

УДК 621.56:001.895

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ЗАМОРАЖИВАНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Челомбитько М.А., к.с.-х.н., доцент, Киреенко Н.Н., к.э.н., доцент, Гончар А.С., студент

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск*

**Ключевые слова:** замораживание, способы заморозки, холодильное оборудование

**Key words:** freezing, ways of freezing, refrigeration equipment

**Аннотация:** Замороженные продукты являются одним из крупнейших секторов пищевой промышленности, и их стоимость возрастает во всем мире. В статье обсуждаются различные инновационные технологии заморозки пищевых продуктов. Многие из обсуждаемых технологий все еще находятся в разработке.

**Summary:** Frozen food is one of the largest sectors of the food industry and its value is increasing throughout the world. In the article we discussed different innovative freezing technologies for foods. Many of the technologies discussed are still in development.

Замораживание пищи замедляет ее разложение, превращая остаточную влагу в лед, что препятствует росту большинства видов бактерий; продукты хранятся в течение длительного времени без применения каких-либо консервантов и технологических приемов, направленных против любого роста микроорганизмов и приводящих к порче продуктов питания. Факторы, которые движут рынком замороженных продуктов питания по всему миру, – это увеличение располагаемого дохода в сочетании с изменением стиля жизни и питания, растущее число работающих женщин, рост онлайн-покупок основных продуктов питания в развитых странах, доступность холодильного оборудования для коммерческого и промышленного использования; быстрый рост крупных розничных сетей, таких как гипермаркеты и супермаркеты. Существует два основных типа системы замораживания: механический (использует циркулирующий хладагент для снижения температуры воздуха или жидкости, передаваемой через пищу) и криогенный или флеш-замораживание (использует прямое применение жидкого азота или двуокиси углерода на пищу). Криогенное замораживание – это самая быстрая технология замораживания благодаря сверхнизкой температуре жидкого азота  $-196^{\circ}\text{C}$  ( $-320^{\circ}\text{F}$ ).

Impingementfreezing(*замораживание*). Эта технология заключается в том, чтобы направлять высокоскоростные воздушные струи на поверхность пищи для разрушения изолирующего пограничного слоя, окружающего продукт. Эта операция помогает значительно сократить время обработки, обеспечивая время замораживания, подобное тем, которое обеспечивается криогенным оборудованием [1].

Hydro-fluidisation freezing (HF)(*гидроокисление*). В режиме замораживания HF используется циркуляционная система, которая подает охлаждающую жидкость вверх, через отверстия или форсунки, в холодильный сосуд, создавая тем самым перемешивающие струи. Они образуют псевдооживленный слой сильно турбулентных жидких и движущихся продуктов и, таким образом, обеспечивают чрезвычайно высокие коэффициенты теплопередачи поверхности, которые вызывают быстрое замораживание [2].

Highpressureassistedfreezing(*замораживание под высоким давлением*). В последние годы вызывает значительный научный интерес замораживание под высоким давлением (при давлениях от 200 до 400 МПа). Когда вода замораживается при атмосферном давлении, ее объем увеличивается, что вызывает повреждение тканей в продуктах питания. Однако теоретически замораживание под высоким давлением приводит к образованию различного льда, который имеет большую плотность, чем вода, не расширяется по объему во время образования и существует в «стекловидном» некристаллическом состоянии, что может уменьшить повреждение ткани. [3].

Ultrasonicassistedfreezing(*ультразвуковое облегчение процесса замораживания*). В исследованиях использовали ультразвуковую волну с низкой частотой (18-20 кГц до 100 кГц) и высокой интенсивности (обычно более 1 Вт / см<sup>2</sup>). Теоретически ультразвук создает кавитационные пузырьки по всему продукту, что способствует более равномерному зарождению льда. Он также может ускорить теплопередачу в охлаждающей среде, тем самым ускоряя процесс замораживания [4].

Magnetic resonance assisted freezing (*магнитно-резонансная томография*). Для замораживания пищевых продуктов используются электромагнитные поля и механические вибрации, ограничивающие образования кристаллов льда, тем самым предотвращая разрушение текстуры пищи и сохраняя ее свежесть [5].

