

DOI: <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2024-7-1-144-150>



Поступила 04.11.2023

Поступила после рецензирования 26.03.2024

Принята в печать 29.03.2024

© Мордвинова В. А., Свириденко Г. М., Остроухова И. Л., Остроухов Д. В., 2024

<https://www.fsjour.com/jour>

Научная статья

Open access

ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ВЫРАБОТКИ РАССОЛЬНЫХ СЫРОВ ИЗ ЗАМОРОЖЕННОГО ОВЕЧЬЕГО МОЛОКА

Мордвинова В. А., Свириденко Г. М., Остроухова И. Л.*, Остроухов Д. В.

Всероссийский научно-исследовательский институт маслоделия и сыроделия, Углич, Ярославская область, Россия

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: АННОТАЦИЯ

овечье молоко, замораживание, дефростация, сыропригодные свойства, рассольный сыр, органолептические показатели

В статье представлены результаты исследования показателей качества рассольных сыров, выработанных из дефростированного овечьего молока. Объектами изучения были натуральное и дефростированное овечье молоко, рассольные сыры из этого молока. Исследования дефростированного овечьего молока (опыт) проводили через 10 сут его хранения при температуре минус 18 °С с последующей дефростацией при температуре 20 ± 2 °С. Состав натурального овечьего молока (контроль) рассматривался после хранения в течение 24 ± 12 ч при температуре 4 ± 2 °С. Было установлено, что замораживание молока и последующая его дефростация не оказали значимого влияния на содержание сухих веществ молока, на массовую долю белка и жира, на титруемую кислотность; однако массовая доля кальция уменьшилась в среднем на 20%. Замораживание молока значимо не повлияло на общее количество микроорганизмов, в том числе споровых аэробных микроорганизмов и плесневых грибов. Число соматических клеток снизилось в 3,0–4,5 раза. Не было установлено отличий между контрольным и опытным образцами молока в способности к сычужному свертыванию. Уровень синерезиса стустков в контрольном образце сыра был на 16 ± 1% выше по сравнению с опытным образцом. Сыры выработывали по традиционной технологической схеме рассольного сыра с использованием производственной мезофильной бактериальной закваски. Контрольные и опытные сыры значимо не отличались по физико-химическим показателям. По степени протеолиза между контрольными и опытными вариантами не было установлено достоверных отличий. В опытном образце сыра было отмечено снижение буферной емкости сырной массы в сравнении с контрольными сырами. Замораживание молока не оказало существенного влияния на характеристики вкуса сыров: в обоих вариантах сыры характеризовались слабовыраженным сырным, кисломолочным вкусом с оригинальными привкусами овечьего молока. Более заметные отличия были установлены в консистенции сыров. В контрольном варианте консистенция характеризовалась как нежная, слегка ломкая; в опытном — менее нежная, но ломкая и слегка мучнистая. Наибольшее ухудшение консистенции наблюдали в образцах замороженного сыра из натурального молока после дефростации; она определялась как ломкая, мучнистая, крошливая.

ФИНАНСИРОВАНИЕ: Статья подготовлена в рамках выполнения исследований по государственному заданию № FNEN-2019-0011 Федерального научного центра пищевых систем им. В. М. Горбатова Российской академии наук.

Received 04.11.2023

Accepted in revised 26.03.2024

Accepted for publication 29.03.2024

© Mordvinova V. A., Sviridenko G. M., Ostroukhova I. L., Ostroukhov D. V., 2024

Available online at <https://www.fsjour.com/jour>

Original scientific article

Open access

STUDY OF THE POSSIBILITY OF PRODUCING BRINE-RIPENED CHEESES FROM FROZEN SHEEP'S MILK

Valentina A. Mordvinova, Galina M. Sviridenko, Irina L. Ostroukhova*, Dmitriy V. Ostroukhov

All-Russian Scientific Research Institute of Butter- and Cheesemaking, Uglich, Yaroslavl Region, Russia

KEY WORDS:

sheep's milk, freezing, defrosting, cheese-like properties, brine cheese, organoleptic characteristics

ABSTRACT

The article presents the results of a study of the quality indicators of brine-ripened cheeses produced from defrosted sheep's milk. The objects of the study were natural and defrosted sheep's milk, brine-ripened cheeses from this milk. The study of defrosted sheep's milk (experiment) was carried out after 10 days of its storage at a temperature of –18 °C followed by defrostation at a temperature of 20 ± 2 °C. The composition of natural sheep's milk (control) was examined after storage for 24 ± 12 hours at a temperature of 4 ± 2 °C. It has been found that the freezing of milk and its subsequent defrostation did not have a significant effect on the milk solids content, the mass fraction of protein and fat, titrated acidity; however, the mass fraction of calcium decreased, on average, by 20%. Freezing milk did not significantly affect the total number of microorganisms, including spore aerobic microorganisms and molds. A decrease in the number of somatic cells (from 3.0 to 4.5 times) was found. There were no differences between the control and experimental milk samples in the renneting ability. The level of syneresis of clots in the control sample was 16 ± 1% higher compared to the experimental sample. The cheeses were produced according to the traditional technological scheme of brine-ripened cheese using a production mesophilic bacterial starter culture. The control and experimental cheeses did not differ significantly in physical and chemical parameters. According to the degree of proteolysis, there were no significant differences between the control and experimental variants. In the experimental sample, a decrease in the buffer capacity of the cheese mass was noted in comparison with the control cheeses. The freezing of milk did not have a significant effect on the taste characteristics of the cheeses: in both variants, the cheeses were characterized by a weakly expressed cheese, fermented milk taste with original taste of sheep's milk. More noticeable differences were found in the consistency of the cheeses. In the control version, the consistency was characterized as tender, slightly brittle; in the experimental version, it was less tender, but brittle and slightly powdery. The greatest deterioration in consistency was observed in the samples of frozen cheese made from natural milk after defrosting; it was characterized as brittle, powdery, crumbly.

FUNDING: The article was published as part of the research topic No. FNEN-2019-0011 of the state assignment of the V. M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of RAS.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Мордвинова, В. А., Свириденко, Г. М., Остроухова, И. Л., Остроухов, Д. В. (2023). Изучение возможности выработки рассольных сыров из замороженного овечьего молока. *Пищевые системы*, 7(1), 144–150. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2024-7-1-144-150>

FOR CITATION: Mordvinova, V. A., Sviridenko, G. M., Ostroukhova, I. L., Ostroukhov, D. V. (2023). Study of the possibility of producing brine-ripened cheeses from frozen sheep's milk. *Food Systems*, 7(1), 144–150. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2024-7-1-144-150>

1. Введение

Объемы производства овечьего молока, по сравнению с молоком других лактирующих животных, невелики и составляют 1,3–1,4% в мировом объеме молока [1,2]. Однако в овечьем молоке по сравнению с коровьим содержится в 1,5 раза больше сухих веществ; в его составе присутствует достаточное количество белков, жиров и минеральных веществ — кальция и фосфора, играющих важную роль в производстве сыров [3].

В европейском сыроделии сыры из овечьего молока относят к элитной группе сыров категории PDO с защищенными наименованиями по месту происхождения, такими как Рокфор, Пекорино Романо, Пекорино Сарду, Сицилиано, Манчего, Кастелу Бранку, Эвора и др. [4]. Из овечьего молока изготавливают также йогурты и сывороточные сыры [5].

В РФ темпы прироста овечьего молока невелики, но устойчивы. За последние 10 лет объемы производства составили 6,5 тыс. т, появились проекты промышленного доения овец с последующей переработкой молока для изготовления сыров премиум-класса [6]. Однако основное производство молока до сих пор сосредоточено в крестьянско-фермерских хозяйствах, где вопросы накопления молока для выработки сыра или транспортировки на удаленные расстояния с целью реализации или дальнейшей переработки подразумевают его предварительное консервирование, например, замораживанием. Период лактации у овец очень короткий, 130–150 дней [6], и возможность консервирования молока позволит производителям сгладить сезонность, повысить рентабельность производства.

