гарантированную собственным производством продовольственного сырья,

готовых продуктов и наличием резервов.

Холодильные технологии пищевых продуктов имеют определяющее значение в жизни современного общества и позволяют решать мировую проблему обеспечения продовольственными ресурсами. В настоящее время проблема заключается не в том, что пищевые ресурсы исчерпаны, а в том, что потери сельскохозяйственной продукции на пути от поля к столу потребителя достигают значительных величин. Сейчас в мире производится около 4 млрд т. пищевых продуктов, более половины из которых требует холодильной обработки, однако такую обработку проходит лишь четверть, при этом около 30% продукции не доходит к потребителю. Таким образом, решение основных проблем снабжения населения любой страны продовольствием связано с широким и рациональным применением холодильной техники и технологии.

Холодильные технологии позволяют получить ряд преимуществ при производстве продуктов питания, таких как сохранение качества и пищевой ценности, снижение потерь массы произведенных продуктов, повышение уровней продовольственной безопасности и гигиены, развитие международной торговли. Использование искусственного холода является одним из приоритетных направлений получения экологически безопасных продуктов питания с длительным сроком годности.

В связи с широкой интеграцией продуктов питания между странами, необходимостью транспортировки их на большие расстояния, распространением оптовой, сетевой, мелкорозничной торговли и изменением образа жизни россиян можно сделать определенный вывод о том, что потребительский спрос на охлажденные, замороженные и замороженные полуфабрикаты и готовые продукты в России будет неуклонно расти.

В настоящее время в центре внимания холодильной отрасли находятся такие проблемы как сохранение качества от производства до потребления на основе точности поддержания заданного режима и непрерывного мониторинга, повышение уровня санитарно-гигиеничес-

ких требований, вопросы ресурсо- и энергосбережения, техники безопасности холодильных установок, охрана окружающей среды.

В связи с этим перед наукой и практикой пищевых отраслей стоит важная задача — разработать и реализовать эффективную холодильную индустрию производства и хранения экологически безопасных продуктов питания высокого качества и пищевой ценности. Решение этой проблемы имеет определяющее значение для сохранения здоровья и генофонда многих стран, в том числе населения России и требует усилий специалистов различных направлений.

Применение искусственного холода в пищевых отраслях предполагает комплексный подход и включает: максимальную эффективность технологических процессов производства, переработки и хранения сырья и продуктов питания, инженерное обеспечение, соответствующие затраты, подготовку кадров высокой квалификации и глубокие исследования, создающие возможность научно-технического прогресса в этой области.

Развитие и совершенствование процессов и технических средств холодильной технологии не может быть реализовано без углубления представлений о свойствах пищевых продуктов, о влиянии на них внешних воздействий и о возможных методах и способах создания рациональных условий, способствующих сохранению качества и пищевой ценности продуктов. Такое развитие в холодильной технологии, как и в других жизненно важных отраслях знания и практической деятельности, происходит постоянно.

В настоящее время исследованиями по применению искусственного холода в пищевых отраслях занимаются многие отечественные (Институт холода и биотехнологий НИУ ИТМО, ВГУИТ, КГТУ, МГУПП, КубГТУ, КГТИПП, МГТУ им. Н. Э. Баумана, ВНИХИ, ОАО «Гипрорыбфлот», ВНИИМП им. В. М. Горбатова и др.) и зарубежные вузы и научные организации.

Международная академия холода создана в 1993 г. и в течение 20 лет успешно координирует и объединяет усилия ученых многих стран мира, занимающихся теорией и практикой получения искусственного холода и его применения во многих отраслях народного хозяйства и прежде всего в пищевой промышленности.

Под эгидой МАХ ученые Института холода и биотехнологий НИУ ИТМО проводят теоретические и экспериментальные исследования по применению искусственного холода в пищевых отраслях по следующим научным направлениям:

— разработка технологий охлаждения, подмораживания, замораживания и хранения различных видов мясного, рыбного и растительного продовольственного сырья, новых видов функциональных пищевых продуктов повышенной биологической ценности и различных уровней калорийности;

— разработка технологий частичной дегидратации, быстрого замораживания и хранения продовольственного сырья и пищевых продуктов с высоким начальным влагосодержанием;

— изучение закономерностей тепло- и массообмена в зависимости от внешних воздействий и свойств пищевых продуктов;

