

**Буянова Ирина Владимировна, профессор, д.т.н.**  
ФГБОУ «Кемеровский государственный университет»  
(Россия, г.Кемерово)

## **ИСКУССТВЕННЫЙ ХОЛОД ДЛЯ ОЦЕНКИ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗАМОРОЖЕННЫХ СЫРОВ**

*Аннотация. Исследования посвящены решению народнохозяйственной задаче по снижению микробиологических рисков хранения скоропортящихся молочных продуктов, используя воздействие низких температур на микроорганизмы. Биотехнология холодильного хранения связана с сохранением качества сыров путем управления микробиологическими процессами. Проведены исследования по замораживанию мелкофасованных сыров, используя воздушный морозильный аппарат. Хладагент обеспечивал низкие температуры замораживания от минус 20 °С до минус 50 °С и высокие скорости процесса. Установили влияние различных скоростей замораживания на жизнеспособность микрофлоры. Опытные образцы подвергали замораживанию в интервале скоростей от  $5,5 \cdot 10^{-6}$  до  $10 \cdot 10^{-6}$  м/с. Определяли динамику отмирания общего количества микроорганизмов и молочнокислых бактерий по стадиям холодильного цикла. Разработаны микробиологические основы холодильной обработки сыров.*

*Ключевые слова: замораживание, гибель бактерий, скорость, сыр, морозильный аппарат.*

**Buyanova Irina Vladimirovna, professor, D.E.**  
Kemerovskiy State University (Russia, Kemerovo)

## **REFRIGERATION FOR EVALUATION OF THE FROZEN CHEESES MICROBIOLOGICAL STATE**

*Abstract. The investigation is devoted to the solving of economic problem aimed at reduction of microbiological risks during storage of perishable dairy products using low temperatures impact on microorganisms. The biotechnology of cold storage is connected with preservation of cheeses quality by the microbiological processes management. The investigation aimed at freezing of small packing cheeses using air freezing apparatus. The coolant provides for low freezing temperatures from -20 °C to -50 °C and high process rates. The effect of different freezing rates on microflora was fixed. The test samples were subjected to freezing in the rate intervals from  $5,5 \cdot 10^{-6}$  to  $10 \cdot 10^{-6}$  m/s. The dynamics of atrophy of the total amount of microorganisms and lactic acid bacteria by the refrigeration cycle stages was determined. The microbiological basis of the refrigerated processing of cheeses have been developed.*

*Key words: freezing, bacteria atrophy, rate, cheese, refrigerator.*

В современных условиях наиболее важными требованиями к молочным продуктам являются биологическая безопасность, хранимоспособность и сроки годности, хороший вкус и питательная ценность, соответствие стандартам по комплексу показателей качества: физико-химическим, микробиологическим, санитарно-гигиеническим. Все эти характеристики напрямую зависят от микробиологического состояния готового продукта.

Поскольку рынок молока и молочных продуктов в стране ежегодно увеличивается по объемам производства и продаж в среднем на 4-5 %, то актуальным становится вопрос о выпуске конкурентоспособной продукции с возможностью длительного хранения. Проводятся научные изыскания, исследования по совершенствованию техники и технологий прогнозирования качества, условий обработки и хранения продуктов питания [1-3].

Стремясь предвосхитить потребительский спрос, больше внимания уделяется качеству продукта, а основной проблемой остается ограниченный срок хранения молочных продуктов. Именно поэтому вопрос стабильности качества и срока годности готового продукта всегда актуален. Использование искусственного холода является важным звеном в цепи обеспечения населения качественными и микробиологически безопасными пищевыми продуктами. Кроме того, холодильная обработка решает проблему сезонных колебаний поступающего сырья и выпуска продукции за счет создания запасов.

Современные технологии хранения продуктов в замороженном виде активно используются отечественными производителями и зарубежными, обеспечивая выпуск продукции длительного хранения с наивысшей степенью сохранения естественных свойств и характеристик [1,4-6].

Концепции по решению увеличения сроков хранения отражены в основных направлениях государственной политики в области здорового питания. Рассматривая хранение в охлажденном виде, заключили о недостаточных сроках годности поскольку, сохранялись условия для развития патогенных микроорганизмов вызывающих порчу.

Все это указывает на актуальность обсуждаемой проблемы и ставилась цель для ее решения. Работа посвящена решению народнохозяйственной проблемы по снижению микробиологических рисков хранения скоропортящихся молочных продуктов, используя преимущества низких температур.

Изменяя условия пищевой системы можно оказывать регулирующее действие на качественный, количественный состав и активность бактериальных культур, тем самым ограничивая или предупреждая их рост. Особенно важно проводить инактивацию в отношении психрофильных и психротрофных микроорганизмов – основной микрофлоры холодильного хранения.