Замораживание небольших объемов молока является достаточно распространенным приемом в практике европейского сыроделия [7]. В нашей стране этот способ применяется для редких видов животных, при небольших объемах и высокой сезонности [8]. Замораживание как альтернатива для консервирования сырого молока в крестьянско-фермерских хозяйствах предлагается для овечьего [7], козьего [9,10,11], буйволиного [12], кобыльего [13] молока.

Однако в научной литературе приводятся разные сведения о поведении молока при криодефростации. Например, по данным Кручинина и др. [14], криоконсервирование молока позволяет сохранить большинство его полезных компонентов. В исследовании Wendorff [15] сообщается, что замораживание овечьего молока при минус 27 °С способствует сохранению стабильности структуры в течение 12 мес хранения, а замораживание при минус 15 °С — не более 6 месяцев. Продукты, произведенные из молока, замороженного при температуре минус 27 °С, показали хорошие органолептические и функциональные свойства.

В работе Middleditch и др. [16] сообщается, что овечье молоко как раннего, так и позднего сезона лактации сохраняет качество после хранения в замороженном виде в течение 24 недель; его показатели сопоставимы с показателями свежего молока аналогичного периода.

Katsiari и др. [17] было показано, что в образцах замороженного при температуре минус 20 °С и дефростированного после 6 месяцев хранения овечьего молока общее количество бактерий было значительно ниже ($p < 0,05$), чем в свежем молоке. На общее содержание микроорганизмов оказала влияние и температура заморозки. Так, Wendorff [15] установил, что общее количество бактерий уменьшалось более быстрыми темпами в молоке, хранившемся при температуре минус 15 °С, чем при температуре минус 27 °С.

Исследования [18] доказывают сохранение сыропригодных свойств овечьего молока, замороженного при температуре минус 18 °С и хранящегося в течение 3 месяцев. При этом содержание коллоидного фосфора, кальция и магния, влияющее на сычужную свертываемость молока, изменялось незначительно. Zhang и др. [19] делают вывод, что сыр хорошего качества можно производить из овечьего молока, замороженного как при температуре минус 15 °С, так и при минус 25 °С на срок до 6 месяцев, без влияния на выход или состав сыра.

Возможность длительного хранения овечьего молока в замороженном виде связывают с более мелкими размерами (по сравнению с жиром коровьего молока) и с большей степенью дисперсности жировых глобул молока. Этот фактор позволяет избежать разделения фаз при замерзании и обеспечивает стабильную консистенцию [20]. Сохранению однородности молока после замораживания и дефростации также способствует строение казеиновых мицелл овечьего молока, отличающихся от мицелл коровьего молока как размерами (в 1,3 раза меньше), так и наличием мультифосфорилированных форм β -казеина [21].

С другой стороны, многие исследователи заявляют о дестабилизации молочных белков и о возникающей в результате этого флокуляции или выпадении осадка при оттаивании во время хранения

молока в замороженном виде. Эти изменения сходны с изменениями, происходящими с компонентами молока в результате концентрирования [22,23].

Например, Tribst и др. [24] пришли к выводу, что замораживание овечьего молока при минус 18 °С и его оттаивание при 7 °С приводит к увеличению размера жировых шариков и к более высокому отделению сливок по сравнению со свежим молоком. Размораживание обезжиренного молока при температуре 25 °С обнаружило изменения солевого баланса, привело к увеличению его буферной способности и к снижению содержания растворимого кальция сразу после оттаивания.

При изучении влияния длительного замораживания на сычужные свойства молока овец породы Sarda [25] было установлено, что эффект хранения существенно повлиял ($p < 0,01$) на параметры сычужного свертывания. После продолжительного хранения в замороженном виде было зарегистрировано большое количество некоагулирующих субпроб. Кроме того, время свертывания молока из замороженных образцов было больше, а твердость сгустка снижалась после периода замораживания пять месяцев. Заметное снижение сычужных свойств овечьего молока после хранения в замороженном виде может свидетельствовать об уменьшении выхода и качества изготовленного сыра. В связи с этим сделан вывод, что замораживание сырого молока Sarda следует ограничить более короткими сроками.

Производство сыра Паста Филата из замороженного овечьего молока не стало хорошей альтернативой использованию натурального сырья [26]. Новые сыры не были приняты потребителями. Обсуждением послужили изменения текстуры и профиля плавкости сыров, изготовленных полностью из замороженного овечьего молока, а также в смеси с 30% коровьего молока. Замораживание молока привело к потере «свежести» во вкусе сыра, эластичности и блеска сыров Паста Филата; сыры получились более твердыми и ломкими.

Alinovi с соавторами [27] показали, что замороженные сыры Моцарелла, хранящиеся при температуре минус 18 °С в течение 1–4 мес, показали более высокий уровень протеолиза, чем свежие сыры. Появление окисленных и горьких привкусов в сырах после размораживания авторы связывают с остаточной активностью ферментов и с более легким их доступом к казеину из-за изменения его структуры во время замораживания и хранения.

Известно, что помимо молока замораживанию подвергают и готовые молочные продукты, такие как сливки, йогурт, кефир, творог и сыры [28,29,30].

Сыры из овечьего молока, хранившиеся в замороженном виде в течение 3, 6 и 9 мес, достоверно отличались ($p < 0,05$) от контрольных сыров по массовой доле молочной кислоты и по величине pH [31]. Протеолиз в замороженных сырах продолжался медленно, со значительно более высокими показателями небелкового и аминокислотного азота ($p < 0,05$), присутствующего в конце периода хранения.

Исследованиями с помощью электронной микроскопии были обнаружены повреждения микроструктуры в сырах, замороженных сразу после изготовления и хранившихся в течение 4 месяцев [32]. Лучшие результаты при хранении замороженного сыра Serra из овечьего молока в течение 12 месяцев были получены, когда замораживали сыр на конечной стадии созревания (после 42 сут) при температуре замораживания минус 20 °С [33]. При этом замораживание не предотвратило вторичный протеолиз сыра. Замороженные образцы сыра показали более высокие значения небелкового азота, чем замороженные образцы.

В полутвердых сырах из овечьего молока, замороженных сразу после изготовления при двух режимах (минус 35 °С и минус 80 °С) и хранившихся при минус 20 °С в течение 4 мес с последующим созреванием в течение 45 сут, не было обнаружено заметных изменений общего состава, реологических и сенсорных свойств. Предварительное замораживание снизило жизнеспособность микробной флоры сыра, повысило влагоудерживающую способность белка и уровень протеолиза [34].

В процессе изучения органолептических характеристик сыра Los-Pedroches после замораживания и 3 мес хранения в замороженном виде было выявлено изменение консистенции, запаха, интенсивности вкуса, кислотности. Количество и размер глазков существенно уменьшились. Консистенция медленно замороженных сыров была хуже. Эти тенденции сохранялись без изменений до 9 мес хранения в замороженном виде [35].

Результаты исследований [36] хранения сыра-сырья для пиццы показали, что замораживание можно рассматривать как способ замедления биологических и физико-химических изменений, что является безопасным способом увеличения срока годности. Но при

использовании замороженного сырного сырья наблюдали ухудшение желаемых функциональных свойств пиццы.

Результаты проведенного мониторинга научной литературы позволяют сделать заключение о противоречивости информации о пригодности дефростированного овечьего молока для изготовления сыров, в том числе рассольных, а также о нехватке информации об их качестве и хранимоспособности.

Исходя из актуальной проблемы, целью данной работы явились исследование технологических свойств дефростированного овечьего молока и качественных показателей выработанных из него рассольных сыров в кондиционном возрасте и в процессе хранения, в том числе в замороженном виде.

2. Объекты и методы

Объектами исследований были: натуральное овечье молоко животных породы суффолк (контроль), замороженное и дефростированное овечье молоко (опыт); рассольные сыры, выработанные из натурального и дефростированного овечьего молока, а также замороженный и дефростированный рассольный сыр, выработанный из натурального овечьего молока.