Electrostaticassistedfreezing(*электростатическое замораживание*)

В настоящее время электростатическое замораживание изучено только в лабораторных условиях. Принцип заключается в том, что применение электрического поля к пище будет ориентировать полярные молекулы воды, таким образом контролируя сверхохлаждение и кристаллизацию льда. Эта технология пока не прошла оценку в пищевой промышленности.

Microwaveassistedfreezing(*микроволновое замораживание*). Предлагаемый принцип замораживания с помощью микроволновой печи заклю-

чается в использовании вращения диполя воды, вызванного микроволнами, для разрушения зародков и образования льда при замораживании.

*Radio-frequency assisted freezing (замораживание с использованием радиочастот)*. Принцип микроволнового и радиочастотного замораживания аналогичен предлагаемому замораживанию с помощью СВЧ-ускорителя, т. е. использование дипольного вращения воды, вызванное микроволнами, для разрушения зародков и образования льда при замораживании. Он также может снижать температуру замерзания, тем самым создавая больше центров кристаллообразования [6].

*Dehydrofreezing (дегидрозамораживание)*. Дегидрозамораживание является дополнением к замораживанию, в котором пища сначала дегидратируется до желаемой влаги, а затем замораживается. Уменьшение содержания воды до замораживания снижает время замерзания, начальную точку замерзания и количество льда, образовавшегося в продукте. Уменьшение нагрузки на воду также уменьшит количество энергии, необходимое для замораживания за счет снижения тепловой нагрузки. Большинство исследований удаляли воду из фруктов и овощей до замораживания путем осмотической дегидратации в сахаре (для фруктов) или растворах хлорида натрия (для овощей) или использовали сушку на воздухе.

*Antifreeze proteins (антифризные белки)*. Антифризные белки были идентифицированы у рыб, обитающих в полярных и северных прибрежных водах; многих беспозвоночных; грибов; бактерий и растений. Функция этих белков заключается в их способности снижать точку замерзания воды, прямо связываясь с поверхностью ледяных кристаллов и нарушая их нормальную структуру; препятствовать образованию льда, изменяя рост кристаллов льда и замедляя рекристаллизацию при холодильном хранении. Однако данная технология имеет одно «но» - некоторые из этих белков генетически модифицированы.

*Ice-nucleation proteins (бактериальные белки-зародыши льда)*. Бактериальные белки-зародыши льда представляют собой семейство белков, которые позволяют грамотрицательным бактериям способствовать зарождению льда при относительно высоких температурах (выше  $-5^{\circ}\text{C}$ ), что сокращает время замерзания и помогает зарождению льда по всему продукту. Теоретически это может привести к полезным изменениям текстуры замороженных продуктов. Однако такие белки являются бактериальными по происхождению, и одна из основных проблем - безопасность таких бактерий и то, как убедиться, что несъедобные микроорганизмы полностью уничтожены до начала потребления пищи. Выбор и дизайн холодильного оборудования зависят от многих параметров: тип продукта, размер, температуру и состояние подачи (любой предшествующий процесс, такой как приготовление пищи или маринование), внешний вид, производительность производственной линии (кг/ч), критическое время работы и ограничение рабочего пространства.

*Морозильники с псевдооживленным слоем.* Морозильники с псевдооживленным слоем используются для предотвращения слипания мелких продуктов (например, гороха и риса) и конвейерной ленты. Воздух циркулирует через конвейерную ленту с высокой скоростью, поднимает и перемешивает продукт, чтобы обеспечить его отделение. Большим преимуществом воздушных систем является их универсальность и гибкость, особенно когда требуется замораживание различных продуктов неправильной формы.

*Контактные морозильники.* Контактные морозильники чрезвычайно эффективны и часто быстрее в работе, чем воздушные системы. Они также могут быть более энергоэффективными и хорошо подходят для мягких, деликатных, жидких или полужидких продуктов.