— исследование состояния и поведения воды в клетках и тканях пищевых продуктов при их холодильном консервировании, изучение механизмов влияния различных структурных фракций воды на процессы, протекающие в охлажденных и замороженных продуктах;

— исследование реакции растительных и животных тканей на воздействие низких температур с учетом молекулярного строения, особенностей белковых фракций и других соединений, а также адаптации к условиям среды и применения криозащитных веществ;

— исследование защитных механизмов, физиолого-биохимических и физико-химических процессов, протекающих при охлаждении и хранении с применением искусственного холода и биологических средств защиты;

— биотехнологическая модификация свойств пищевого сырья животного и растительного происхождения и разработка технологий продуктов питания функционального назначения пролонгированных сроков годности;

— разработка и применение защитных пленкообразующих покрытий на основе полисахаридных и полипептидных компонентов, а также фенольных соединений, обладающих микро-бактерицидными и антиоксидантными свойствами.

В проблемной лаборатории и на кафедре мясных, рыбных продуктов и консервирования холодом проводятся научные исследования по разработке технологий хранения продукции при низких положительных и отрицательных температурах [4, 6–9].

При хранении пищевого сырья и продуктов питания животного и растительного происхождения в охлажденном состоянии максимально сохраняется их пищевая и биологическая ценность, качество и безопасность. Однако, при низких положительных температурах сроки годности продукции ограничены, что связано преимущественно с микробиальной порчей, вызванной развитием психрофильной микрофлоры.

При хранении охлажденной сельскохозяйственной продукции более эффективное увеличение ее стойкости достигается не только снижением температуры хранения, но и применением дополнительных к холоду физико-химических и биологических средств защиты.

Добиться увеличения стабильности продукции при хранении можно при использовании инновационных технологий обработки и упаковки. В качестве антимикробных компонентов предлагается использовать безопасные для человека соединения естественного иммунитета растений и животных — биополимеры, фитонциды и экстракты пряностей. Микро- и бактериостатические вещества используются совместно с традиционными видами упаковки, наносятся на поверхность или встраиваются в структуру искусственных пленок или в состав съедобных защитных пищевых пленкообразующих покрытий. В последнем случае положительный экологический эффект применяемой упаковки обусловлен уменьшением количества используемой искусственной пленки, требующей утилизации. Увеличение сроков хранения и уменьшение потерь пищевой продукции положительно сказывается на экологии, так как в обратном случае потребленные ресурсы и сопутствующие производству выбросы парниковых газов были напрасны.

Применение полипептидно-полисахаридных защитных пищевых покрытий на основе хитозана позволяет в несколько раз понизить уровень обсемененности мяса и мясопродуктов. Установлена бактериостатическая активность их составов в отношении МАФАНМ, *Pseudomonas fluorescens*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* и *Bacillus subtilis*. Использование данных покрытий для упаковки безоболочных мясопродуктов позволило увеличить срок хранения продукции в охлажденном состоянии в 2 раза.

В университете на основании многолетних исследований совместно с ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии разработаны технологии длительного холодильного хранения картофеля, плодов и овощей с применением искусственного холода, хитозана и биологических средств защиты, позволяющие максимально сохранить качество и пищевую ценность продуктов, в 2–4 раза снизить микробную порчу и увеличить продолжительность хранения продукции в охлажденном состоянии [4, 5].

Для обработки картофеля, плодов и овощей перед закладкой на хранение рекомендуется культуральная жидкость различных штаммов бактерий-антагонистов: *Pseudomonas* sp. штамм 125, *Ps. aueofaciens* штамм 35, *Mycobacterium* sp. штамм 11, *Bacillus subtilis* штамм R 13, *Ps. fluorescens* штамм 228 в концентрации от 2×10^8 до 14×10^8 кл/мл.

Показана высокая эффективность препарата на основе хитозана — марок Агрохит и ХАН-8, обладающих микро- и бактерицидными свойствами, вследствие чего потери плодов и овощей от инфекционных заболеваний, вызванных основными возбудителями — грибами родов *Botrytis*, *Monillium*, *Fusarium*, *Penicillium* и др. значительно снижаются.

Следует отметить, что в решении проблемы длительного хранения скоропортящихся пищевых продуктов решающее значение имеет замораживание, как один из перспективных способов консервирования, позволяющий максимально сохранить качество, пищевую и биологическую ценность продуктов растительного и животного происхождения, а также создать продовольственные ресурсы.

