

Научная статья/Research Article

УДК 637.664

DOI: 10.36718/1819-4036-2024-4-160-166

Ирина Владимировна Буянова^{1✉}, Владимир Александрович Шрайнер²,
Дарья Александровна Елистратова³

^{1,2,3}Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия

^{1,2,3}ibuyanov_a@mail.ru

ОЦЕНКА ХОЛОДИЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОДЛЕНИИ СРОКОВ ГОДНОСТИ СЫРОВ

Цель – исследование по холодильной обработке и длительному хранению сыров различных видовых групп для обеспечения сохранности продукта и микробиологической безопасности. Проведены исследования по обоснованию сроков годности и биологической безопасности сыров с использованием рациональных режимов их холодильной обработки в разработанных моделях аппаратов с двумя видами хладагентов. Исследовали влияние режимов быстрого замораживания на физико-химические, водосвязывающие, органолептические свойства полутвердых сыров с дальнейшим обоснованием на базе термозкономического анализа наилучших условий проведения холодильной обработки с применением криогенного и воздушного замораживания. Для исследований был выбран широкий диапазон низких температур теплообмена между средой и объектом замораживания. Были заданы рациональные условия организации эксперимента: в интервале сверхнизких температур от -50 до -90 °С на первом этапе замораживания и от -20 до -40 °С – на втором. Скорость воздуха выдерживалась стационарно на уровне 5 м/с. Разработанные режимы в большей степени сохраняли все первоначальные свойства продукта при малых энергетических затратах. Окончание процесса определялось по установлению среднеобъемной температуры по всем слоям продукта до -20 °С, которая в дальнейшем применялась для низкотемпературного хранения. В исследованиях сыры рассматривались как объекты низкотемпературной обработки с позиции фазовых изменений содержащейся воды и тех последствий, к которым эти изменения могут привести. Особое внимание в работе отводилось сохранению структуры продукта под влиянием различных температур замораживания и хранения, соответственно делали выводы о выявленных закономерностях с дальнейшими рекомендациями для практического применения. Изучалась величина активной кислотности pH, которая влияла на гидратацию белков, регулируя водосвязывающие свойства и консистенцию сыра. Наилучшие показатели по химическому составу, свойствам и сохранению качества замороженные сыры показали в хранении при -20 °С в течение 15–18 месяцев. Полученные закономерности изменения свойств замороженных сыров показали возможность регулирования действия замораживания с позиции повышения хранимоспособности объектов.

Ключевые слова: холодильная обработка, сыры, гибель микроорганизмов, криогенное и воздушное замораживание, сроки годности

Для цитирования: Буянова И.В., Шрайнер В.А., Елистратова Д.А. Оценка холодильной технологии в продлении сроков годности сыров // Вестник КрасГАУ. 2024. № 4. С. 160–166. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-4-160-166.

Irina Vladimirovna Buyanova^{1✉}, Vladimir Aleksandrovich Shrayner²,
Daria Alexandrovna Elistratova³