Опытную партию молока замораживали при температуре минус 18 °C и хранили в течение 10 сут. Перед выработкой молоко дефростировали при температуре 20 ± 2 °C. Контролем служило овечье молоко, охлажденное до температуры 4 ± 2 °C, после хранения в течение 24 ± 12 ч.

Сыры выработывали в экспериментальном цехе ВНИИМС из цельного овечьего молока по традиционной для рассольных сыров технологической схеме. Для их изготовления использовали производственную бактериальную закваску в количестве 1,5%, состоящую из смеси мезофильных лактококков (*Lactococcus lactis* subsp. *Lactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *diacetylactis*, *Leuconostoc lactis*/*Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris*) и палочек (*Lactiplantibacillus plantarum*). Сыры созревали при температуре 11 ± 1 °C и относительной влажности воздуха (80 ± 2)% в течение 5 сут. Было выработано по 10 головок контрольных и опытных сыров массой 1,0 ± 0,1 кг. Половину образцов сыра из натурального молока замораживали при температуре минус 18 °C и хранили в течение 90 сут. Перед испытаниями образцы сыра дефростировали при температуре 20 ± 2 °C.

Определяли физико-химические показатели молока (массовую долю жира, белка, СОМО, минеральных солей, плотность, кислотность и точку замерзания) приборным методом с использованием анализатора молока MilkoScan FT 2 (FossAnalytical A/S, Дания), действие которого основано на применении метода инфракрасной Фурье-спектроскопии.

Содержание кальция в молоке определяли по ГОСТ Р 55331–2012¹ титриметрическим методом.

Определение количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (в молоке) осуществляли по ГОСТ 32901–2014², определение количества соматических клеток — по ГОСТ 23453–2014³. Определение количества дрожжей и плесеней проводили по ГОСТ 33566–2015⁴.

Массовую долю сухих веществ в сыворотке определяли методом высушивания по ГОСТ 33957–2016⁵.

В контрольных и опытных сырах определяли физико-химические показатели (массовую долю влаги и активную кислотности) по ГОСТ Р 55063–2012⁶ и основные органолептические характеристики (вкус и запах, консистенция и рисунок) с помощью дескриптно-профильного метода, принимая во внимание выраженность основных характеристик вкуса и запаха (сырный, кисломолочный, соленый, гармоничный) и консистенции (нежная, ломкая, мучнистая, несвязная), характерных для рассольных сыров, оцениваемых по условной шкале от 0 до 5 баллов. Массовую долю жира зрелых сыров в пересчете на сухое вещество определяли кислотным методом, а массовую долю поваренной соли — кондуктометрическим методом в соответствии со стандартизованными в ГОСТ Р 55063–2012⁶ методиками.

¹ ГОСТ Р 55331–2012 «Молоко и молочные продукты. Титриметрический метод определения содержания кальция». — М.: Стандартинформ, 2014. — 7 с.

² ГОСТ 32901–2014 «Молоко и молочная продукция. Методы микробиологического анализа». — М.: Стандартинформ, 2015. — 25 с.

³ ГОСТ 23453–2014 «Молоко сырое. Методы определения соматических клеток». — М.: Стандартинформ, 2015. — 14 с.

⁴ ГОСТ 33566–2015 «Молоко и молочная продукция. Определение дрожжей и плесневых грибов».

⁵ ГОСТ 33957–2016 «Сыворотка молочная и напитки на ее основе. Правила приемки, отбор проб и методы контроля». — М.: Стандартинформ, 2017. — 16 с.

⁶ ГОСТ Р 55063–2012 «Сыры и сыры плавленые. Правила приемки, отбор проб и методы контроля». — М.: Стандартинформ, 2013. — 28 с.

Массовую долю азота определяли методом Кьельдаля по ГОСТ Р 54662–2011⁷. Степень протеолиза — по отношению массовой доли растворимого азота к массовой доле общего азота, выраженному в процентах.

Процесс сычужного свертывания молока исследовали на пилотной установке, фиксируя модуль упругости образующегося сгустка (G'). Для этого в мерные стаканчики на 1000 см³ вносили по 800 см³ исследуемого молока, помещали их в термостат и нагревали до температуры 37 °C. Затем в каждый стаканчик добавляли по 1,0 см³ водного раствора сычужного фермента по ГОСТ 34353–2017⁸.

Синергетическую способность гелей исследовали путем измерения количества выделившейся после центрифугирования сыворотки, по которому судили о способности гелей отдавать сыворотку при срезе, а также о массе полученного сгустка. Для этого молоко с сычужным ферментом отливали в мерные градуированные центрифужные пробирки объемом 40 мл. Выдерживали в термостате при температуре 37 °C в течение 1 ч. По истечении этого времени центрифужные пробирки центрифугировали на лабораторной центрифуге ОПн-8УХЛ4.2 (ОАО ТНК «Дастан», Киргизия) в течение 20 мин со скоростью 6000 об/мин.

Определение общего количества заквасочных микроорганизмов в молочной смеси и сыре проводили на плотной питательной среде КМАФАнМ при (30 ± 1) °C в течение 72 ч, а также на среде МКМ-1 по ГОСТ 33951–2016⁹.

Математическую обработку полученных результатов проводили с использованием двухвыборочного t-теста с различными дисперсиями в программе Microsoft Excel 2010.

3. Результаты и обсуждение

Результаты исследований качественных показателей натурального и дефростированного овечьего молока представлены в Таблице 1 и Таблице 2.

Физико-химические показатели и количество соматических клеток образцов овечьего молока, которые подвергались испытаниям, имеют расхождение с требованиями ТР ТС/2013¹⁰, где указано, что в овечьем молоке массовая доля белка должна быть не менее 5,1%; массовая доля жира — не менее 6,2%; количество соматических клеток — не более 500 тыс. клеток. Исследования ВНИИМС 2021–2022 гг. выявили несоответствие 40% исследованных образцов овечьего молока по этим показателям требованиям ТР ТС 033/2013. Авторы связывают данный факт с тем, что за последние годы появились иные породы овец, особенно молочного направления, состав молока которых не всегда соответствует требованиям, заложенным в ТР ТС. Это подтверждается и исследованиями Всероссийского НИИ овцеводства и козоводства — филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр». Поэтому в статье приведены фактические значения показателей в образцах овечьего молока, которые подвергались испытаниям.

В рамках эксперимента было отмечено незначительное уменьшение массовой доли сухих веществ молока (в среднем на 1,5–2,0%), в том числе белка и жира после дефростации. Это, в свою очередь, привело к снижению плотности и кислотности дефростированного молока. При этом массовая доля кальция в дефростированном молоке снизилась в большей степени, в среднем на 20%. Полученные результаты согласуются с данными исследований [23], где было установлено изменение солевого баланса и уменьшение содержания растворимого кальция сразу после оттаивания молока.

В нашем эксперименте хранение в замороженном состоянии и последующая дефростация овечьего молока не оказали значимого влияния как на общее количество микроорганизмов, так и на жизнеспособность спорных аэробных микроорганизмов и плесневых грибов. Выявленное снижение количества бактерий в исследованиях [15,17], возможно, связано с большей длительностью хранения молока в замороженном состоянии (до 12 мес).

Было установлено существенное снижение (более, чем в 4,5 раза) количества соматических клеток в дефростированном овечьем молоке. Данный факт является характерным и для других видов дефростированного молока, в том числе козьего [37].

⁷ ГОСТ Р 54662–2011 «Сыры и сыры плавленые. Определение массовой доли белка методом Кьельдаля». — М.: Стандартинформ, 2012. — 16 с.

⁸ ГОСТ 34353–2017 «Препараты ферментные молокозаквашивающие животного происхождения сухие. Технические условия». — М.: Стандартинформ, 2018. — 45 с.

⁹ ГОСТ 33951–2016 «Молоко и молочные продукты. Методы определения молочнокислых микроорганизмов». — М.: Стандартинформ, 2017. — 9 с.

