

УДК 621.56/.59/664.8

UDK 621.56/.59/664.8/664.9

**ОСОБЕННОСТИ
КРИОКОНСЕРВИРОВАНИЯ И
КРИОСЕПАРАЦИИ ПИЩЕВОГО СЫРЬЯ**

**FEATURES OF KRIOCONSERVATION AND
KRIOSEPARATION OF RAW FOOD
MATERIAL**

Сязин Иван Евгеньевич
аспирант
Кубанский государственный технологический университет, Краснодар, Россия

Syazin Ivan Evgenevich
postgraduate student
Kuban State Technological University, Krasnodar, Russia

В статье рассмотрены криотехнологии на примере криоконсервирования и криосепарации растительного сырья

In this article, kriotechnologies on examples of krioconservation and krio-separation of agricultural raw products were reviewed

Ключевые слова: РАСТИТЕЛЬНОЕ СЫРЬЕ, ЖИВОТНОЕ СЫРЬЕ, КРИОКОНСЕРВИРОВАНИЕ, КРИОСЕПАРАЦИЯ, ЗАМОРАЖИВАНИЕ, ТЕХНОЛОГИЯ

Keywords: VEGETATIVE RAW MATERIAL, ANIMAL RAW MATERIAL, KRIOCONSERVATION, KRIOSEPARATION, FREEZING, TECHNOLOGY

В последние годы вследствие мирового финансового экономическо-го кризиса и экономических реформ произошло ухудшение состояния отечественного производства и, как следствие, снижение конкурентно-способности российских предприятий по сравнению с зарубежными. Несбалансированное соотношение импорта и экспорта продовольствия в стране грозит отсутствием экономической, политической безопасности и социальными волнениями. В этом плане большую роль играет пищевая промышленность, в частности – консервирование. Благодаря консервиро-ванию, возможно сохранять пищевые продукты в несезонное время. Мно-гие виды продуктов невозможно хранить в течение долгого времени без соблюдения специфических условий хранения. Из существующих спосо-бов консервирования самым эффективным является консервирование про-дуктов холодом [11].

Большой вклад в развитие процессов криогенной технологии пище-вой промышленности за последние годы внесли известные ученые: Б.С. Бабакин, С.А. Большаков, В.Е. Куцакова, И.А. Рогов, Ю.А. Фатыхов, И.Г. Чумак, В.М. Шляховецкий, В.Н. Эрлихман и др.

Новые технологии криообработки пищевых продуктов дали возмож-

ность исключить другие технологические процессы, например, мойку и разделку традиционными способами, что позволило сократить трудовые, материальные и энергозатраты, а также повысить общий санитарный уровень производства за счет существенного уменьшения микробиологичности продукта.

Технологии криообработки пищевых продуктов отвечают самым высоким требованиям экологической чистоты, обладают бактерицидным эффектом, а сам технологический процесс является безинерционным и легко регулируемым благодаря тому, что измельченные частицы компонентов продукта находятся на этапе обработки в дисперсном сыпучем состоянии при отсутствии их агрегации. Также важно, что технологические процессы криообработки не требуют природных ресурсов (воды для технологических нужд) и материальных затрат на создание систем очистки канализации.

Вода – основной компонент сырья и готовых пищевых продуктов. Содержание воды колеблется в широких пределах: в растительных продуктах – от 80% для груш до 95% для помидоров и огурцов; в животных продуктах – от 50 % для жирной свинины до 78% для говядины [2]. Наличие в пищевых продуктах большого количества влаги влияет на теплофизические процессы при холодильной обработке и хранении продуктов, что обусловлено особенностями ее распределения и связи с другими компонентами продукта, большой ее теплоемкостью и теплотой фазового перехода при кристаллизации и испарении.

Превращение воды в лед при замораживании сопровождается миграцией влаги и изменениями теплофизических и механических свойств продуктов. Испарение влаги с поверхности продуктов при холодильной обработке и хранении приводит к потере массы и ухудшению качества продукта. Изменение фазового состояния воды – главный фактор, обуславливающий торможение нежелательных диффузионных, химических, биохимиче-

ских и микробиологических процессов в пищевых продуктах при их замораживании. Поэтому значительное влияние влаги на ход теплофизических процессов при холодильной обработке и хранении приводит к необходимости рассмотрения поведения воды в пищевых продуктах при холодильном консервировании.

