

## ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЗАМОРАЖИВАНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

**Челомбитько М.А., к.с.-х.н., доцент, Прибыток Ю. Н.**

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

**Ключевые слова:** пищевые продукты, замораживание, качество, инновации, пищевые технологии

**Key words:** food products, freezing, quality, innovation, food technology

**Аннотация:** в статье рассматриваются инновационные процессы замораживания с целью улучшения качества продукции.

**Summary:** the present article addresses innovative freezing processes aiming to improve the quality of products.

Существует два основных типа системы замораживания: механический (использует циркулирующий хладагент для снижения температуры воздуха или жидкости, передаваемой через пищу) и криогенный (использует прямое применение жидкого азота или двуокиси углерода на пищу). Обе системы могут заморозить пищу, используя различные конструкции морозильной камеры, включая туннель, спираль, псевдооживленный слой, удар, спрей, погружение и т.д. Существует общее мнение, что быстрое замораживание и образование небольших кристаллов льда дают некоторые качественные преимущества. В настоящее время изучаются и разрабатываются во всем мире многие инновационные процессы замораживания с целью определения оптимального времени замораживания и улучшения качества продукции.

На практике производитель продуктов питания должен тщательно балансировать капитальные затраты, эксплуатационные расходы, пропускную способность и качество продукции при принятии решения о том, какие системы устанавливать. Время и скорость замораживания являются наиболее важными параметрами при проектировании систем замораживания.

В последние годы несколько производителей разработали механические замораживающие туннели, включающие технологию удара. Эта технология заключается в том, чтобы направлять высокоскоростные воздушные струи на поверхность пищи, чтобы разрушить изолирующий граничный слой, который окружает продукт. Эта операция помогает значительно сократить время обработки, обеспечивая время замораживания, подобное тем, которое обеспечивается криогенным оборудованием. Кроме того, эксплуатационные расходы аналогичны эксплуатационным рас-

ходам традиционного механического оборудования. Этот метод замораживания наиболее подходит для плоских изделий, таких как гамбургеры.

Гидроокисление (HF) представляет собой, по существу, форму погружения. Это можно считать аналогичным замораживанию жидкости. 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 [1].

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. При давлении 200 МПа точка замерзания снижается до  $-22^{\circ}\text{C}$ , обеспечивая глубину остекловывания около 200 мкм, так что объекты с толщиной до 0,4-0,6 миллиметра могут быть хорошо заморожены. При замораживании при понижении давления пища охлаждается под высоким давлением до нулевых температур, но не претерпевает изменения фазы и замораживается до тех пор, пока давление не прекратится. Быстрое замораживание приводит к образованию небольших кристаллов льда, происходит мгновенно и однородно по всей пище. Одним из препятствий развития данной технологии являются высокие капитальные затраты на оборудование [2].

В исследованиях использовали ультразвуковую волну с низкой частотой (18–20 кГц до 100 кГц) и высокой интенсивности (обычно более  $1 \text{ Вт} / \text{см}^2$ ). 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 [3].

Для замораживания пищевых продуктов используются электромагнитные поля и механические вибрации, ограничивающие образования кристаллов льда, тем самым предотвращая разрушение текстуры пищи и сохраняя ее свежесть [4].

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 [5].

Предлагаемый принцип замораживания с помощью микроволновой печи заключается в использовании вращения диполя воды, вызванного микроволнами, для разрушения зарождения и образования льда при замораживании [6].

Принцип микроволнового и радиочастотного замораживания аналогичен предлагаемому замораживанию с помощью СВЧ-ускорителя, т. е. использование дипольного вращения воды, вызванное микроволнами, для разрушения зарождения и образования льда при замораживании. Он также может снижать температуру замерзания, тем самым создавая больше центров кристаллообразования [7].

Дегидрозамораживание является дополнением к замораживанию, в котором пища сначала дегидратируется до желаемой влаги, а затем замораживается. Теория этого процесса заключается в том, что поскольку свежие фрукты и овощи содержат больше воды, чем мясо, и их клеточная структура менее эластична, 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. Способы осмотической дегидратации обычно предпочтительнее для сушки на воздухе. Такой способ может быть особенно подходящим для продуктов, предназначенных для использования в качестве ингредиентов в обработанных пищевых продуктах.