Производство быстрозамороженных сельхозпродуктов является высокорентабельной отраслью во многих странах мира. К сожалению, до настоящего времени производство быстрозамороженной продукции в России не достигло желаемого уровня, несмотря на высокий интерес потребителей к данному виду товаров. В настоящее время на российском рынке в большей мере реализуются замороженные полуфабрикаты и готовые блюда на основе мясного сырья, а замороженная растительная продукция в основном представлена импортными производителями. Перед отечественной промышленностью встает задача производства высококачественной замороженной продукции как животного, так и растительного происхождения в широком ассортименте, включая функциональные продукты.

Замораживание не идеальный способ консервирования, он имеет как достоинства, так и недостатки. Несомненными достоинствами этого вида консервирования являются: максимальное сохранение качества, биологической ценности и пищевых веществ замороженных

продуктов при хранении; расширение ассортимента и создание запасов продуктов для равномерного снабжения населения и промышленности, снижение сезонности потребления плодов, ягод и овощей; повышение производительности труда при приготовлении пищи на предприятиях общественного питания и в домашних условиях; сглаживание сезонности работ на плодоовощных и консервных предприятиях.

Основные недостатки: относительно высокая стоимость замораживания, хранения, транспортирования; негативные явления, обусловленные значительным количеством слабосвязанной и свободной воды в растительных материалах: необратимая денатурация белков, механическое повреждение клетки, рекристаллизация и остаточная ферментативная активность при хранении, разрушение протоплазмы и потеря клеточного сока при замораживании.

Качество замороженных продуктов определяется следующими основными факторами: химико-технологической характеристикой исходного сырья, его подготовкой и предварительной обработкой, технологиями замораживания, хранения и размораживания.

При переработке и замораживании растительного и мясного сырья возможно производство широкого спектра продукции — полуфабрикаты и готовые блюда — повседневные обеды, блюда праздничной кухни, специальные наборы; различные комбинированные продукты для пробиолитического, диетического и детского питания, а также для отдельных групп населения.

При производстве быстрозамороженной растительной продукции одним из значимых факторов является характеристика исходного сырья. В нашем университете проведены многолетние комплексные исследования по обоснованию критериев устойчивости отдельных видов и сортов ягод, плодов, картофеля и овощей к замораживанию и хранению, предложены различные технологии предварительной обработки и замораживания картофеля, плодов, овощей и ягод.

Разработанный нами метод замораживания в жидких хладоносителях представляет интерес, поскольку достигается значительное сокращение продолжительности замораживания, что связано с более высокими значениями коэффициента теплоотдачи (скорость замораживания увеличивается в 3...6 раз). В качестве жидких хладоносителей рекомендуются многокомпонентные растворы солей, в основном хлорида натрия, хлорида кальция, пропиленгликоля, этилового спирта, моно- и дисахаридов, сохраняющие свойства продуктов и их качественные характеристики.

Для замораживания многих видов пищевых продуктов (рыба, птица, плоды, ягоды, овощи) перспективным является замораживание с использованием многокомпонентных некипящих сред и мелкокристаллических ледяных суспензий (айс-сларри). В рамках международного проекта Европейского Союза «Инко-Коперникус» с участием нашего вуза, ученых Бельгии, Англии и Болгарии выбраны жидкие хладоносители. Их можно использовать для замораживания и охлаждения широкого спектра пищевых продуктов.

На основании исследования жидких хладоносителей, содержащих этиловый спирт, сахарозу, цитрат,

ацетат и хлорид натрия в различных концентрациях, по комплексу органолептических, физико-химических и теплофизических показателей выбраны хладоносители для получения ледяных суспензий.

По комплексу физико-химических, биохимических и органолептических показателей качества плодов, овощей и ягод показана нецелесообразность применения бланширования при замораживании их в двухфазных хладоносителях.

Экономические преимущества применения двухфазных хладоносителей для замораживания плодов, овощей и ягод заключается в получении продуктов высокого качества в результате интенсификации теплообмена и снижении энергозатрат на бланширование и холодильную обработку.

Высокий коэффициент теплоотдачи позволяет в 7–8 раз снизить продолжительность замораживания. Основная проблема этого метода — диффузия компонентов в замораживающие среды. Нами получены данные и предложены приемы уменьшения диффузии.