Отсюда можно сделать краткий вывод: чем меньше воды в сырье, тем меньше питательной среды для микроорганизмов, тем дольше срок хранения и выше качество продукта.

Способы замораживания пищевых продуктов делятся на [9]:

– метод погружения. Замораживание методом погружения заключается в непосредственном контакте продукта с низкотемпературной жидкостью. Теплоперенос от продукта к охлаждающей среде происходит быстро. Распространение этот метод не получил, так как при погружении, при прямом контакте продукта с жидкостью происходит разбавление раствора вследствие разности осмотического давления;

– замораживание в интенсивном потоке воздуха. Этот метод широко применяется в производстве при замораживании мяса, рыбы, плодов, овощей и многих других продуктов. Быстрая циркуляция воздуха служит теплопереносающей средой. Установки такого принципа замораживания изготавливаются в них туннеля или камер. Таким методом можно замораживать любой вид сырья различной формы, размера и в разной установке;

– контактное замораживание между плитами. Замораживаемый продукт укладывают на металлические рамы и поддоны, которые потом помещают между плитами. При помощи гидравлического устройства плиты перемещаются и за счет этого, продукт зажимается между ними. Температура замораживания $-35 - (-45) ^\circ\text{C}$, продолжительность составляет от 2 до 3 часов, в зависимости от размеров замораживаемого продукта;

– замораживание в псевдожизненном состоянии, в потоке холодного газа из воздуха. Этот метод осуществляется через слой продукта, когда

холодный воздух используется как среда, и он поддерживает, перемещает и замор-продукт. Охлажденный воздух пропускают через слой материала в достаточном объеме, чтобы обеспечить требуемый теплоперенос;

– криогенный метод:

а) замораживание в жидком азоте нашло применение недавно, где азот используется в качестве хладагента. В жидком состоянии он бесцветен, нетоксичен, поэтому при замораживании продуктов может использоваться при непосредственном контакте с пищевым продуктом. Основным преимуществом является то, что он имеет чрезвычайно низкую температуру кипения (температура кипения $-195,8$ °С) в контакте пищевого продукта и хладагентом не происходит никаких реакций, сроки хранения значительно увеличиваются из-за образования нейтральной атмосферы азота, не содержащей бактерий. Жидкий азот представляет собой легко транспортируемый источник холода, что обеспечивает использование жидкого азота как дополнительного источника холода при сезонном консервировании легко портящихся пищевых продуктов;

б) замораживание в гранулированной диоксида углерода. Наиболее перспективным методом быстрого замораживания пищевых продуктов является замораживание твердой фазой диоксида углерода (CO_2), при обработке таким методом образуется снеговая шуба. Сухой снег как хладоноситель стерилен, не имеет запаха и вкуса, подавляет развитие микроорганизмов, не допускает контакта кислорода воздуха с продуктами. Использование гранулированного диоксида углерода перспективно, так как его можно применять как для упакованных пищевых продуктов, так и для плодов, нарезанных овощей, при этом температура замораживания в интервале от -18 до -79 °С в зависимости от продукта. При поглощении CO_2 поверхностью продукта образуется угольная кислота H_2CO_3 , которая при размораживании и дальнейшей тепловой обработке улетучивается, но качества продукта не ухудшается. Скорость замораживания зависит от физи-

ко-химических характеристик овощей и упаковки, от массового коэффициента, способа контакта с гранулами и принятой технологической температуры замораживания.