¹⁰ ТР ТС 033/2013 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции». Принят Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 9 октября 2013 года № 67.

Таблица 1. Физико-химические показатели овечьего молока

Table 1. Physico-chemical parameters of sheep's milk

Варианты	Массовая доля, %			Массовая доля кальция,* мг/100 г	Титруемая кислотность, °Т	Плотность, кг/м ³
	жира	белка	СОМО			
Натуральное овечье молоко	5,6±0,5	4,9±0,1	17,8±0,6	185±15	22,0±1,0	1033,8±0,2
Дефростированное овечье молоко	5,5±0,5	4,8±0,1	17,6±0,7	152±15	21,0±1,0	1033,0±0,2

Примечание: средние значения в столбцах не имеют значимых различий, кроме столбца со значком «*» (p < 0,05), число степеней свободы n = 4.

Таблица 2. Микробиологические показатели овечьего молока

Table 2. Microbiological parameters of sheep's milk

Варианты	КМАФАнМ, КОЕ/см ³	Дрожжи, КОЕ/см ³	Плесневые грибы, КОЕ/см ³	Количество соматических клеток,* тыс. кл/см ³	Споровые аэробы, КОЕ/см ³
Натуральное овечье молоко	(2,90±0,14) × 10 ⁴	< 50	8±2	(1,50±0,15) × 10 ⁶	(1,8±0,1) × 10 ³
Дефростированное овечье молоко	(3,80±0,12) × 10 ⁴	< 50	4±1	(3,30±0,15) × 10 ⁵	(1,7±0,1) × 10 ³

Примечание: средние значения в столбцах не имеют значимых различий (p < 0,05), число степеней свободы n = 4.

Результаты оценки способности натурального и дефростированного овечьего молока к сычужному свертыванию и синергетические свойства полученного сгустка как основные критерии оценки сыропригодных свойств молока представлены на Рисунках 1, 2.

Анализ полученных результатов показал отсутствие значимого влияния процесса замораживания овечьего молока на его технологические свойства. Продолжительность образования сгустка в обоих вариантах овечьего молока составляла (35 ± 1) мин (Рисунок 1). При этом ранее выявленное снижение массовой доли кальция в овечьем молоке после дефростации (Таблица 1) в данном эксперименте не

оказало влияния на фазу флокуляции сгустка. Возможно, это связано с большим содержанием кальция в овечьем молоке (почти в 2 раза выше, чем в коровьем [3]), и выявленное снижение содержания кальция в молоке после дефростации не было критичным для процесса образования сгустка.

Ферментативная фаза овечьего молока начинается раньше и заканчивается быстрее в среднем на 22%, чем у коровьего молока. Это означает, что готовность сгустка из овечьего молока обоих вариантов наступит раньше на (8 ± 1) мин, чем у коровьего молока, при одинаковой дозе молокосвертывающего фермента. По мнению авторов, большая скорость ферментативной фазы овечьего молока связана с большей концентрацией субстрата (казеина). Поскольку массовая доля казеина в овечьем молоке выше, то и результативных взаимодействий молекул фермента с мицеллами будет больше (примерно в столько же раз).

Уровень синерезиса (количество сыворотки, выделившейся из сгустка при центрифугировании, Рисунок 2) показал различия между сгустками, полученными из натурального и дефростированного овечьего молока: в натуральном молоке количество сыворотки, выделившейся из сгустков, увеличилось (на 16 ± 1%) в сравнении с дефростированным молоком. Объем сыворотки, выделившейся из сгустков коровьего молока, был на 49 ± 1% больше, чем объем сыворотки из сгустков овечьего натурального молока. Вероятно, это связано с большим содержанием белка в овечьем молоке в сравнении с коровьим молоком, который ответственен за процессы удерживания влаги сгустком.

Сыры вырабатывали из цельного натурального и дефростированного овечьего молока по традиционной для рассольных сыров технологической схеме. Особенностью выработки рассольных сыров является созревание в рассоле. Поваренная соль как консервант ингибирует развитие заквасочных микроорганизмов, поэтому используются технологические приемы стимулирования молочнокислого процесса до помещения сырной головки в рассол. С этой целью проводили выдержку сыра в термокамере при температуре 28 ± 2 °С, оптимальной для развития мезофильной микрофлоры, до достижения определенного уровня рН как маркера активности молочнокислого процесса. Наблюдения за снижением активной кислотности не показали отличий между вариантами: через 17 ± 1 ч выдержки уровень рН в сырной массе из натурального молока составил 5,25 ± 0,05 ед. рН; в сыре из дефростированного молока — 5,30 ± 0,05 ед. рН. Незначительные отличия были выявлены в степени перехода сухих веществ в сыворотку: в пробах с натуральным молоком она составила 7,10 ± 0,21%, с дефростированным молоком — 7,32 ± 0,26%.

Одним из критериев оценки процесса выработки сыра является уровень молочнокислого брожения во время обработки сырного зерна и на этапе созревания сыра, оцениваемый по приросту заквасочных молочнокислых микроорганизмов (Таблица 3).

Данные, приведенные в Таблице 3, показывают, что количество заквасочных микроорганизмов, внесенных в смесь для выработки сыра, в обоих вариантах находилось на высоком уровне. Выдержка сыра при благоприятных для мезофильных микроорганизмов температурных условиях до момента помещения головки в рассол и снижения температуры сырной массы стимулировала рост заквасочной микрофлоры, ее количество увеличилось на порядок. Этот прием позволил и на 5 сут созревания наблюдать незначительное (в 2 раза), но стабильное увеличение количества заквасочных микроорганизмов. Скорости процессов развития микрофлоры не отличались друг от друга по вариантам. Это согласуется со значениями активной кислотности в сыре (Таблица 4).

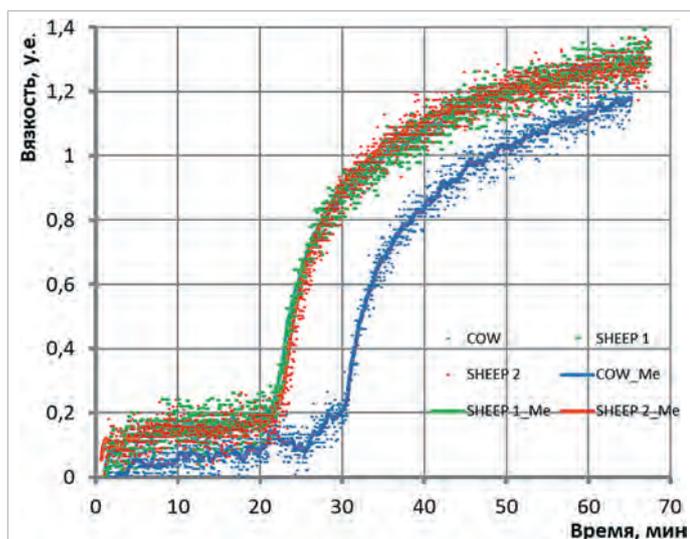


Рисунок 1. Процесс сычужного свертывания молока, где COW — коровье молоко; SHEEP 1 — овечье натуральное молоко; SHEEP 2 — овечье дефростированное молоко

Figure 1. Process of milk renneting

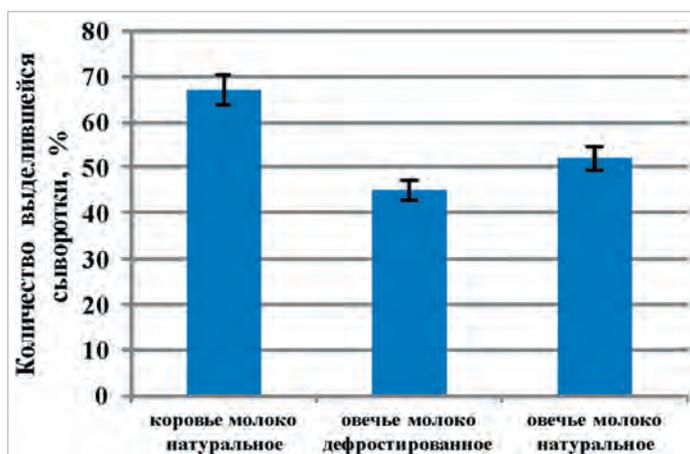


Рисунок 2. Уровень синерезиса сгустков

Figure 2. Level of syneresis of clots

Таблица 3. Изменение заквасочных микроорганизмов в смеси для выработки сыра и в сырах во время выработки и созревания
Table 3. Change in starter microorganisms in the mixture for cheese making and in cheeses during making and ripening