^{1,2,3}Kemerovo State University, Kemerovo, Russia

^{1,2,3}ibuyanov_a@mail.ru

REFRIGERATION TECHNOLOGY EVALUATION IN EXTENDING CHEESE SHELF LIFE

The goal is to study the refrigeration and long-term storage of cheeses of various species groups to ensure product safety and microbiological safety. Research was carried out to substantiate the shelf life and biological safety of cheeses using rational modes of their refrigeration treatment in developed models of devices with two types of refrigerants. The influence of rapid freezing regimes on the physicochemical, water-binding, organoleptic properties of semi-hard cheeses was studied with further justification, based on thermoeconomic analysis, of the best conditions for carrying out refrigeration treatment using cryogenic and air freezing. For research, a wide range of low temperatures of heat exchange between the environment and the object of freezing was selected. Rational conditions for organizing the experiment were set: in the ultra-low temperature range from -50 to -90 °C at the first stage of freezing and from -20 to -40 °C at the second. The air speed was maintained stationary at 5 m/s. The developed modes largely retained all the original properties of the product at low energy costs. The end of the process was determined by establishing the average volumetric temperature across all layers of the product to -20 °C, which was subsequently used for low-temperature storage. In the studies, cheeses were considered as objects of low-temperature processing from the perspective of phase changes in the water content and the consequences that these changes can lead to. Particular attention in the work was given to the consideration of the preservation of the structure of the product under the influence of various freezing and storage temperatures; accordingly, conclusions were drawn about the identified patterns with further recommendations for practical use. The value of active acidity pH was studied, which influenced the hydration of proteins, regulating the water-binding properties and consistency of cheese. Frozen cheeses showed the best performance in terms of chemical composition, properties and quality preservation when stored at -20 °C for 15–18 months. The obtained patterns of changes in the properties of frozen cheeses showed the possibility of regulating the effect of freezing from the position of increasing the storage capacity of objects.

Keywords: refrigeration, cheeses, death of microorganisms, cryogenic and air freezing, shelf life

For citation: Buyanova I.V., Shrayner V.A., Elistratova D.A. Refrigeration technology evaluation in extending cheese shelf life // Bulliten KrasSAU. 2024;(4): 160–166 (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2024-4-160-166.

Введение. Широкий ассортимент молочных продуктов на российском рынке создает острую конкуренцию среди производителей. Стремясь предвидеть запросы потребителей, все больше внимания уделяется качеству продукта, внедряются новые, более совершенные технологии производства. Но все же основной проблемой остаются ограниченные сроки хранения молочных продуктов. Поэтому вопросы о стабильности качества и сроках хранения всегда актуальны [1–3].

Психротрофный вид микроорганизмов при своем развитии приводит к ухудшению качества продуктов в результате холодильного хранения. Это бактерии, плесневые грибы, дрожжи, актиноцитеты, которые способны размножаться и при низких температурах. Они способны вызывать ферментативный гидролиз компонентов молока, приводящий к его порче [1, 2, 4]. Особенностью психротрофных бактерий родов *Pseudomonas* и *Alcaligenes* является способность их наращивать биомассу в кислой среде,

например при pH = 4 в условиях низких положительных температур 3,5 °C. Кроме того, протеолитическую и липолитическую активность, приводящую к появлению горького вкуса и запаха продукта во время хранения, прогорклости жира, проявляют бактерии рода *Pseudomonas*. Плесневые грибы, в первую очередь *Geotrichum candidum*, также проявляют ферментативный гидролиз, обуславливая снижение качества в процессе хранения.

Развитие микроорганизмов в сырах при охлаждении и последующем хранении зависит в основном от скорости охлаждения, то есть наиболее быстрого достижения температур, при которых ограничивается или вообще исключается размножение микрофлоры [2, 5, 6].

Ранее установлено, что количество мезофильных аэробных бактерий не зависит от температурного фактора в значительной степени при хранении, в то же время отмечали снижение их количества при условии создания низких положительных температур 2–4 °C. Заморажива-

ние выступает как фактор селекции микроорганизмов. В ходе исследований отмечали высокую стойкость отдельных видов молочнокислых бактерий, которые хорошо сохранялись в сырах и были количественно обнаружены без существенных изменений при длительном хранении. Кроме того, без существенных изменений оставался титр бактерий группы кишечной палочки ($0,00001$ г) за весь период хранения.

Идентификация холодостойких молочнокислых палочек, выделенных из сыров, показала, что по своим культурально-биохимическим свойствам они близки к мезофильным видам культур *L. bulgaricum* и *L. breve*. Но проявили способность к росту при температурах значительно ниже минимальных значений, характерных для роста мезофильных бактерий. В частности, зафиксирован факт роста этих культур на питательной среде агара с гидролизированным молоком при низких положительных значениях температур 5 и 10 °С. Вероятно, произошла адаптация холодостойких молочнокислых палочек к более низким температурам жизнедеятельности мезофильных культур. В связи с этим, возможно, что причиной нарастания кислотности молочных продуктов в процессе хранения являются холодостойкие молочнокислые палочки [1, 2]. Поэтому рекомендуется проводить охлаждение и хранение до $2-4$ °С, тем самым повышая хранимоспособность продукта.