Психротрофные бактерии родов *Pseudomonas* и *Alcaligenes* активны и способны размножаться при pH = 4,4±0,2 и температуре хранения до минус 5 °C [2,3,7]. Бактерии рода *Pseudomonas*, обладающие протеолитической и липолитической активностью, являются одной из причин появления горького

вкуса и запаха, прогорклого жира в твороге, сырах. Снижение качества при холодильном хранении происходит также под действием липолитических и протеолитических ферментов плесневых грибов, в первую очередь *Geotrichum candidum*.

Количественные и качественные изменения состава микрофлоры в замороженных сырах, творожных продуктах позволят оценить сопротивление клеток замораживанию и степень выживаемости в течение низкотемпературного хранения и последующего размораживания и хранения. По-видимому, разная чувствительность микроорганизмов к низким температурам позволит правильно подойти к созданию оптимальных условий и срока годности.

Механизм действия холода на клеточном уровне сводится к тому, что мембрана становится жестче и толще (4,7 нм), а площадь одной молекулы уменьшается до 0,48 нм<sup>2</sup> (рисунок 1). Кроме того, она натягивается, и в ней могут образоваться поры диаметром от 1 до 3 нм [1,4-8]. После размораживания функционирование мембраны восстанавливается, но поры в ней могут сохраниться. Повреждение оболочки жировых шариков ведет к выделению свободного жира.

Результаты исследований в области холодильной технологии подтверждают, что быстрое замораживание с внутриклеточной кристаллизацией имеет то консервирующее воздействие, которое позволяет сохранить качество продукта длительное время. Усилия исследователей должны быть направлены, прежде всего, на выбор оптимальных режимов холодильной обработки пищевых продуктов. Решение этих задач будет способствовать практической реализации консервирования их методом замораживания в пищевой промышленности.

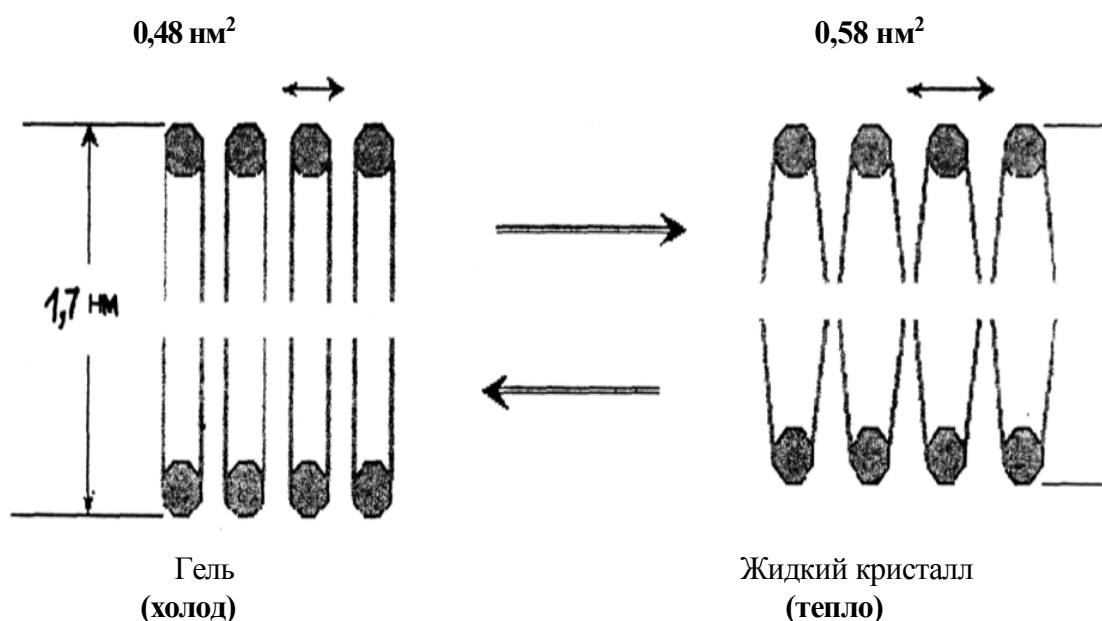


Рисунок 1 – Действие холода на клеточном уровне. Фазовый переход воды в мембране клетки

В своих исследованиях ставилась цель по установлению закономерностей изменения количественного содержания микроорганизмов, динамики отмирания микробной популяции сыров, творожных продуктов при различных режимах хранения с обоснованием рациональных режимов холодильной обработки, низкотемпературного хранения и сроков годности.