Варианты	Отбор проб на разных этапах технологического процесса			
	смесь	сыр после самопрессования	сыр после термокамеры перед посолкой	5 сут
	Количество микроорганизмов, КОЕ/г			
Сыр из натурального овечьего молока	$(2,3 \pm 0,2) \times 10^7$	$(8,3 \pm 0,3) \times 10^7$	$(9,6 \pm 0,4) \times 10^8$	$(2,0 \pm 0,2) \times 10^9$
Сыр из дефростированного овечьего молока	$(2,0 \pm 0,2) \times 10^7$	$(7,8 \pm 0,4) \times 10^7$	$(8,7 \pm 0,5) \times 10^8$	$(1,7 \pm 0,5) \times 10^9$

Примечание: средние значения в столбцах не имеют значимых различий ($p < 0,05$), число степеней свободы $n = 4$.

Таблица 4. Физико-химические показатели сыров

Table 4. Physico-chemical parameters of cheeses

Варианты	Точки контроля		
	после самопрессования	перед посолкой	5 сут
Активная кислотность, ед. рН			
Сыр из натурального овечьего молока	$5,37 \pm 0,05$	$4,98 \pm 0,06$	$4,71 \pm 0,06$
Сыр из дефростированного овечьего молока	$5,42 \pm 0,05$	$5,04 \pm 0,05$	$4,68 \pm 0,07$
Массовая доля влаги, %			
Сыр из натурального овечьего молока	$61,5 \pm 0,5$	$60,4 \pm 0,4$	$59,2 \pm 0,6$
Сыр из дефростированного овечьего молока	$60,6 \pm 0,4$	$59,0 \pm 0,6$	$58,5 \pm 0,5$

Примечание: средние значения в столбцах не имеют значимых различий ($p < 0,05$), число степеней свободы $n = 4$.

Как следует из Таблицы 4, активная кислотность (рН) и массовая доля влаги в сырах по вариантам значимо не отличались друг от друга. Массовая доля жира в сухом веществе в контрольных и опытных сырах находилась в диапазоне от 50,2% до 49,0%, а массовая доля соли — от 2,8% до 3,5%.

После созревания в течение 5 сут часть сыров из натурального молока заморозили на 90 сут при температуре минус 18 °С.

Сравнительные результаты измерения азотистых веществ в сырах кондиционного возраста и в сыре, дефростированном после хранения при отрицательных температурах, приведены в Таблице 5.

О биохимических превращениях белковой матрицы свидетельствует уровень протеолиза. Судя по полученным результатам, достоверных различий между вариантами в степени протеолиза не обнаружено, однако можно отметить тенденцию к торможению протеолитических процессов в сыре из замороженного молока и в замороженном сыре, выработанном из натурального молока. В этих же образцах отмечается снижение буферной емкости сырной массы в сравнении с сырами из натурального молока. Можно предположить, что это может быть связано с сокращением количества минеральных веществ в молоке при замораживании.

По результатам органолептической оценки (Рисунок 3), все образцы сыров характеризовались слабовыраженным сырным вкусом, что типично для рассольного сыра с коротким сроком созревания (5 сут). Доминирующими нотами вкусового букета были умеренно соленый и кисломолочный вкусы. Овечье молоко обогатило вкусовой букет сыров оригинальными характерными нотами, придало гармоничность послевкусию. Замораживание молока практически не отразилось на вкусе и запахе выработанного сыра. Замораживание сыра, выработанного из натурального молока, не вызвало появления посторонних привкусов и запахов, однако ухудшило восприятие гармоничности вкусового букета.

Наибольшие различия между вариантами были отмечены при оценке консистенции сыров. Так, сыр из натурального овечьего молока имел нежную, слегка ломкую консистенцию. Консистенция сыра, выработанного из дефростированного овечьего молока, была

Таблица 5. Содержание азотистых веществ в сырах

Table 5. Content of nitrogenous substances in cheeses

Варианты	Показатель				
	Массовая доля общего белка, %	Массовая доля растворимого белка, %	Степень протеолиза, %	Массовая доля небелкового азота, %	Буферная емкость водорастворимой фракции*, ммоль/л
Сыр из натурального овечьего молока	$19,9 \pm 0,5$	$1,2 \pm 0,2$	$6,0 \pm 0,2$	$0,11 \pm 0,02$	$1,11 \pm 0,04$
Сыр из дефростированного овечьего молока	$19,7 \pm 0,5$	$1,1 \pm 0,2$	$5,6 \pm 0,2$	$0,10 \pm 0,02$	$0,99 \pm 0,02$
Сыр дефростированный из натурального молока	$19,7 \pm 0,5$	$1,0 \pm 0,2$	$5,1 \pm 0,3$	$0,10 \pm 0,02$	$0,99 \pm 0,02$

Примечание: средние значения в столбцах не имеют значимых различий, кроме столбца со значком «*» ($p < 0,05$), число степеней свободы $n = 4$.

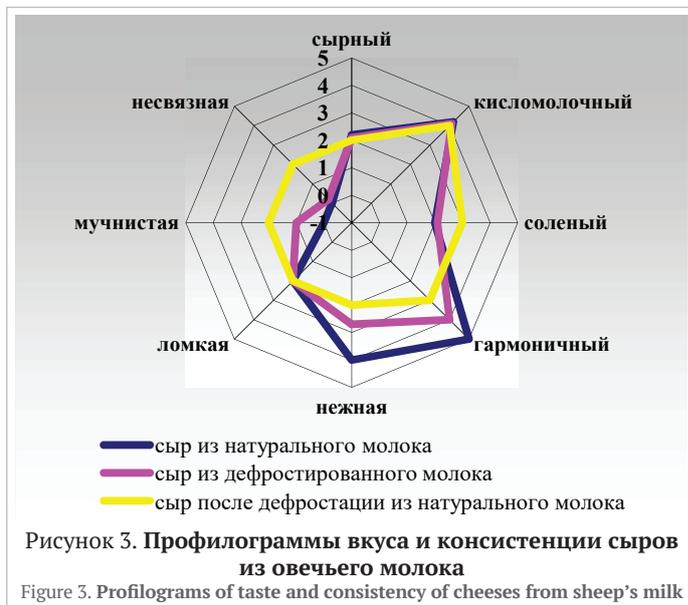


Рисунок 3. Профилограммы вкуса и консистенции сыров из овечьего молока

Figure 3. Profilograms of taste and consistency of cheeses from sheep's milk

тоже достаточно нежная, но слегка мучнистая и более ломкая. Образец, хранящийся в замороженном виде в течение 90 сут, после дефростации характеризовался мучнистой, крошливой и несвязной консистенцией.

4. Выводы

Проведенные исследования показали, что в условиях эксперимента режимы замораживания и дефростации существенно не повлияли на изменение состава овечьего молока (массовой доли сухих веществ, в т. ч. массовой доли жира и белка), однако массовая доля кальция уменьшилась на 20%. Количество соматических клеток снизилось в сравнении с контролем в среднем в 4,5 раза. Замораживание молока не оказало значимого влияния на общее количество микроорганизмов, в том числе на количество спорных аэробных микроорганизмов и плесневых грибов.

Замораживание не оказало существенного влияния на процесс сычужного свертывания, однако вызвало незначительное ухудшение синергетической способности стуста из дефростированного молока.