В то же время использование области ультранизких температур практически полностью приостанавливает течение ферментативных реакций в продукте. В замороженных продуктах микроорганизмы отмирают практически полностью. Ранее установлено, что в большей степени гибель происходит как при замораживании, так и в первые месяцы хранения. Особенно на этот факт повлияла температура хранения. Так, при -18 °С зарегистрировано большее количество жизнеспособных бактериальных клеток по сравнению с режимом хранения -12 °С [1, 6]. Установили слабую устойчивость БГКП к замораживанию, поскольку их количество в замороженных сырах снижалось в $10-100$ раз. При этом отмечали быстрый их рост в хранении. Довольно устойчивыми к замораживанию были бактерии рода плесневых грибов и дрожжей [1, 6-8].

Особенностью сыродельного производства является использование нестерильного сырья,

проведение процесса производства сыров при постоянном контакте с производственной средой (оборудованием, производственной атмосферой, рассолом) и работающим персоналом, которые могут быть источниками разнообразной микрофлоры, в т. ч. опасной для сыров и здоровья потребителя. В производстве сыров к технологическим особенностям относят сложные, многообразные микробиологические, физико-химические и биохимические реакции. В связи с этим при разработке технологических схем и режимов приемки и переработке молока на сыр, при подборе оборудования, поиске методов и средств мойки и дезинфекции оборудования, подборе режимов для созревания сыров учитывают вышеуказанные особенности.

Технологический цикл в сыроделии характеризуется большой длительностью процесса и созданием особых параметров созревания сырной массы (температура, активная кислотность, осмотическое давление и др.), которые могут вызывать рост и размножение многих видов технологически опасных микроорганизмов. С целью получения продукта гарантированного качества следует прогнозировать скорость и направленность течения ферментативных, биохимических, физико-химических процессов.

Искусственный холод решает вопрос качества продуктов как определяющий фактор биологической безопасности. Замораживание предполагает фазовый переход воды в лед, следовательно, продукт из химического состава теряет воду как основной катализатор диффузионных, химических, биохимических реакций, приводящих к порче. В этом случае снижение температуры среды приводит к образованию кристаллов льда и получению остающейся части незамороженной воды.

Цель исследования – продолжение исследований по холодильной обработке и длительному хранению сыров различных видовых групп для обеспечения сохранности продукта и микробиологической безопасности [6-10].

Задачи: изучить в динамике продолжительности хранения основные характеристики замороженных сыров в соответствии с требованиями ГОСТа при организации двухстадийного быстрого замораживания на базе криогенного и воздушного типа используемых хладагентов.

Объекты и методы. Объектами исследований служили фасованные натуральные полутвердые сыры 45 %-й жирности, полученные сычужной коагуляцией белков молока. Методология эксперимента исследований базировалась на следующих принципах организации: для фасованных сыров использовали упаковочные материалы – полимерную термоусадочную пленку различных типов. Оптимальной для теплообменных процессов при замораживании принималась высота объекта 0,025; 0,035; 0,05 м и масса образцов от 0,1 до 0,5 кг. Снижение среднеобъемной температуры продукта в процессе замораживания устанавливали по требованиям Международного института холода до $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, равной температуре дальнейшего хранения. Таким образом, длительное хранение проводили при $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. По технической части работы в скороморозильном аппарате устанавливали режим криогенного охлаждения от -50 до $-90\text{ }^{\circ}\text{C}$ и для воздушного – в интервале от -20 до $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Результатом изучения теплообменных процессов в ходе исследований служили термограммы, полученные при различных условиях эксперимента.