Ранний интерес к антифризным белкам был вызван наблюдением за выживанием рыб, обитающих в полярных и северных прибрежных водах, температура замерзания которых ниже точки замерзания рыбы. С тех пор антифризные белки были идентифицированы также у 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. Использование антифризных белков будет зависеть от стоимости, безопасности пищевых продуктов и от отношения к ним потребителя. Антифризные белки уже находят применение в пищевой промышленности, – это обезжиренное мороженое и замороженные йогурты. Однако данная технология имеет одно «но» – некоторые из этих белков генетически модифицированы [8].

Бактериальные белки-зародыши льда представляют собой семейство белков, которые позволяют грамотрицательным бактериям способствовать зарождению льда при относительно высоких температурах (выше -5 °C), что сокращает время замерзания и помогает зарождению льда по все-

му 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 [9].

Многие инновационные технологии, которые в настоящее время изучаются и разрабатываются, обещают улучшение качества замороженных продуктов. Некоторые из этих инновационных технологий находятся на стадии разработки, в то время как для других наибольшим препятствием являются высокие капитальные затраты. Также неясно, насколько хорошо сохраняются небольшие кристаллические структуры льда во время последующего хранения, так как кристаллы льда со временем будут агломерироваться, явление, известное как оствальдовское созревание. Некоторые из этих технологий потенциально могут обеспечить экономию энергии, прежде всего за счет сокращения времени замораживания. Другие могут предлагать качественные преимущества за счет большей энергии или стоимости. В таких случаях остается установить, насколько важно качество и стоимость для потребителя. Один из вопросов, который может сдерживать внедрение новых технологий в пищевой промышленности – это отношение к ним потребителей. В одном исследовании рассматривалось отношение потребителей к продуктам, замороженным под высоким давлением. Исследование показало, что у респондентов, как правило, было нейтральное отношение к этому процессу, и что цена является наиболее важным фактором, влияющим на их решения о покупке.

#### **Список использованной литературы**

1. Peralta, J.M., Rubiolo, A.C. & Zorrilla S.E. (2009) Design and construction of a hydrofluidization system, Study of the heat transfer on a stationary sphere. *Journal of Food Engineering*. 90, 358–364.
2. 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.
3. Zheng, L. & Sun, D.W. (2005) Ultrasonic assistance of food freezing. Chpt 23, pp 603–626. In: *Emerging Technologies for Food Processing*, edited by Sun, D.W. Elsevier Academic Press, London, UK.
4. 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.
5. Le Bail, A., Orłowska, M. & Havet, M. (2012) Electrostatic field-assisted food freezing. Chpt 30, pp 685–691. In: *Handbook of Frozen Food Processing and Packaging*, 2nd Ed, edited by Sun, D.W. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, Fl.

6. 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.

7. 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.

8. Wang, S. & Sun, D.W. (2012) Antifreeze proteins. Chpt 31, pp 693-708. In: *Handbook of Frozen Food Processing and Packaging*, 2nd Ed, edited by Sun, D.W. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, Fl.

9. 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.

**УДК 338.43:637.1**

### **ПОВЫШЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА МОЛОКА В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ МИНСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Шабуня О.Н., Гаджаров Н.М.**

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

**Ключевые слова:** Молочное скотоводство, удои, производство, товарная продукция, корма, экономическая эффективность

**Key words:** Dairy cattle, milk, production, marketable products, feed, economic efficiency

**Аннотация:** Рассмотрена динамика производства молока в Республике Беларусь в целом и в частности по Минской области. Приведены сравнительные данные среднего производства молока в расчете на одну корову. Предложены основные направления повышения экономической эффективности производства молока. Сформулированы рекомендации по улучшению структуры кормов. Достижение этих показателей предусматривается путем совершенствования структуры кормовых культур.

**Summary:** the dynamics of production of milk is Considered in Republic of Belarus on the whole and in particular on the Minsk area. Comparative data over of middle production of milk are brought calculating on one cow. Basic directions of increase of economic efficiency of production of milk offer. Set forth to recommendation on the improvement of structure of forage. The achievement of these indexes is envisaged by perfection of structure of green crops.