Физико-химический состав и вкусовые характеристики рассольного сыра, выработанного из дефростированного молока, существенно не отличались от аналогичных показателей качества сыра из натурального овечьего молока, однако в консистенции были отмечены не критичные различия (появление пороков: слегка мучнистая, ломкая).

Хранение сыра из натурального молока при отрицательных температурах не оказало влияния на вкусовые характеристики сыра, но привело к снижению оценки за консистенцию. Для установления оптимальной продолжительности хранения сыра в замороженном состоянии необходимы дополнительные исследования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. FAO (2023). Agricultural production statistics 2000–2022. FAOSTAT Analytical Briefs, No. 79. Rome, 2023. <https://doi.org/10.4060/cc9205en>
2. Mazinani, M., Rude, B. (2020). Population world production and quality of sheep and goat products. *American Journal of Animal and Veterinary Sciences*, 15(4), 291–299. <https://doi.org/10.3844/ajavsp.2020.291.299>
3. Юрова, Е. А., Мельденберг, Д. Н., Семенова, Е. С., Канина, К. А., Робкова, Т. О. (2017). Сравнительная оценка молока-сырья жвачных сельскохозяйственных животных. *Молочная промышленность*, 8, 60–63.
4. McSweeney, P. L. H., Cotter, P. D., Everett, D. W. (2017). *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. Academic Press, 2017.
5. Tamime, A. Y., Wszolek, M., Božanić, R., Özer, B. (2011). Popular ovine and caprine fermented milks. *Small Ruminant Research*, 101(1–3), 2–16. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.09.021>
6. Светличный, С. И., Бондаренко, Н. Н., Меренкова, Н. В., Селионова М. И., Свистунов, С. В. (2019). Пилотный проект промышленного производства овечьего молока на Кубани. *Овцы, козы, шерстяное дело*, 1, 20–24.
7. Tribst, A. A. L., Falcade, L. T. P., de Oliveira, M. M. (2018). Strategies for raw sheep milk storage in smallholdings: Effect of freezing or long-term refrigerated storage on microbial growth. *Journal of Dairy Science*, 102(6), 4960–4971. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15715>
8. Буянова, И. В., Лупинская, С. М., Лобачева, Е. М. (2018). Технологические аспекты холодильного хранения белковых молочных продуктов. *Техника и технология пищевых производств*, 48(4), 5–11. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-5-11>
9. Nurliyani, Suranindyah, Y., Pretiwi, P. (2015). Quality and emulsion stability of milk from ettawah crossed bred goat during frozen storage. *Procedia Food Science*, 3, 142–149. <https://doi.org/10.1016/j.profoo.2015.01.015>
10. Lima, L. R. do N., Negreiros, I. F. L., da Silva, E. F., Ramos, L. de S. N. (2021). Physicochemical characteristics of goat's milk submitted to different freezing periods. *Research, Society and Development*, 10(4), Article e23710414089. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i4.14089> (In Portuguese)
11. Yu, Z., Qiao, C., Zhang, X., Yan, L., Li, L., Liu, Y. (2022). Screening of frozen-thawed conditions for keeping nutritive compositions and physicochemical characteristics of goat milk. *Journal of Dairy Science*, 104(4), 4108–4118. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19238>
12. Hassan, Z., Hamzawi, L., el Naga, M. A. (2010). Effect of frozen storage on the microbiological and technological properties of buffalo's milk. *Journal of Food and Dairy Sciences*, 1(12), 765–779. <http://doi.org/10.21608/jfds.2010.82516>
13. Алшынбаев, О. А., Мусабеков, А. Т., Полатова, Н. И. (2020). Динамика изменения биохимического состава замороженного летнего и зимнего кобыльего молока при его хранении. *Вестник Университета Шакарима. Серия технические науки*, (4(92)), 245–247. (На Казахском языке)
14. Кручинин, А. Г., Туровская, С. Н., Илларионова, Е. Е., Бигаева, А. В. (2020). К вопросу влияния замораживания на технологические свойства молока. *Вестник Международной академии холода*, 3, 58–63. <https://doi.org/10.17586/1606-4313-2020-19-3-58-63>
15. Wendorff, W. L. (2001). Freezing qualities of raw ovine milk for further processing. *Journal of Dairy Sciences*, 84(Suppl), E74-E78. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)70200-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)70200-7)
16. Middleditch, D., Robertson, Dr. L. J., Archer, R. H., Soboleva, T. (2022). The effect of frozen storage on sheep milk properties. New Zealand Food Safety Technical Paper No:2022/08 Retrieved from <https://www.mpi.govt.nz/dmsdocument/51265/direct> Accessed Oktober 09, 2023
17. Katsiari, M. C., Voutsinas, L. P., Kondyli, E. (2002). Manufacture of yoghurt from stored frozen sheep's milk. *Food Chemistry*, 77(4), 413–420. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(01\)00367-3](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(01)00367-3)
18. Moreno, M. C. R., Emata, O. C. (2022). Effects of refrigeration, freezing and blast freezing on quality of raw cow's milk. *Mindanao Journal of Science and Technology*, 20(1), 241–255. <https://doi.org/10.61310/mndjstecbe.1096.22>
19. Zhang, R. H., Mustafa, A. F., Ng-Kwai-Hang, K. F., Zhao, X. (2006). Effects of freezing on composition and fatty acid profiles of sheep milk and cheese. *Small Ruminant Research*, 64(3), 203–210. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.04.025>
20. Gantner, V., Mijić, P., Baban, M., Zoran, Š., Alka, T. (2015). The overall and fat composition of milk of various species. *Mljekarstvo*, 65(4), 223–231. <http://doi.org/10.15567/mljekarstvo.2015.0401>
21. Amigo, L., Recio, I., Ramos, M. (2000). Genetic polymorphism of ovine milk proteins: Its influence on technological properties of milk — a review. *International Dairy Journal*, 10(3), 135–49. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(00\)00034-0](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(00)00034-0)
22. Musembei, L. M., Bett, R. C., Gachui, C. K., Mbondo, B. K., Kibegwa, F. M. (2021). Effects of freezing as a post-harvest storage technique on quality of Friesian crossbred cattle milk. *African Journal of Food Science*, 15(7), 298–303. <https://doi.org/10.5897/AJFS2021.2118>
23. Gaber, S. M., Johansen, A.-G., Schüller, R. B., Devold, T. G., Rukke, E.-O., Skeie, S. B. (2020). Effect of freezing temperatures and time on mineral balance, particle size, rennet and acid coagulation of casein concentrates produced by microfiltration. *International Dairy Journal*, 101, Article 104563. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2019.104563>
24. Tribst, A. A. L., Toledo, L., Falcade, P. L., Ribeiro, R., Castro B. R., Júnior, L., Oliveira, M. M. (2019). Impact of extended refrigerated storage and freezing/thawing storage combination on physicochemical and microstructural characteristics of raw whole and skimmed sheep milk. *International Dairy Journal*, 94, 29–37. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2019.02.013>
25. Pazzola, M., Dettori, M. L., Piras, G., Pira, E., Manca, F., Puggioni, O. et al. (2013). The effect of long-term freezing on renneting properties of sarda sheep milk. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 78(3), 275–279.
26. Biegalski, J., Cais-Sokolińska, D., Tomaszewska-Gras J., Baranowska H. M. (2021). The effect of freezing sheep's milk on the meltability, texture, melting and fat crystallization profiles of fresh pasta filata cheese. *Animals*, 11, Article 2740. <https://doi.org/10.3390/ani11092740>
27. Alinovi, M., Wiking, L., Corredig, M., Muchetti, G. (2020). Effect of frozen and refrigerated storage on proteolysis and physicochemical properties of high-moisture citric mozzarella cheese. *Journal of Dairy Sciences*, 103(9), 7775–7790. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18396>
28. Alinovi, M., Muchetti, G., Wiking, L., Corredig, M. (2020). Freezing as a solution to preserve the quality of dairy products: The case of milk, curds and cheese. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 61(20), 3340–3360. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1798348>
29. Doan, N. D., Solah, V. (2020). Effects of frozen storage on the physical properties and sensory acceptability of goat's milk yoghurt. *Vietnam Journal of Agricultural Sciences*, 3(1), 487–494. <https://doi.org/10.31817/vjas.2020.3.1.01>
30. Sarica, E., Coşkun, H. (2021). Effect of frozen storage on some characteristics of kefir samples made from cow's and goat's milk. *Food Science and Technology International*, 28(2), 157–168. <https://doi.org/10.1177/10820132211003710>
31. Tejada, L., Sánchez, E., Gómez, R., Vioque, M., Fernández-Salguero, J. (2002). Effect of freezing and frozen storage on chemical and microbiological characteristics in sheep milk cheese. *Journal Food Science*, 67, 126–129. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb11371.x>
32. Digvijaya, Kelly, A. L., Lamichhane, P. (2023). Ice crystallization and structural changes in cheese during freezing and frozen storage: Implications for functional properties. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. <https://doi.org/10.1080/10408398.2023.2277357>
33. Alvarenga, N., Canada, J., Sousa, I. (2011). Effect of freezing on the rheological, chemical and colour properties of Serra cheese. *Journal Dairy Research*, 78(1), 80–87. <https://doi.org/10.1017/S0022029910000841>
34. Fontecha, J., Peláez, C., Juárez, M., Martín-Hernández, M. C. (2009). Effect of freezing and frozen storage on the physicochemical, organoleptic and microbiological characteristics of a semi-hard ewes' milk cheese. *Journal of Dairy Research*, 61(1), 133–142. <https://doi.org/10.1017/S0022029900028120>
35. Tejada, L., Sánchez, E., Gómez, R., Vioque, M., Fernández-Salguero, J. (2000). Effect of freezing and frozen storage on the sensorial characteristics of los pedroches, a Spanish ewe cheese. *Journal of Sensory Studies*, 15(3), 251–262. <https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.2000.tb00270.x>
36. Sviridenko, G. M., Kalabushkin, V. V., Shishkina, A. N., Uskova, E. E. (2020). Research on the possibility of extending the shelf life of cheese raw material and heat-treated cheese by their freezing for further use in HoReCa. *Food Systems*, 3(4), 39–44. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2020-3-4-39-44>
37. Мордвинава, В. А., Свириденко, Г. М., Остроухова, И. Л., Остроухов, Д. В. (2023). Изучение возможности выработки полутвердых сыров из замороженного козьего молока. *Пищевые системы*, 6(1), 72–79. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-1-72-79>