Результаты и их обсуждение. Замораживание является одним из преобладающих технологических факторов, который позволит создавать в России эффективную отрасль производства быстрозамороженных продуктов для удобства производителей и потребителя [3].

Важным показателем технологичности замораживания является продолжительность процесса. Интенсификация обработки продукта идет по направлению сокращения его длительности, с применением высоких скоростей замораживания, обусловленных низкими температурами хладагентов. Исследования проводили в скороморозильном аппарате, организованном как система двух модулей, и в каждом из них поддерживались заданные условия теплоотвода.

После холодильной обработки с температурными зонами в двух разных диапазонах получали замороженный продукт с хорошей консистенцией, без трещин, без изменения цвета, который сохранял практически все первоначальные свойства [8,10]. По условиям эксперимента, на первой стадии замораживания (I) режим поддерживался до $-120\text{ }^{\circ}\text{C}$; на второй (II) – до $-42\text{ }^{\circ}\text{C}$ при регулировании скорости движения воздуха до 8 м/с.

Для дальнейших исследований оптимизировали процесс по энергозатратам и проводили быстрое замораживание сыров при соблюдении условий: температура от -50 до $-90\text{ }^{\circ}\text{C}$ на первом этапе обработки холодом в парах азота и от -20 до $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ на втором этапе в потоке холодного воздуха при его скорости 5 м/с. Наилучшие оценки технико-экономических показателей по сокращению продолжительности цикла и высокому качеству замороженного продукта давал режим $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ в I зоне и $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ во II зоне аппарата. Полученная термоэкономическая модель данного процесса показала подобные результаты с энергетической точки зрения.

Разрабатываемые технологические принципы замораживания предусматривают обратимость тех изменений в продукте, которые произошли. Сыры имели хорошую влагоудерживающую способность, сохраняя гидратацию белковых молекул при соблюдении разработанных режимных параметров быстрого замораживания.

Возможные изменения основных характеристик замороженных сыров в процессе хранения при $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ представлены в таблице. Основным технологическим фактором является высокая скорость замораживания, которая определяет сокращение продолжительности процесса в 2–3 раза и обуславливает минимальные изменения свойств продукции в хранении.

Результаты исследований (табл.) показали стабильное качество сыров в ходе резервирования при низких температурах, и те изменения, которые были обнаружены по основным критериям качества и безопасности, были незначительными и указывали на соответствие сыров требованиям ГОСТа в течение 15–18 месяцев хранения в зависимости от видовой группы.

Отмечали в ходе исследований хорошую сохранность первоначальных свойств и химического состава сыров в течение 18 месяцев вследствие полного торможения физико-химических и биохимических процессов в замороженной пищевой системе.

Так, снижение массовой доли влаги в сырах составляло 1,9 % к окончанию хранения. Потери массы замороженного продукта к концу хранения составляли 0,16 %, что значительно ниже, чем при использовании других, более высоких температурных режимов хранения ($-12\text{ }^{\circ}\text{C}$) и только воздушного способа замораживания.

Увеличение значения показателя гидролиза азота в сырах было незначительным и составляло 0,22 % от общего азота.

Основные характеристики замороженных сыров во время их резервирования при температуре -20°C