Для замораживания использовали воздушный способ с температурой хладагента от минус 20 °С до минус 50 °С с интервалом в 10 °С. Соответственно режимам холодного воздуха установлен диапазон скоростей процесса: интервал от  $5,8 \cdot 10^{-6}$  до  $10,0 \cdot 10^{-6}$  м/с и для криогенного способа  $64 \cdot 10^{-6}$  м/с. Установлен интервал контроля длительного хранения 540 дней через 150 суток при двух режимах хранения: минус 20 °С и минус 12 °С. Закономерности отмирания бактерий при различных скоростях замораживания сыров показаны на рисунке 2.

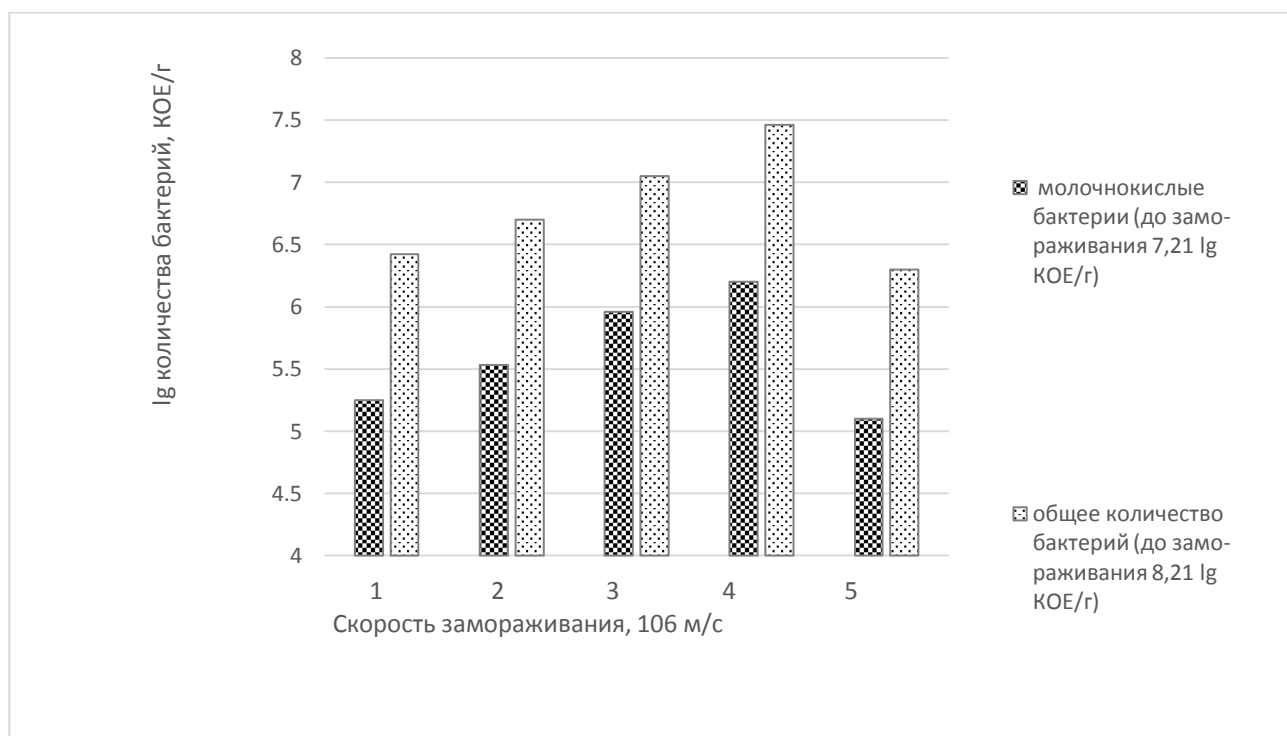


Рисунок 2 – Выживаемость бактерий в Голландском сыре при различных скоростях замораживания: 1 –  $5,8 \cdot 10^{-6}$  м/с; 2 –  $8,15 \cdot 10^{-6}$  м/с; 3 –  $9,6 \cdot 10^{-6}$  м/с; 4 –  $10,0 \cdot 10^{-6}$  м/с; 5 –  $64 \cdot 10^{-6}$  м/с

Установлена закономерность процесса отмирания микроорганизмов под влиянием низких температур. Анализ графических зависимостей (рисунок 2) показал динамику на быстрое снижение количественного содержания бактериальных клеток. В тоже время отмечали закономерность на селективность микроорганизмов по отношению к скорости замораживания. Интенсивность отмирания общего количества микроорганизмов и

молочнокислых бактерий замедлялась при условии роста скоростей холодильной обработки.