REFERENCES

1. FAO (2023). Agricultural production statistics 2000–2022. FAOSTAT Analytical Briefs, No. 79. Rome, 2023. <https://doi.org/10.4060/cc9205en>
2. Mazinani, M., Rude, B. (2020). Population world production and quality of sheep and goat products. *American Journal of Animal and Veterinary Sciences*, 15(4), 291–299. <https://doi.org/10.3844/ajavsp.2020.291.299>
3. Юрова, Е. А., Мельденберг, Д. Н., Семенова, Е. С., Канина, К. А., Рыбкова, Т. О. (2017). Comparative assessment of milk of the agricultural ruminants. *Dairy Industry*, 8, 60–63. (In Russian)
4. McSweeney, P. L. H., Cotter, P. D., Everett, D. W. (2017). *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. Academic Press, 2017.
5. Tamime, A. Y., Wszolek, M., Božanić, R., Özer, B. (2011). Popular ovine and caprine fermented milks. *Small Ruminant Research*, 101(1–3), 2–16. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.09.021>
6. Svetlichny, S. I., Bondarenko, N. N., Merenkova, N. V., Selionova, M. I., Svistunov, S. V. (2019). Pilot project of the industrial production of sheep's milk in Kuban. *Sheep, Goats, Wool Business*, 1, 20–24. (In Russian)
7. Tribst, A. A. L., Falcade, L. T. P., de Oliveira, M. M. (2018). Strategies for raw sheep milk storage in smallholdings: Effect of freezing or long-term refrigerated storage on microbial growth. *Journal of Dairy Science*, 102(6), 4960–4971. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15715>
8. Buyanova, I. V., Lupinskaja, S. M., Lobacheva, E. M. (2018). Technological aspects of cold storage of protein dairy products. *Food Processing: Techniques and Technology*, 48(4), 5–11. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-5-11> (In Russian)
9. Nurliyani, Suranindyah, Y., Pretiwi, P. (2015). Quality and emulsion stability of milk from ettawah crossed bred goat during frozen storage. *Procedia Food Science*, 3, 142–149. <https://doi.org/10.1016/j.profoo.2015.01.015>
10. Lima, L. R. do N., Negreiros, I. F. L., da Silva, E. F., Ramos, L. de S. N. (2021). Physicochemical characteristics of goat's milk submitted to different freezing periods. *Research, Society and Development*, 10(4), Article e23710414089. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i4.14089> (In Portuguese)
11. Yu, Z., Qiao, C., Zhang, X., Yan, L., Li, L., Liu, Y. (2022). Screening of frozen-thawed conditions for keeping nutritive compositions and physicochemical characteristics of goat milk. *Journal of Dairy Science*, 104(4), 4108–4118. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19238>
12. Hassan, Z., Hamzawi, L., el Naga, M. A. (2010). Effect of frozen storage on the microbiological and technological properties of buffalo's milk. *Journal of Food and Dairy Sciences*, 1(12), 765–779. <http://doi.org/10.21608/jfds.2010.82516>
13. Alshynbayev, O., Mussabekov, A., Polatova, N. (2020) The change dynamics of the biochemical composition of frozen summer and winter mare'smilk at its storage. Bulletin of Shakarim University. *Technical Sciences*, (4(92)), 245–247. (In Kazakh)