*Пластинчатые морозильники.* Пластинчатые морозильники представляют собой морозильники, в которых хладагент проходит через полые металлические горизонтальные или вертикальные пластины, которые сжимаются с каждой стороны замороженного продукта. Плиты-морозильники лучше всего подходят для продуктов с ограниченными размерами, максимальная толщина которых составляет от 50 до 70 мм. Воздушные пространства в упаковке и загрязнения пластин могут оказать значительное влияние на время охлаждения.

*Конвейерные морозильники.* Существующие ленточные морозильники обычно используют одноразовую пластиковую пленку, которая действует как конвейерная лента, проходящая через морозильный туннель через рефрижераторные плиты. Эти плиты быстро и эффективно замораживают контактную поверхность продукта, в то время как туннельная среда охлаждается для снижения всей температуры продукта.

*Погружные/распылительные морозильники.* В погружных морозильниках используются резервуары нетоксичной соли, сахара или спиртового раствора в воде или криоген (жидкий азот). Продукт погружается, либо завернутый, либо разворачиваемый, в раствор, проходящий через резервуар. В качестве альтернативы охлаждающую среду можно распылять на продукт.

*Спрей / капельницы.* При замораживании распылением / капелькой жидкость вводят в виде аэрозоля или капелек в холодную газообразную или жидкую среду (обычно жидкий азот), где впоследствии они затвердевают в отдельные замороженные капли. Такие морозильники могут производить новые продукты, которые было бы трудно изготовить любым другим способом [6].

Имеется ряд ключевых факторов, ведущих к улучшению и развитию существующих систем охлаждения: экономическая эффективность, гигиена, техническое обслуживание, экономия места и энергоэффективность. Теперь распространено использование сенсорных компьютерных интерфейсов, которые позволяют пользователю контролировать работу и максимизировать производительность.

### Список использованной литературы

1. Anese, M., Manzocco, L., Panozzo, A., Beraldo, P., Foschia, M. & Nicoli, M. C. (2012) Effect of radiofrequency assisted freezing on meat microstructure and quality. *Food Research International*. 46:1, 50–54.
2. Jackson, T. H., Ungan, A., Critser, J. K. & Gao, D. Y. (1997) Novel microwave technology for cryopreservation of biomaterials by suppression of apparent ice formation. *Cryobiology*. 34:4, 363–372.
3. Le Bail, A., Chevaliera, D., Mussaa, D. M. & Ghoul, M. (2002) High pressure freezing and thawing of foods: a review. *International Journal of Refrigeration*. 25:5, 504–513.
4. Le Bail, A., Orłowska, M. & Havet, M. (2012) Electrostatic field-assisted food freezing. Chpt 30, pp685-691. In: *Handbook of Frozen Food Processing and Packaging*, 2nd Ed, edited by Sun, D.W. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL.
5. Li, J. & Lee, T.C. (1995) Bacterial ice nucleation and its potential application in the food industry. *Trends in Food Science & Technology*. 6, 259-265.
6. Woo, M. W. & Mujumdar, A. S. (2010) Effects of electric and magnetic field on freezing and possible relevance in freeze drying. *Drying Technology*. 28:4, 433-443.

УДК 330.322:338.436.33

### К ВОПРОСУ ОБ ИНВЕСТИЦИЯХ В СОЦИАЛЬНУЮ ИНФРАСТРУКТУРУ СЕЛА И ФОРМАХ ПРОЯВЛЕНИЯ ИХ ЭФФЕКТИВНОСТИ

**Чирич А.В., к.э.н.**

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск*

**Ключевые слова:** инвестиции, социальная инфраструктура, село, эффективность

**Key words:** investment, social infrastructure, village, efficiency

**Аннотация:** В статье рассмотрена сущность понятия «инвестиции в социальную инфраструктуру села». Выявлены интересы различных участников инвестиционного процесса развития социальной инфраструктуры села. Предложено по форме проявления эффективности инвестиций в социальную инфраструктуру села различать прямую и косвенную эффективность с обоснованием соответствующих показателей по ним.