Наиболее прогрессивным считается криогенное замораживание (криоконсервирование), которое от обычного замораживания отличается следующим [5, 7]:

- процесс криоконсервирования происходит при более низкой температуре замораживающей среды, обычное замораживание осуществляется при температуре, как правило, не ниже $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$;

- использование в качестве замораживающей среды диоксида углерода, азота или других хладагентов, в то время как обычное замораживание осуществляют благодаря простому конвективному или кондуктивному теплообмену с воздухом или рассолом;

- более интенсивный процесс заморозки продукта с целью образования мелких кристаллов в межтканевом пространстве продукта. Процесс замораживания сопровождается образованием кристаллов льда в толще продукта. Для сохранения качества продукта необходимо обеспечить режим заморозки с образованием мелких кристаллов льда. Чем выше скорость замораживания и чем ниже его температура, тем меньше кристаллы, соответственно, тем меньше повреждений тканей, что соответствует высокому качеству продукта.

При образовании мелких кристаллов в процессе криоконсервирования в межтканевом пространстве продукта не повреждается его ткань. Благодаря этому отмечается более высокое качество продукта, замороженного криогенным путем по сравнению с продуктом, замороженного обычным способом, выражающееся в его лучших органолептических, физико-химических, биологических и других показателях.

В процессе криоконсервирования используются скороморозильные аппараты, предназначенные для быстрой заморозки продуктов. Каждый из

перечисленных ниже видов скороморозильной техники предназначается для криоконсервирования применительно к конкретному виду пищевого сырья.

Для изготовления (заморозки) быстрозамороженных продуктов, полуфабрикатов и готовых блюд применяются следующие типы оборудования [3]:

– флюидизационные скороморозильные аппараты, предназначенные, в основном, для замораживания мелкоштучного либо измельченного плодовоовощного сырья - плодов (слива, персик, абрикос), ягод (клубника, смородина, клюква, черника), овощных рагу и суповых смесей (свекла, морковь, кабачки, сладкий перец, капуста), картофеля фри. Возможно замораживание грибов (целиком или кусочками), а также мелкой рыбы и креветок. Этот класс аппаратов обеспечивает самую высокую (среди воздушных) скорость замораживания, минимальную усушку и сохраняет высокое качество продуктов. После замораживания продукт сохраняет исходную рассыпчатую структуру и прекрасно фасуется;

– конвейерные скороморозильные аппараты, подходящие для замораживания мясных, рыбных, молочных, мучных полуфабрикатов и готовых блюд - блинов, слоеного теста, выпечки, котлет, бифштексов, гамбургеров, сосисок, вареников и пельменей, равиоли и т.д. Толщина замораживаемых изделий может составлять до 25 мм, а длина и ширина до 100 Ч 100 мм. Эти аппараты позволяют замораживать до 80% ассортимента продуктов, традиционно замораживаемых на импортных спиральных скороморозильных аппаратах. Возможно также замораживание продуктов растительной группы – грибов, клубники, персиков, абрикосов;

– люлечные скороморозильные аппараты. Данные аппараты предназначены для замораживания фасованных полуфабрикатов из птицы, мяса и рыбы – биточков, котлет, бифштексов, гамбургеров, сосисок (в том числе в вакуумной упаковке), кондитерских изделий, а также различных гарниров

и готовых вторых блюд. Толщина замораживаемых изделий может составлять до 80 мм, а длина и ширина до 200 Ч 150 мм. Масса одного изделия (порции) может достигать 1 кг, а время замораживания до 2,5 часов.

– спиральные скороморозильные аппараты, используемые для замораживания порционных блюд из мяса, рыбы, плодов, овощей, а также полуфабрикатов в панировке.

Из всех источников, можно выделить несколько, в которых рассматривались не только конкретные скороморозильные аппараты, но и технологические линии потока продукта по криогенной установке.

Большинство из существующих монографий, диссертаций по криогенным технологиям пищевой промышленности описывают способы криоконсервирования мясного и рыбного сырья. Не так давно после освоения криотехнологии применительно к животному сырью, ученые начали проводить исследования в области криоконсервирования растительного сырья.

Криоконсервирование растительного сырья можно разбить на две области: сырье, хорошо поддающееся криоконсервированию, состояние которого после размораживания не ухудшается и термолабильное сырье, в результате низкой температурной обработки которого после дефростации происходит разрушение и ухудшение состояния качества такого сырья. В таком случае необходимо применять криопротекторы, защищающие замороженный продукт от расслаивания после дефростации. Термолабильным сырьем преимущественно являются плодоовощная продукция.