Показатель	Перед хранением	Сроки хранения, мес.			
		9	12	15	18
Сыр полутвердый 45 %-й жирности					
Массовая доля влаги, %	41,6±0,2	40,7±0,1	40,5±0,2	39,7±0,2	39,2±0,2
Потери массы, %	–	0,021	0,19	0,13	0,16
Активная кислотность, ед. рН	5,33±0,03	5,37±0,01	5,40±0,02	5,45±0,01	5,50±0,02
Влагоудерживающая способность, %	76,8±0,4	75,3±0,5	74,6±0,4	73,7±0,5	72,5±0,6
Аминный и аммиачный азот, % от общего	6,95±0,2	7,07±0,1	7,15±0,1	7,2±0,1	7,26±0,1
Кислотность жира, °К	1,37±0,2	1,39±0,2	1,42±0,2	1,45±0,1	1,54±0,3
Органолептическая оценка, балл:					
вкус и запах	41,5±0,5	40,9±0,1	40,8±0,2	40,1±0,2	39,0±0,2
консистенция	24,6±0,3	24,2±0,2	23,8±0,1	23,3±0,2	21,8±0,2
рисунок	9,1±0,0	9,1±0,0	9,0±0,0	8,9±0,0	8,8±0,2
общий балл	94,3±0,3	94,0±0,2	93,5±0,2	92,6±0,2	90,±0,2

Такая динамика свидетельствует об отсутствии факторов для прохождения ферментативных реакций порчи в замороженных образцах.

Показатель кислотности жира увеличивался с 1,37 до 1,54 °К к концу хранения и не повлиял на снижение балловой оценки за вкус и запах. Общая оценка была на уровне 90 баллов, что соответствовало сырам высшего сорта. За вкус и запах замороженные сыры получили 40,1 балла на 15-й месяц хранения и 39,0 балла на 18-й месяц хранения при -20°C . По реологическому показателю *предельное напряжение сдвига* установили динамику изменения консистенции к концу хранения, что дало возможность сделать объективный вывод об удовлетворительном состоянии ее и сохранении первоначальных характеристик. Так, балльная оценка за консистенцию снизилась на 1,3 балла за 15 месяцев хранения и на 1,8 балла в течение 18 месяцев резервирования.

Полученные результаты исследований позволили сделать объективное заключение о том, что организация цикла замораживания по двум зонам с различными типами хладагентов и способам замораживания обуславливает удов-

летворительный фронт кристаллизации воды и соответственно получение замороженного продукта лучшего качества как после замораживания, так и в процессе дальнейшего холодильного хранения в течение 15–18 месяцев. Производство быстрозамороженных молочных продуктов, в частности сыров, может быть организовано на промышленных молочных, сыродельных предприятиях, маслосырбазах или холодильниках, имеющих прямые связи как с торговыми организациями, так и с предприятиями по производству плавящихся сыров.

Заключение. В результате проведенных исследований установлены рациональные режимы холодильной обработки с температурными зонами в двух разных диапазонах, получен замороженный продукт с хорошей консистенцией, без изменения цвета, который сохранял практически все первоначальные свойства. Условия быстрого замораживания фасованных сыров обеспечивался двумя способами на базе криогенного и воздушного типа хладоснабжения.

Наилучшие оценки по качеству замороженных объектов и по сокращению продолжитель-

ности цикла давал режим $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ на первом этапе обработки холодом в парах азота и $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ на втором этапе в потоке холодного воздуха при его скорости 5 м/с. Установлены закономерности физико-химических, органолептических свойств замороженных сыров в процессе длительного хранения, на базе которых провели научное обоснование гарантийных сроков годности замороженных сыров, соответствующих требованиям ГОСТа. Рекомендовано для предприятий отрасли, распределительных холодильников, маслосырбаз длительное хранение сыров в замороженном виде в течение 15–18 месяцев при $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Список источников

