

## **Оценка влияния параметров холодильной цепи на сохранение качества, экологической безопасности и рациональность использования пищевых продуктов**

О.Н. Румянцева

Санкт-Петербургский государственный университет  
низкотемпературных и пищевых технологий, факультет экономики  
и экологического менеджмента, кафедра промышленной экологии

*В работе изучен вопрос комплексного влияния температуры, влажности, микробиологических показателей, способов замораживания и состояния непрерывности холодильной цепи на сохранение качества, экологической безопасности и рациональность использования пищевых продуктов.*

Ключевые слова: непрерывная холодильная цепь, экологически безопасные пищевые продукты, методы замораживания.

Широкая интеграция продуктов питания между странами, необходимость транспортировки их на большие расстояния, распространение оптовой, сетевой, мелкокорозничной торговли и изменение образа жизни людей привела к необходимости активного применения различных методов консервирования пищевых продуктов.

В настоящее время используются различные способы консервирования, в том числе тепловое и с использованием различных натуральных и искусственных консервантов. При применении этих методов в пищевых продуктах происходят существенные химические изменения и могут накапливаться вещества, отрицательно влияющие на здоровье человека.

Одним из приоритетных направлений получения экологически безопасных продуктов питания с длительным сроком годности является использование искусственного холода. В то же время изменение мирового общественного мнения, обусловленного принципом «коротких связей» между потребителями и изготовителями продукции (т.е. переориентация на использование нативных продуктов), а также необходимость экономии природных ресурсов в свете Концепции устойчивого развития требуют серьезного изучения экологических аспектов холодильной индустрии.

Таким образом, перед наукой и практикой пищевых отраслей стоит важная задача — разработать и реализовать энерго-эффективную индустрию производства и хранения экологически безопасных продуктов питания высокого качества и пищевой ценности. Решение этой проблемы имеет определяющее значение для сохранения здоровья и генофонда населения и требует усилий специалистов различных направлений.

Применение холодильных технологий тесно связано с проблемой обеспечения пищевыми ресурсами: проблема часто 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. тонн пищевых продуктов, половина из которых требует холодильной обработки, однако такую обработку проходит лишь четверть, при этом около 30% продукции не доходит к потребителю. Таким образом, реализация современных методов низкотемпературных технологий существенно минимизирует потери ресурсов растительного и животного происхождения.

В настоящее время в центре внимания холодильной отрасли находятся такие экологические проблемы как: сохранение экологической безопасности от производства до потребления на основе точности поддержания заданного режима и непрерывного мониторинга, повышение уровня санитарно-гигиенических требований, вопросы энергосбережения, техники безопасности холодильных установок и т.д.

Вышеперечисленные проблемы напрямую связаны с важнейшим аспектом применения холодильных технологий — обеспечения непрерывной холодильной цепи. Непрерывная холодильная цепь — совокупность процессов холодильной обработки и хранения пищевых продуктов, технических средств и организационных мероприятий, обеспечивающих подготовку и доставку потребителю скоропортящегося пищевого сырья и продуктов питания с максимальным сохранением их исходного качества [1].

Отдельными звеньями холодильной цепи могут являться в различном сочетании и последовательности стационарные холодильники, холодильный транспорт, торговое холодильное оборудование и бытовые холодильники. Возможны различные варианты холодильной цепи, но в каждом из них будут обязательно присутствовать две составляющие: стационарное хранение продукта и его транспортировка. Если температурный режим при стационарном хранении продукта четко отслеживается и контролируется, то соблюсти все требования при его транспортировке удастся далеко не всегда (например, частое открывание дверей рефрижератора, выполняющего рейс от одного магазина до другого, поломка холодильного агрегата в пути и т.п.).

В настоящее время всесторонние исследования, проводимые, в том числе и в нашем университете, ведутся с целью изучения влияния различных факторов на изменение качества и экологической безопасности продукции при холодильной обработке и хранении. Накопленные многолетние исследования позволяют сделать вывод о том, что вопрос о влиянии холодильной цепи на сохранение качества и безопасности продукции должен рассматриваться не только как предотвращение температурных колебаний, а должен учитывать все факторы комплексного воздействия — температуру, влажность, сортовые особенности и др.

Основным параметром, определяющим динамику изменений основных свойств пищевых продуктов при хранении, является температура воздуха на всех этапах холодильной цепи. При соответствующем состоянии качества исходного сырья, а также соблюдении условий производства, охлаждения, замораживания и упаковки температура хранения определяет сохранность продуктов. В настоящее время в мировой практике максимально допустимой температурой хранения продуктов растительного и животного происхождения считается температура не

выше  $-18^{\circ}\text{C}$ ; наряду с этим научные исследования и практический опыт подтверждают необходимость применения еще более низких температур до  $-25^{\circ}\text{C}$  и наблюдается тенденция к переходу на температуру хранения около  $-30^{\circ}\text{C}$ .