Одним из наиболее эффективных методов криообработки сырья биологического происхождения является метод криосепарации (вспомогательных технологический процесс) [10]. Криосепарация (или криоразделение) является относительно новым направлением теории и практики холодильных технологий пищевых продуктов.

Существует два направления криоразделения: многостадийное из-

мельчение, включая использование процессов высокого давления и использование криоизмельчения и криоразделения компонентов по аналогии с комплексом технологических схем обогащения рудных материалов. В многочисленных научных работах, выполненных в МГУПБ показано, что второй путь является наиболее перспективным. Полагается, что повышение температур криоизмельчения от криогенных, которые рассматривались в предыдущих работах, до близкриоскопических резко повышает конкурентоспособность способа криоизмельчения по сравнению со всеми известными способами [8].

В последнее время внимание специалистов привлекло криоразделение сырья биологического происхождения в электрическом поле.

Существуют следующие способы криоэлектросепарации: диэлектрическое разделение в электрическом поле, трибоэлектростатическое разделение, разделение в поле коронного разряда, трибоадгезионное разделение, флюидизационно-электростатическое разделение, пироэлектрическое разделение [4]. Влияние на разделение сырья в электростатическом поле оказывают следующие факторы: электрофизические свойства компонентов сырья, характеристика окружающей среды, величина приобретаемых зарядов, размеры, форма и плотность частиц, напряженность поля.

В трудах Бабакина Б.С., Илюхина В.В., Каухчешвили Э.А., Рогова И.А. и др. разработаны теоретические и практические основы новых для пищевой промышленности процессов – криоизмельчения и криоразделения сырья животного происхождения. Предложенные учеными электрофизические и механические методы криоразделения мясного сырья рассматривались первоначально как методы, призванные улучшить однородность и сохранить качество получаемого криообработкой мороженого фарша. В настоящее время они приобрели самостоятельное значение как новые эффективные методы безотходной технологии криообработки не только мясного сырья, но и сырья биологического происхождения. Известны иссле-

дования по криоизмельчению и покомпонентному разделению луковых овощей, кедровых орехов, отделению неферромагнитных примесей при дроблении желатина и др.

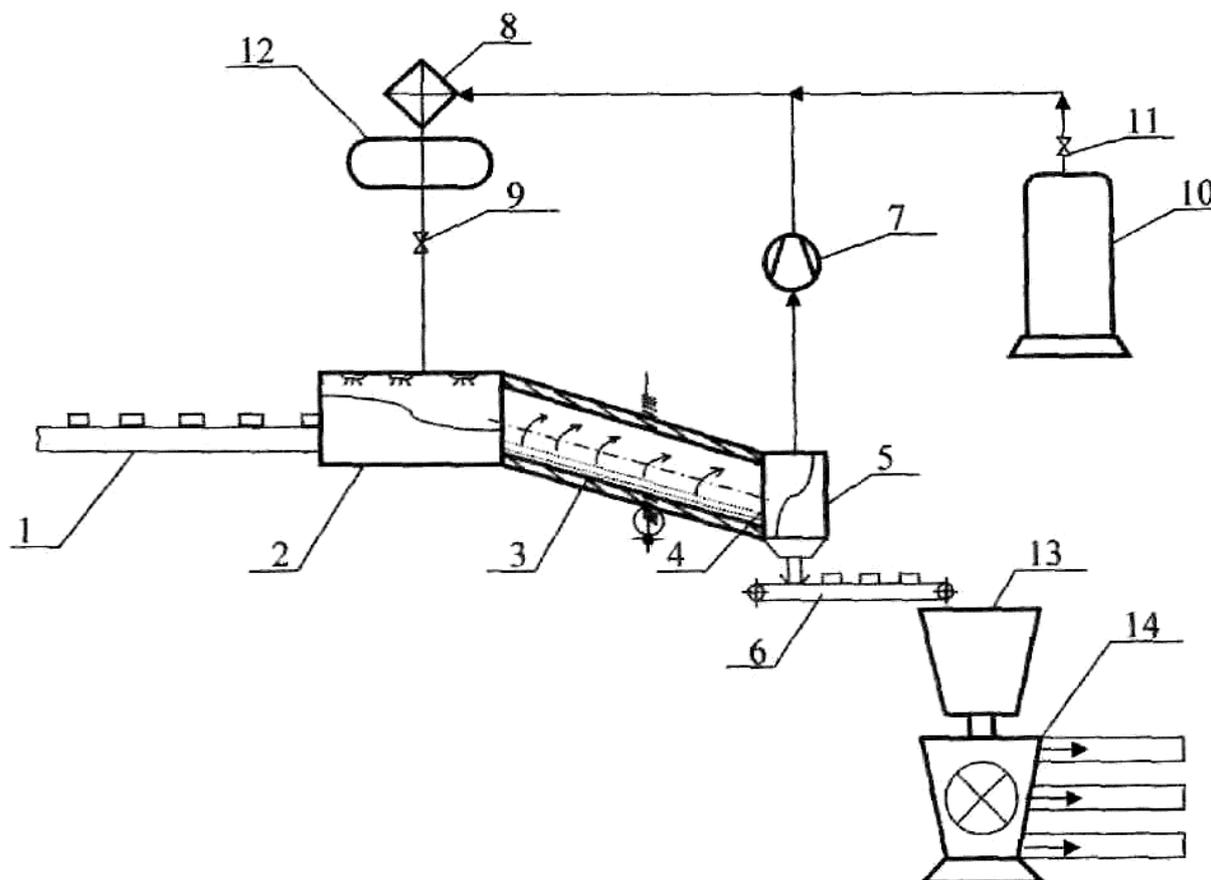
Распространение методов криообработки в других пищевых отраслях позволило разработать ряд новых производных процессов холодильной технологии: криоконцентрирование, криогранулирование, методы CO₂-обработки растительного сырья, криосепарирование и др.