Для реализации методов замораживания пищевых продуктов в жидких хладоносителях и в ледяных суспензиях наиболее эффективна гидрофлюидизация.

В рамках международного проекта разработан опытный образец гидрофлюидизационного скороморозного аппарата.

В университете разработана технология частичной дегидратации плодов, овощей, картофеля и ягод, отличающихся высоким начальным содержанием свободной и слабосвязанной воды, снижающей эффективное проведение процесса замораживания и хранения.

Для удаления влаги из пищевых продуктов предлагаются различные методы: высокотемпературный нагрев, осмос, сублимация, инфракрасное и микроволновое излучение. Нами предложен метод микроволновой вакуумной дегидратации, который имеет ряд преимуществ: быстрый, объемный, однородный, не требующий передачи нагрева, кроме того, создается внутреннее давление за счет потока быстро испаряющегося пара, сохраняющее нативную форму продукта и ускоряющее миграцию влаги к поверхности. Повышение температуры продукта ограничивается точкой кипения воды при пониженном давлении; наличие вакуума также уменьшает окислительные реакции, несколько повышает скорость дегидратации.

Установлено, что частичная дегидратация растительной продукции с высоким начальным влагосодержанием микроволновым излучением в вакууме и последующее быстрое замораживание позволяют максимально сохранить пищевую, в том числе биологическую ценность, а также структурно-механические свойства при длительном хранении дегидрозамороженных овощей, плодов и ягод.

По комплексу показателей, характеризующих энергетические затраты и качество растительной продукции в цикле «частичная микроволновая вакуумная дегидратация–замораживание–хранение–размораживание или термическая обработка», рекомендуется удалять от 30 до 50% свободной и слабосвязанной влаги от начальной массы сырья; при определяющем размере изделий $5 \div 15$ мм; давлении в камере $6,6 \div 7,9$ кПа; удельной

подводимой мощности 160–320 Вт/кг.

Показано, что удаление влаги из растительной ткани до 50% от начальной массы максимально сохраняет структуру овощей в цикле «замораживание–хранение–размораживание или термическая обработка», снижает потерю клеточного сока и повышает регидратационные характеристики готового продукта при кулинарной обработке.

Дополнительные затраты на дегидратацию составляют от 25 до 56 тыс. руб. на тонну при удалении 30–50% влаги, соответственно. Экономические преимущества применения частичной дегидратации плодов и овощей перед замораживанием заключается в экономии на всех звеньях холодильной цепи и максимальном сохранении качества в удобной для использования форме, что компенсирует затраты, связанные с частичным обезвоживанием.

Немаловажным фактором продовольственной безопасности является экономическая доступность пищевых продуктов, поэтому особенно важна возможность конструирования недорогой продукции для здорового питания. Переработка вторичного пищевого сырья, малоценных частей и некондиционной продукции животноводства и растениеводства является колоссальным ресурсом по получению макро- и микронутриентов. С помощью гидролиза, экстракции, ферментативного и биокатализа получают белковые препараты, пептиды, углеводы, жирные кислоты, структурообразователи, эмульгаторы, пребиотики и т. д. Эти высокоценные ингредиенты могут быть использованы для обогащения и создания новых пищевых продуктов согласно принципам рационального питания и пищевой комбинаторики в университете для модификации сырья и увеличения пищевой ценности также могут применяться пробиотические культуры микроорганизмов.

Нутриенты, в том числе полноценный белок, могут быть также получены без использования ресурсов сельского хозяйства. В био- и фотореакторах возможно выращивание специально отобранных видов микроорганизмов, таких как *Spirulina*, *Chlorella*, *Euglena* и других микроводорослей и продуктивных культур. Для питания таким микроорганизмам нужен диоксид углерода и свет для фотосинтеза, в процессе своей жизнедеятельности они выделяют кислород, а по химическому составу клетки содержат до 70% полноценного белка, 10–15% углеводов, а также витамины, минеральные вещества и полиненасыщенные жирные кислоты. При обогащении субстрата неорганическими элементами микроорганизмы способны накапливать их в хорошо усваиваемых человеком органических формах. Так как микроорганизмы обладают на порядок большей продуктивностью, по сравнению с традиционными сельскохозяйственными культурами, на меньшей площади и без использования плодородной почвы можно получать высокоценное сырье для производства пищевых продуктов. Несомненным положительным для экологии моментом такого производства является утилизация CO_2 и выработка кислорода. Для получения функциональных продуктов предложено использовать биотехнологическую модификацию свойств мясного сырья применением ферментного препарата СГ-50 активностью 100, содержащего

химотрипсин и пепсин в соотношении 1:1 и биопрепараты «Витафлор», содержащего молочнокислые бактерии *Lactobacillus acidophilus* шт Д75 и Д76 [6].