Главной причиной снижения температур хранения является возможность увеличения стойкости продуктов, поскольку при таких режимах колебания температуры  $\Delta t$  не оказывают значительного влияния на показатели качества и безопасности. Существует прямая зависимость между снижением температуры сохранения и увеличением срока хранения замороженных пищевых продуктов.

В табл. 1. представлены данные о сроках хранения некоторых замороженных пищевых продуктов. Снижение температуры позволяет существенно продлить срок хранения продукции.

Таблица 1. Сроки хранения замороженных пищевых продуктов.

Продукт	Срок хранения (мес) при температуре, $^{\circ}\text{C}$		
	$-18$	$-25$	$-30$
Персики, абрикосы, вишня в сахаре	12	18	24
Малина, клубника	12	18	24
Малина, клубника с сахаром	18	24	24
Фруктовые соки и концентраты соков	24	24	24
Спаржа, фасоль, брюссельская капуста, цветная капуста, зеленый горошек	18	24	24
Морковь, картофель фри	24	24	24

На динамику качественных изменений продуктов при холодильном хранении влияет не только температура хранения, но и ее стабильность во времени. В практических условиях колебания температур неизбежны, однако они не должны превышать определенных границ. Колебания температур, наблюдаемые при нормальных условиях эксплуатации, не увеличивающие внутреннюю температуру продуктов, могут не вызывать изменений качества. Однако значительные и длительные колебания температуры воздуха, сопровождающиеся увеличением температуры внутри или во всей массе продукта, в большинстве случаев могут привести к ухудшению качества и безопасности продуктов.

На основании обширных исследований сформулировано положение, согласно которому сроки хранения продуктов определяют, исходя из средней арифметической температур. Использование средних температур оправдано для примерного определения динамики химических изменений в пищевых продуктах, при этом средние температуры нельзя применять для таких основных физических изменений, как необратимые процессы сублимационного испарения, рекристаллизации в продуктах, имеющих тканевую структуру, или изменения в эмульсиях типа жир-вода. В таком случае даже незначительные колебания температуры при хранении отрицательно влияют на качество продукта.

В настоящее время в странах Евросоюза внедрено требование документально регистрировать уровень колебания температуры в холодильных камерах супермаркетов объемом более  $10 \text{ м}^3$ . Предписано регистрировать температуру каждые 4

часа и сохранять эти записи в течение года. В Великобритании эти правила распространены и на мелкие торговые предприятия, торгующие скоропортящимися продуктами. Данные правила и нормы повышают требования, предъявляемые к регулированию и обеспечению документирования работы холодильных установок, что позитивно сказывается на сохранении качества и безопасности пищевых продуктов.

Помимо создания равномерного температурного режима необходимо создавать равномерное температурно-влажностное поле, поскольку при хранении продуктов в охлажденном и замороженном состоянии, такие показатели, как относительная влажность, скорость обмена и циркуляция воздуха являются значимыми факторами, характеризующими качество и безопасность продуктов. При хранении замороженных продуктов влияние относительной влажности незначительно и уменьшается по мере применения все более низких температур и все более совершенных упаковок. Относительная влажность воздуха внутри камер хранения должна быть как можно более высокой — 90—95%. В этих помещениях в зависимости от условий хранения устанавливается определенная относительная влажность, на величину которой влияет размер поверхности пищевых продуктов, воздушные потоки, количество поступающего из окружающей среды тепла, размер охладителей, температура и т.д.

В настоящее время рациональное использование пищевых ресурсов и реализация безотходных технологий рассматриваются и внедряются только на стадии промышленной переработки сырья. Однако данный подход не может являться оптимальным, поскольку он не распространяется на процессы транспортировки и хранения ресурсов, на которых могут происходить значительные сырьевые потери в результате нарушения параметров холодильной цепи, аварией ситуации, поломкой аппаратуры и других причин. При этом образующиеся отходы часто относятся к безвозвратным, т.е. отходам производства, которые невозможно, нецелесообразно (неэффективно) или недопустимо использовать повторно, в частности, без дополнительной обработки. Сюда же следует отнести неизбежные технологические потери производственных веществ, обусловленные спецификой технологии (испарение, усушка, и т.п.), которые в пищевой промышленности должны строго нормироваться [3].

При нарушении непрерывности холодильной цепи могут протекать разнообразные негативные физико-химические процессы, причем при хранении замороженной продукции они особенно значимы. Так, при колебаниях режимов холодильной цепи могут наблюдаться: рекристаллизация, ожоги, усушка, изменение структуры, что может привести к порче продукта и образованию отходов.