Криосепарация в большинстве работ рассматривалась применительно к мясному и рыбному сырью. Разработок в плане совмещения этих двух процессов – криоконсервирования и криосепарации мало. Об этом свидетельствует не только анализ соответствующей литературы, но и рынок мороженых растительных продуктов с предварительной криосепарацией.

По данному направлению был проведен поиск патентно-информационной литературы, в результате которого можно сделать вывод, что плоды и овощи как объект криообработки не до конца изучены. В частности, можно предположить, что термолабильные экзотические фрукты и овощи, выращенные в России и те, которые поставляют в Россию из-за рубежа, пока еще не являлись объектами исследования криотехнологии, в частности, криоконсервирования и криосепарации.

Автором, совместно с Зав. кафедрой ТМиРП, профессором КубГТУ Г.И. Касьяновым и ст. преподавателем кафедры ХиКМиУ КубГТУ М.И. Лугининым, исследована возможность производства замороженных полуфабрикатов путем прямого контакта с жидким диоксидом углерода и с применением криосепарации. В результате предварительно проведенного поиска была найдена соответствующая технологическая линия [1]. В данной технологической линии для замораживания используется метод прямого контакта с гранулированным диоксидом углерода. Выделяющийся из гранул углекислый газ замедляет биохимические процессы и предупреждает окисление ценных компонентов полуфабриката [6]. На основе этой

технологической линии, нами в ходе исследования по усовершенствованию технологической линии производства замороженных полуфабрикатов, дополнительно предложено: включить в схему линейный ресивер 12 (см. рис.) и применить криосепарацию путем установки криомельницы 13 (см. рис.) и криосепаратора с тремя фракционными тоннелями 14 (см. рис.).



1,6 - транспортер, 2 - камера для обработки сырья жидким CO_2 ,
 3 - морозильная камера, 4 - шлюз, 5 - бункер, 7 - компрессор,
 8 - конденсатор, 10 - баллон с CO_2 , 9,11 - вентиль, 12 - линейный ресивер,
 13 - криомельница, 14 - криосепаратор с тремя фракционными тоннелями

Рисунок – Технологическая линия производства замороженных полуфабрикатов с применением криосепарации

Перед криосепарацией сырье предварительно измельчают. В данной технологической линии в качестве измельчителя применена криомельница.