Так, при создании наименьших скоростей замораживания  $5,1-5,8 \cdot 10^{-6}$  м/с количество жизнеспособных клеток оставались, в среднем, 75-78 % от исходного количества. В Советском сыре до замораживания общее количество бактерий составляло  $9,1 \cdot 10^7$  КОЕ/г со снижением до  $2,0 \cdot 10^6$  КОЕ/г после замораживания. В Голландском сыре общее количество бактерий составляло  $2,1 \cdot 10^8$  КОЕ/г и в замороженном продукте оно снизилось до  $4,2 \cdot 10^6$  КОЕ/г.

Изучали влияние скоростей замораживания на гибель бактериальных клеток. Интенсификация холодильной обработки, связанная с увеличением скоростей замораживания, показала снижение степени гибели мезофильных аэробных и факультативно анаэробных бактерий. В этих условиях отмирание микроорганизмов шло с меньшей скоростью. Так, в диапазоне скоростей от 7,2 до  $8,15 \cdot 10^{-6}$  м/с (температура воздуха минус 30 °С) выживало 78-79 % бактерий от общего количества во всех экспериментальных сырах. Если до замораживания бактериальная обсемененность Российского сыра равнялась  $1,2 \cdot 10^8$  КОЕ/г, то после завершения этой стадии она снизилась до  $3,2 \cdot 10^6$  КОЕ/г. Быстрые скорости процесса дают большую степень выживаемости микроорганизмов. Так, низкие температуры воздуха (минус 50 °С) и соответственно высокие скорости процесса  $(9,4-10,0) \cdot 10^{-6}$  м/с давали степень выживаемости до 82-83 %, что является лучшим вариантом при выборе режимных параметров замораживания.

Полученные результаты подтверждают выводы ранее проведенных исследований о том, что молочнокислые бактерии достаточно хорошо переносят замораживание. Видимо, устойчивость к физико-химическим изменениям среды обитания зависит от возраста бактериальной клетки (в стационарной фазе) и буферных свойств дисперсионной среды сыра.

Проводили исследования и в отношении видовой группы молочнокислых бактерий. Получены аналогичные закономерности о влиянии скоростей холодильной обработки на жизнеспособность микроорганизмов – относительно устойчивое отношение к замораживанию. Количество выживших клеток колебалось от 78 до 85 %.

*Выводы.*

*Отрицательные температуры действуют губительно на бактериальные клетки.*

*Медленное замораживания, создаваемое температурой воздуха минус 20 °С, приводит к наибольшей степени гибели микроорганизмов. Медленное*

*понижения температуры объекта и соответствующее этой динамике диффузное обезвоживание клеток, затем внеклеточное образование льда вызывают большую степень повреждения микроорганизмов.*

*Создание и применение высоких скоростей замораживания дает устойчивость бактерий к низким температурам.*

*Следует отметить, что большая часть микроорганизмов погибает в процессе дальнейшего низкотемпературного хранения с разной скоростью в зависимости от режимных параметров: минус  $(12 \pm 2)^\circ\text{C}$  и минус  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ .*

#### Список литературы

1. Бараненко А.В. Технологии охлаждения в мировой экономике /А.В. Бараненко // Холодильная техника. 2018. № 2. С. 17-23.
2. Буянова И.В., Имангалиева Ж. К. Холодильное хранение творожных продуктов // Научно-технический журнал «Молочная промышленность». – 2017. № 12. С. 58-60.
3. Буянова И.В., Lupинская С.М., Лобачева Е.М. Технологические аспекты холодильного хранения белковых молочных продуктов // Техника и технология пищевых производств. 2018. Т. 48, № 4. С. 5–11.
4. Микробиологическая порча пищевых продуктов / К. де В. Блэкберн (ред.); пер. с англ. СПб.: Профессия, 2011. 784 с.
5. Каухчешвили Н.Э., Ниценко Т.П., Машкова Н.Н. Аспекты и перспективы развития технологии продуктов пониженной влажности // Холодильная технология. 2019. № 6. С. 40-45.
6. Федотова О.Б. Хранимоспособность молочной продукции и упаковка // Сборник материалов международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы молочной отрасли». Углич, ВНИИМС. 2016. С. 257-262.
7. Ишевский А.Л., Давыдов И.А. Замораживание как метод консервирования пищевых продуктов // Теория и практика переработки мяса. 2017. № 2. С. 43-59.
8. Свириденко Г.М., Свириденко Ю.Я., Бабкина Н.Г., Захарова М.Б. Влияние микробиологических рисков на качество и хранимоспособность плавленых сыров // Переработка молока. 2017. № 11. С. 28-31.