Рекристаллизация представляет собой изменения кристаллической структуры продуктов, вследствие чего происходят структурные изменения тканей, которые выражены тем больше, чем выше температура хранения и больше ее колебания. После размораживания продуктов эти изменения проявляются уменьшением упругих свойств продуктов и увеличением потерь тканевых соков.

Ожог представляет собою форму местного, очень сильного обезвоживания поверхности замороженных продуктов. На участках продукта с наличием ожога,

происходят глубокие изменения тканевой структуры продукта, происходит изменение окраски, нежелательное изменение вкуса, запаха и консистенции продукта.

Потери массы (усушка) замороженной продукции являются результатом сублимационного испарения влаги с ее поверхности. Каждое колебание температуры хранения интенсифицирует процесс сублимации.

В ряде случаев более эффективное увеличение стойкости замороженных продуктов по сравнению со снижением температур хранения достигается применением дополнительной технологической обработки или специальных методов ограничения контакта продуктов с внешней средой.

Влияние температуры и продолжительности хранения не исчерпывают полностью проблем, связанных с качеством и безопасностью продуктов. Основным условием получения высокого качества замороженных продуктов всегда является высокое исходное качество сырья, соответствующее проведение технологических процессов и применение оптимальных методов и современной техники упаковки продуктов.

Для качества некоторых замороженных пищевых продуктов растительного происхождения решающее значение имеют видовые свойства; для других видов растительного сырья это влияние не установлено или же проявляется в сравнительно небольшой степени. В технологической практике большое значение имеют организация и техника эффективной уборки урожая, транспортирования сырья на предприятие и его немедленная переработка. Задержка переработки даже на несколько часов вызывает ухудшение качества продукта. Потери витамина С во время транспортирования и кратковременного хранения сырья часто превышают потери при переработке. Кроме того, хранение сырья перед переработкой сопровождается значительными потерями массы. Деформация и потери в результате неправильного обращения с плодами и овощами чаще всего являются необратимыми и приводят к серьезным ресурсопотерям.

В СПбГУНиПТ проведены многолетние исследования по влиянию процессов замораживания и хранения на качество и безопасность продуктов. При проведении замораживания одним из важнейших факторов, влияющих на качество и энергопотребление, является скорость замораживания. Наиболее распространенным является замораживание пищевых продуктов в воздушной среде посредством естественной либо искусственной конвекции. Поскольку при замораживании естественной конвекцией скорость процесса довольно низка и приводит к серьезному энергопотреблению, то чаще используется замораживание в интенсивном потоке охлажденного воздуха. Применяют скороморозильные аппараты с фиксированным положением продукта и с псевдооживленным слоем.

Высокие скорости процесса замораживания достигаются при замораживании растительного сырья во флюидизационных скороморозильных аппаратах. Индивидуальное замораживание единиц сырья позволяет получить продукт высокого качества. Варьированием скорости воздуха достигается возможность замораживания широкого спектра продуктов. Для низкотемпературной обработки более крупного сырья может применяться замораживание штучных пищевых продуктов в динамической дисперсионной среде: гранулированных пищевых (соль, сахар,

манная крупа), инертных (полистирол) или охлаждающих (частицы водного льда) слоях.

Помимо воздушного метода широко развивается погружной гидрофлюидизационный в некипящих средах и криогенный метод с использованием жидкого азота или диоксида углерода.

Метод замораживания в некипящих жидкостях представляет интерес с точки зрения энергосбережения, поскольку достигается значительное сокращение продолжительности замораживания, что связано с более высокими значениями коэффициента теплоотдачи (скорость замораживания увеличивается в 3...6 раза). В качестве некипящих сред, как правило, используются холодные растворы солей, в основном хлорида натрия, хлорида кальция, пропиленгликоля, этилового спирта — безопасные для человека и не изменяющие свойства продуктов и их качественные характеристики.

Для замораживания многих видов пищевых продуктов (рыба, птица, плоды, ягоды, овощи) перспективным является замораживание с использованием многокомпонентных не кипящих сред и мелкокристаллических ледяных суспензий (айс-ларри). В рамках международного проекта Европейского Союза «Инко-Копер—никус» с участием нашего вуза, представителей Бельгии, Англии и Болгарии выбраны экологически безопасные некипящие жидкие среды для замораживания и охлаждения широкого спектра пищевых продуктов. Для замораживания и охлаждения предложена также ледяная суспензия с содержанием мелкокристаллического льда до 20%. Высокий коэффициент теплоотдачи позволяет в 3—6 раз снижать продолжительность замораживания. Для реализации методов замораживания пищевых продуктов в жидких некипящих средах и в ледяных суспензиях наиболее эффективна гидрофлюидизация [4].