14. Kruchinin, A. G., Turovskaya, S. N., Illarionova, E. E., Bigaeva, A. V. (2020). On the issue of the effect of freezing on the technological properties of milk. *Journal of International Academy of Refrigeration*, 3, 58–63. <https://doi.org/10.17586/1606-4313-2020-19-3-58-63> (In Russian)
15. Wendorff, W. L. (2001). Freezing qualities of raw ovine milk for further processing. *Journal of Dairy Sciences*, 84(Suppl), E74–E78. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)70200-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)70200-7)
16. Middleditch, D., Robertson, Dr. L. J., Archer, R. H., Soboleva, T. (2022). The effect of frozen storage on sheep milk properties. New Zealand Food Safety Technical Paper No:2022/08 Retrieved from <https://www.mpi.govt.nz/dmsdocument/51265/direct> Accessed Oktober 09, 2023
17. Katsiari, M. C., Voutsinas, L. P., Kondyli, E. (2002). Manufacture of yoghurt from stored frozen sheep's milk. *Food Chemistry*, 77(4), 413–420. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(01\)00367-3](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(01)00367-3)
18. Moreno, M. C. R., Emata, O. C. (2022). Effects of refrigeration, freezing and blast freezing on quality of raw cow's milk. *Mindanao Journal of Science and Technology*, 20(1), 241–255. <https://doi.org/10.61310/mndjstecbe.1096.22>
19. Zhang, R. H., Mustafa, A. F., Ng-Kwai-Hang, K. F., Zhao, X. (2006). Effects of freezing on composition and fatty acid profiles of sheep milk and cheese. *Small Ruminant Research*, 64(3), 203–210. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.04.025>
20. Gantner, V., Mijić, P., Baban, M., Zoran, S., Alka, T. (2015). The overall and fat composition of milk of various species. *Mljekarstvo*, 65(4), 223–231. <http://doi.org/10.15567/mljekarstvo.2015.0401>
21. Amigo, L., Recio, I., Ramos, M. (2000). Genetic polymorphism of ovine milk proteins: Its influence on technological properties of milk – a review. *International Dairy Journal*, 10(3), 135–49. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(00\)00034-0](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(00)00034-0)
22. Musembei, L. M., Bett, R. C., Gachuiri, C. K., Mbono, B. K., Kibegwa, F. M. (2021). Effects of freezing as a post-harvest storage technique on quality of Friesian crossbred cattle milk. *African Journal of Food Science*, 15(7), 298–303. <https://doi.org/10.5897/AJFS2021.2118>
23. Gaber, S. M., Johansen, A.-G., Schüller, R. B., Devold, T. G., Rukke, E.-O., Skeie, S. B. (2020). Effect of freezing temperatures and time on mineral balance, particle size, rennet and acid coagulation of casein concentrates produced by microfiltration. *International Dairy Journal*, 101, Article 104563. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2019.104563>
24. Tribst, A. A. L., Toledo, L., Falcade, P. L., Ribeiro, R., Castro B. R., Júnior, L., Oliveira, M. M. (2019). Impact of extended refrigerated storage and freezing/thawing storage combination on physicochemical and microstructural characteristics of raw whole and skimmed sheep milk. *International Dairy Journal*, 94, 29–37. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2019.02.013>
25. Pazzola, M., Dettori, M. L., Piras, G., Pira, E., Manca, F., Puggioni, O. et al. (2013). The effect of long-term freezing on renneting properties of sarda sheep milk. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 78(3), 275–279.
26. Biegalski, J., Cais-Sokolińska, D., Tomaszewska-Gras J., Baranowska H. M. (2021). The effect of freezing sheep's milk on the meltability, texture, melting and fat crystallization profiles of fresh pasta filata cheese. *Animals*, 11, Article 2740. <https://doi.org/10.3390/ani11092740>
27. Alinovi, M., Wiking, L., Corredig, M., Mucchetti, G. (2020). Effect of frozen and refrigerated storage on proteolysis and physicochemical properties of high-moisture citric mozzarella cheese. *Journal of Dairy Sciences*, 103(9), 7775–7790. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18396>
28. Alinovi, M., Mucchetti, G., Wiking, L., Corredig, M. (2020). Freezing as a solution to preserve the quality of dairy products: The case of milk, curds and cheese. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 61(20), 3340–3360. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1798348>
29. Doan, N. D., Solah, V. (2020). Effects of frozen storage on the physical properties and sensory acceptability of goat's milk yoghurt. *Vietnam Journal of Agricultural Sciences*, 3(1), 487–494. <https://doi.org/10.31817/vjas.2020.3.1.01>
30. Sarica, E., Coşkun, H. (2021). Effect of frozen storage on some characteristics of kefir samples made from cow's and goat's milk. *Food Science and Technology International*, 28(2), 157–168. <https://doi.org/10.1177/10820132211003710>
31. Tejada, L., Sánchez, E., Gómez, R., Vioque, M., Fernández-Salguero, J. (2002). Effect of freezing and frozen storage on chemical and microbiological characteristics in sheep milk cheese. *Journal Food Science*, 67, 126–129. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb11371.x>
32. Digvijaya, Kelly, A. L., Lamichhane, P. (2023). Ice crystallization and structural changes in cheese during freezing and frozen storage: Implications for functional properties. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. <https://doi.org/10.1080/10408398.2023.2277357>
33. Alvarenga, N., Canada, J., Sousa, I. (2011). Effect of freezing on the rheological, chemical and colour properties of Serpa cheese. *Journal Dairy Research*, 78(1), 80–87. <https://doi.org/10.1017/S0022029910000841>
34. Fontecha, J., Peláez, C., Juárez, M., Martín-Hernández, M. C. (2009). Effect of freezing and frozen storage on the physicochemical, organoleptic and microbiological characteristics of a semi-hard ewes' milk cheese. *Journal of Dairy Research*, 61(1), 133–142. <https://doi.org/10.1017/S0022029900028120>
35. Tejada, L., Sánchez, E., Gómez, R., Vioque, M., Fernández-Salguero, J. (2000). Effect of freezing and frozen storage on the sensorial characteristics of los pedroches, a Spanish ewe cheese. *Journal of Sensory Studies*, 15(3), 251–262. <https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.2000.tb00270.x>
36. Sviridenko, G. M., Kalabushkin, V.V., Shishkina, A. N., Uskova, E. E. (2020). Research on the possibility of extending the shelf life of cheese raw material and heat-treated cheese by their freezing for further use in HoReCa. *Food Systems*, 3(4), 39–44. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2020-3-4-39-44>
37. Mordvinova, V. A., Sviridenko, G. M., Ostroukhova, I. L., Ostroukhov, D. V. (2023). To study the possibility of producing semi-hard cheeses from frozen goat's milk. *Food Systems*, 6(1), 72–79. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-1-72-79> (In Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	AUTHOR INFORMATION
Принадлежность к организации	Affiliation
<p>Мордвинова Валентина Александровна — кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, руководитель отдела сыроделия, Всероссийский научно-исследовательский институт маслоделия и сыроделия 152613, Ярославская область, Углич, Красноармейский бульвар, 19 Тел.: +7-915-970-36-38 E-mail: v.mordvinova@fncps.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8588-7103</p>	<p>Valentina A. Mordvinova, Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher, Head of Cheese Making Department, All-Russian Scientific Research Institute of Butter- and Cheesemaking 19, Krasnoarmeysky Boulevard, Uglich, 152613, Yaroslavl Region, Russia Tel.: +7-915-970-36-38 E-mail: v.mordvinova@fncps.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8588-7103</p>
<p>Сviridenko Галина Михайловна — доктор технических наук, главный научный сотрудник, руководитель отдела микробиологии, Всероссийский научно-исследовательский институт маслоделия и сыроделия 152613, Ярославская область, Углич, Красноармейский бульвар, 19 Тел.: +7-903-823-56-88 E-mail: g.sviridenko@fncps.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9586-3786</p>	<p>Galina M. Sviridenko, Doctor of Technical Sciences, Leading Researcher, Head of Research Department of Microbiology, All-Russian Scientific Research Institute of Butter- and Cheesemaking 152613, Yaroslavl Region, Uglich, Krasnoarmeysky Boulevard, 19 Tel.: +7-915-970-36-38 E-mail: g.sviridenko@fncps.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9586-3786</p>
<p>Остроухова Ирина Леонидовна — кандидат технических наук, старший научный сотрудник, отдел сыроделия, Всероссийский научно-исследовательский институт маслоделия и сыроделия 152613, Ярославская область, Углич, Красноармейский бульвар, 19 Тел.: +7-910-972-91-22 E-mail: i.ostroukhova@fncps.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8578-4163 * автор для контактов</p>	<p>Irina L. Ostroukhova, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, Department of Cheese Making, All-Russian Scientific Research Institute of Butter- and Cheesemaking 19, Krasnoarmeysky Boulevard, Uglich, 152613, Yaroslavl Region, Russia Tel.: +7-910-972-91-22 E-mail: i.ostroukhova@fncps.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8578-4163 * corresponding author</p>
<p>Остроухов Дмитрий Вячеславович — научный сотрудник, отдел сыроделия, Всероссийский научно-исследовательский институт маслоделия и сыроделия 152613, Ярославская область, Углич, Красноармейский бульвар, 19 Тел.: +7-999-797-41-43 E-mail: d.ostroukhov@fncps.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7131-7887</p>	<p>Dmitry V. Ostroukhov, Researcher, Department of Cheese Making, All-Russian Scientific Research Institute of Butter- and Cheesemaking 19, Krasnoarmeysky Boulevard, Uglich, 152613, Yaroslavl Region, Russia Tel.: +7-999-797-41-43 E-mail: d.ostroukhov@fncps.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7131-7887</p>
Критерии авторства	Contribution
<p>Авторы в равных долях имеют отношение к написанию рукописи и одинаково несут ответственность за плагиат.</p>	<p>Authors equally relevant to the writing of the manuscript, and equally responsible for plagiarism.</p>
Конфликт интересов	Conflict of interest
<p>Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.</p>	<p>The authors declare no conflict of interest.</p>