После измельчения в криомельнице, продукт попадает в криосепаратор, который осуществляет разделение готового замороженного измельченного продукта на фракции по характеру его дисперсности путем изменения скорости движения воздуха по мере прохождения измельченного продукта от верхней части криосепаратора к нижней через три вертикально расположенных вентилятора во фракционные тоннели.

Данная, усовершенствованная авторами технологическая линия производства замороженных полуфабрикатов, проходит соответствующие дополнения и преобразования для подачи заявки на полезную модель.

В целом, после всего вышеизложенного, можно сделать вывод, что процессы криоконсервирования и криосепарации растительного сырья имеют ряд особенностей. В этом направлении нужны дальнейшие исследования, которые позволят усовершенствовать технологию производства замороженных продуктов с применением криосепарации на примере термолабильного растительного сырья. Таким образом, выявлена целесообразность проведения исследований в области криоконсервирования и криосепарации на примере термолабильных фруктов и овощей.

Литература

1. Патент №100363 RU, МПК А 23 В 4/06. Технологическая линия производства замороженных полуфабрикатов / Г.И. Касьянов, Т.В. Ковтун, Н.А. Одинец, О.В. Борисенко, М.Г. Ревенко. Заявка №2010113102/13. Заявл. 05.04.2010. Опубл. 20.12.2010. Бюл. №46.
2. Рогов И.А. Консервирование пищевых продуктов холодом / И.А. Рогов, В.Е. Куцакова, В.И. Филиппов, С.В. Фролов. – М.: 2002. – 184 с.
3. Рогов И.А., Бабакин Б.С., Фатыхов Ю.А Перспективные способы криообработки сырья биологического происхождения: интернет-выпуск, 2005. №10.
http://www.holodilshchik.ru/index_holodilshchik_issue_10_2005_Refrigeration_technologies.htm.
4. Рогов И.А., Бабакин Б.С., Выгодин В.А. Основные методы криоэлектросепарации: интернет-выпуск, 2005. №5.
http://www.holodilshchik.ru/index_holodilshchik_best_article_issue_12_2005.htm.
5. Сязин И.Е., Касьянов Г.И. Особенности технологии криоконсервирования сельскохозяйственного сырья // Теоретическое и экспериментальное обоснование суб- и сверхкритической CO₂-обработки сельскохозяйственного сырья: Матери-

- алы международной научно-практической интернет-конференции, 15–16 октября 2010 г. Краснодар: Изд. КубГТУ, 2010. – С. 85–87.
6. Сязин И.Е. Совершенствование технологии криоконсервирования и криосепарации растительного сырья // Теоретическое и экспериментальное обоснование суб- и сверхкритической CO₂-обработки сельскохозяйственного сырья: Материалы международной научно-практической интернет-конференции, 15–16 октября 2010 г. Краснодар: Изд. КубГТУ, 2010. – С. 140–142.
 7. Сязин И.Е., Троянова Т.Л. Криоконсервирование сырья сжиженными газами // Теоретическое и экспериментальное обоснование суб- и сверхкритической CO₂-обработки сельскохозяйственного сырья: Материалы международной научно-практической интернет-конференции, 15–16 октября 2010 г. Краснодар: Изд. КубГТУ, 2010. – С. 59–63.
 8. Тамбовцев А.И. Разработка процесса измельчения осевым режущим инструментом костного сырья при температурах, близких к криоскопической: Дисс. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. М., 2003. – 146 с.
 9. Тимченко Н.Н. Технология криоконсервирования сельскохозяйственного сырья: Монография / Н.Н. Тимченко, Г.И. Касьянов. – Краснодар: КНИИХП, КубГТУ, 2004. – 125 с.
 10. Фатыхов Ю.А. Криоразделение сырья биологического происхождения: Монография / Ю.А. Фатыхов, Б.С. Бабакин. – Калининград: КГТУ, 2003. – 266 с.
 11. Эрлихман В.Н. Консервирование и переработка пищевых продуктов при отрицательных температурах: Монография / В.Н. Эрлихман, Ю.А. Фатыхов. – Калининград: КГТУ, 2004. – 248 с.