В университете разработаны рецептуры и технологии рубленых охлажденных и замороженных полуфабрикатов и мясопродуктов эмульсионного типа с использованием традиционных и нетрадиционных видов мяса (мясо черного африканского страуса, дикого кабана, лося, кролика, телятины), обогащенных биологически активными веществами — нутрицевтиками и парафармацевтиками [7, 8].

Для увеличения продолжительности хранения новых видов функциональных пищевых продуктов в охлажденном, подмороженном и замороженном состоянии, разработаны защитные пищевые пленкообразующие покрытия на основе хитозана с добавлением желатина, клетчатки, дикарахмалглицерина [9].

На основании комплексных исследований по применению искусственного холода и дополнительных к холоду физико-химических и биологических средств при хранении продуктов растительного и животного происхождения разработана следующая техническая документация:

— технические условия (ТУ) 9165-015-49001590-2006 и технологическая инструкция (ТИ) по производству дегадрозамороженных растительных продуктов и смесей из них;

— ТУ и ТИ 9213-001-02068491-2006 на твердые мясные паштеты;

— ТУ и ТИ на охлажденное и замороженное мясо страуса и рубленые мясные полуфабрикаты на его основе, обогащенные биологически активными веществами;

— технические условия и технологическая инструкция по хранению картофеля, плодов и овощей с применением биопрепарата «Экстрасол».

Влияние температуры, дополнительных средств и продолжительности хранения не исчерпывают полностью проблем, связанных с получением качественных продуктов. Важным условием их получения всегда является высокое исходное качество сырья, соответствующее проведение технологических процессов и применение рациональных способов и современной техники упаковки продуктов.

Таким образом, качество продуктов животного и растительного происхождения определяется целым комплексом научных, технологических, технических

и организационных аспектов, что требует внедрения в отрасль современных приемов животноводства и растениеводства, оборудования и прогрессивных технологий, развития научно-исследовательской и инновационной деятельности, реконструкции и технического перевооружения научных лабораторий и предприятий, подготовки высококвалифицированных специалистов.

Список литературы

1. Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации. — М.: Минсельхоз, Указ президента № 120 от 30.01.2010 г.

2. Global food losses and food waste. Study conducted for the International Congress «SAVE FOOD!» at Interpack 2011 Dusseldorf, Germany/FAO of the UN. Rome, 2011.

3. Муканов К. К. и др. Биотехнологии для продовольственной и экологической безопасности // Материалы международной НПК: Инновационные биотехнологии в странах ЕврАзЭС. — СПб: Биоиндустрия, 2012.

4. Кипрушкіна Е. И., Колодяжная В. С. Экспериментальное обоснование биотехнологических основ хранения растительного сырья // Доклады РАСХН. 2003. № 37.

5. Нугманова Т. А. Использование биопрепаратов для получения экологически безопасных продуктов питания // Материалы международной НПК: Инновационные биотехнологии в странах ЕврАзЭС. — СПб: Биоиндустрия, 2012.

6. Колодяжная В. С., Бройко Ю. В., Бараненко Д. А. Пробиотические культуры в технологии мясных полуфабрикатов из телятины // Мясная индустрия. 2011. № 10.

7. Колодяжная В. С., Бараненко Д. А. Технология мясных изделий эмульсионного типа с заданными функциональными свойствами // Вестник Международной академии холода. 2006. № 3.

8. Шестопалова И. А., Уварова Н. А. Разработка рецептуры мясного паштета с использованием мяса дикого кабана // ЭНЖ. Процессы и аппараты пищевых производств. 2011. № 1.

9. Бараненко Д. А., Забелина Н. А. Подавление жизнедеятельности микрофлоры порчи мяса и мясопродуктов с помощью барьерной технологии // ЭНЖ. Процессы и аппараты пищевых производств. 2011. № 1.