1. Буянова И.В., Франковская С.А. Выпуск полутвердых сыров гарантированного качества // Пищевые инновации и биотехнологии: мат-лы Междунар. науч. форума. Кемерово, 2013. С. 92–96.
2. Буянов В.О., Ларина И.О., Кригер О.В. Роль низких температур в оценке микробиологического состояния замороженных сыров // Сыроделие и маслоделие. 2008. № 3. С. 25–26.
3. Шишкина Н.С., Лежнева М.Л., Карастоянова Н.С. Ассортимент быстрозамороженной продукции и тенденции его развития // Быстрозамороженные продукты. 2006. № 3. С. 15–18.
4. Рябцева С.А., Брацихина М.А. Повышение выживаемости заквасочной микрофлоры при замораживании // Переработка молока. 2010. № 8 (130). С. 46–47.
5. Криогенное замораживание пищевых продуктов / А.А. Ишевский [и др.] // Мясные технологии. 2009. № 4 (76). С. 30–32.
6. Буянова И.В. Новые технологии замораживания молочных продуктов // Техника и технология пищевых производств. 2012. № 1. С. 14–17.
7. Определение режимов замораживания пищевых продуктов / Н.С. Николаев [и др.] // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2020. Т. 82. № 2 (84). С. 17–24.
8. Буянов В.О. Замораживание твердых сыров в условиях регулируемого теплоотвода // Сыроделие и маслоделие. 2009. № 4. С. 46–48.
9. Neverov E.N., Grinyak A.N. Use of carbon dioxide for transport of rabbit meat // Advances in Engineering Research International Conference on Smart Solutions for Agriculture. 2018. № 151. P. 825–829.
10. Пономарев В.Г., Тальзин М.С. Природные хладагенты-фавориты будущего // Холодильная техника. 2022. № 3. С. 199–208.

References

1. Buyanova I.V., Frankovskaya S.A. Vypusk polutverdyh syrov garantirovannogo kachestva // Pischevye innovacii i biotehnologii: mat-ly Mezhdunar. Nauch. foruma. Kemerovo, 2013. S. 92–96.
2. Buyanov V.O., Larina I.O., Kriger O.V. Rol' nizkih temperatur v ocenke mikrobiologicheskogo sostoyaniya zamorozhennyh syrov // Syrodelle i maslodelle. 2008. № 3. S. 25–26.
3. Shishkina N.S., Lezhneva M.L., Karastoyanova N.S. Assortiment bystrozamorozhennoj produkcii i tendencii ego razvitiya // Bystrozamorozhennye produkty. 2006. № 3. S. 15–18.
4. Ryabceva S.A., Brachina M.A. Povyshenie vyzhivaemosti zakvasochnoj mikroflory pri zamorazhivanii // Pererabotka moloka. 2010. № 8 (130). S. 46–47.
5. Kriogennoe zamorazhivanie pischevyh produktov / A.A. Iшевский [и др.] // Myasnye tehnologii. 2009. № 4 (76). S. 30–32.
6. Buyanova I.V. Novye tehnologii zamorazhivaniya molochnyh produktov // Tehnika i tehnologiya pischevyh proizvodstv. 2012. № 1. S. 14–17.
7. Opredelenie rezhimov zamorazhivaniya pischevyh produktov / N.S. Nikolaev [и др.] // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernyh tehnologij. 2020. T. 82. № 2 (84). S. 17–24.
8. Buyanov V.O. Zamorazhivanie tverdyh syrov v usloviyah reguliruemogo teplootvoda // Syrodelle i maslodelle. 2009. № 4. S. 46–48.
9. Neverov E.N., Grinyak A.N. Use of carbon dioxide for transport of rabbit meat // Advances

in Engineering Research International Conference on Smart Solutions for Agriculture. 2018. № 151. P. 825–829.

10. *Ponomarev V.G., Talyzin M.S. Prirodnye hladagency-favority buduschego // Holodil'naya tehnika. 2022. № 3. S. 199–208.*

Статья принята к публикации 28.08.2023 / The article accepted for publication 28.08.2023.

Информация об авторах:

Ирина Владимировна Буянова¹, профессор кафедры технологии продуктов питания животного происхождения, доктор технических наук, профессор

Владимир Александрович Шрайнер², аспирант третьего года

Дарья Александровна Елистратова³, магистр первого курса

Information about the authors:

Irina Vladimirovna Buyanova¹, Professor at the Department of Technology of Food of Animal Origin, Doctor of Technical Sciences, Professor

Vladimir Aleksandrovich Shrayner², third year Postgraduate student

Daria Alexandrovna Elistratova³, first year Master's student