Основная проблема этих методов — диффузия компонентов в замораживающие среды. В нашем университете получены данные и предложены приемы уменьшения диффузии.

В последние годы во многих странах используются технологии сверхбыстрого замораживания в жидком азоте. Однако высокоэффективные азотные технологии сверхбыстрого замораживания не находят широкого распространения в нашей стране, что связано прежде всего с высокой стоимостью жидкого азота и сложностью в организации процесса.

Замораживание при всех способах проводят до среднеобъемной температуры  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Выбор способа замораживания и продолжительность процесса в первую очередь определяется видовыми особенностями сырья и его дальнейшим использованием, однако серьезное внимание должно уделяться и вопросом энергопотребления.

Важнейшим вопросом безопасности охлажденных и замороженных продуктов является микробиология. Микробиологическая загрязненность продуктов может ухудшать их качество, вызывать понижение пищевой ценности и причинять вред здоровью. Поэтому в большинстве стран приняты необходимые стандарты относительно допустимого числа микроорганизмов в пищевых продуктах. В России — СанПиН 2.3.2.1078-01. Пищевые продукты должны отвечать требованиям СанПиН

по окончании технологического процесса, а также в процессе перевозки, хранения и реализации в течение всего срока годности.

Микроорганизмы, вызывающие порчу продуктов, попадают на обрабатывающее предприятие вместе с сырьем. Поэтому при производстве продуктов с применением холода необходимо особенно строго контролировать отрезок времени, который проходит продукт до холодильной обработки.

При низкотемпературном хранении замороженных продуктов микроорганизмы не размножаются сколько-нибудь заметным образом, но когда температура повышается, продукты даже со сравнительно малым числом микроорганизмов подвержены опасности порчи. Установлены следующие нижние температурные границы способности развития: для микроорганизмов от  $-5$  до  $-8^{\circ}\text{C}$ , для дрожжей от  $-10$  до  $-12^{\circ}\text{C}$  и для плесеней от  $-10$  до  $-12^{\circ}\text{C}$ .

Бактериальная обсемененность замороженных продуктов значительно ниже, чем свежих или охлажденных. Уничтожение микрофлоры при низких температурах протекает медленно и в различной степени в зависимости от вида микроорганизмов, их состава, свойств продуктов и применяемых технологических параметров. В целом замораживание и хранение в замороженном состоянии вызывают гибель от 50 до 90% исходного количества микроорганизмов, причем основное влияние оказывает процесс замораживания. Однако сохранившаяся микрофлора может сохранять жизнедеятельность в низкотемпературных условиях много лет.

Считается, что замороженные продукты, хранившиеся при температурах ниже  $-12^{\circ}\text{C}$ , полностью предохраняются от микробиальной порчи, типичной для пищевых продуктов. Однако в замороженных продуктах следует считаться с размножением психрофильных (криофильных) микроорганизмов. При этом учитывается тот факт, что для размножения в продукте психотропных патогенных и условно-патогенных микроорганизмов (таких как иерсинии, листерии, кампилобактеры и др.) требуется более длительное время, чем для размножения мезофильных возбудителей пищевых токсико-инфекций и кишечных инфекций. Для обеспечения гарантии безопасности скоропортящихся продуктов необходимо отслеживать и не допускать возможные нарушения (перерывы) в холодильной цепи на пути доставки продукции к потребителю.

Таким образом, качество и экологическая безопасность пищевых продуктов, ресурсосбережение и энерго-эффективность определяются постоянством научно-обоснованных технологических параметров на всех этапах холодильной цепи, что требует внедрения в отрасль современного оборудования и прогрессивных технологий, развития научно-исследовательской и инновационной деятельности, реконструкции и технического перевооружения научных лабораторий и предприятий, подготовки высококвалифицированных специалистов.

## Список литературы

1. Белозеров Г.А. Холодильные технологии и технические средства непрерывной холодильной цепи. //Холодильная техника.-2008, №4.-С.6-10.
2. Быстрозамороженные пищевые продукты растительного и животного происхождения./ Выгодин В.А., Кладий А.Г., Колодязная В.С.М.,1995, С.77
3. Вторичные сырьевые ресурсы пищевой и перерабатывающей промышленности АПК России и охрана окружающей среды. Справочник. Под общей редакцией академика РАСХН Е.И.Сизенко.-М.:Пищепромиздат, 1999.-468 с.
4. Колодязная В.С., Румянцева О.Н. Проблемы и пути развития холодильной технологии пищевых продуктов. //Известия СПбГУНиПТ.-2008№1.-14-19.