

ВЛИЯНИЕ ЗАМОРАЖИВАНИЯ НА КИНЕТИКУ ГЕЛЕОБРАЗОВАНИЯ И МИКРОСТРУКТУРУ ГЕЛЯ КОЗЬЕГО МОЛОКА

¹А.Е. АБДУЛГАМИТОВА , ¹И.Т. СМЫКОВ* 

¹(«Всероссийский научно-исследовательский институт маслоделия и сыроделия» – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр пищевых систем имени В.М. Горбатова», Россия, 152613, Ярославская обл., г. Углич, Красноармейский бульвар, д. 19)

Электронная почта автора корреспондента: i_smykov@mail.ru*

Одной из главных проблем переработки козьего молока являются малые надои, сезонность, необходимость накопления определенного количества козьего молока для переработки, трудности с транспортировкой из отдаленных районов. Замораживание козьего молока для целей его накопления при производстве ферментированных молочных продуктов связано с изменением его свойств, которые могут существенно влиять на производственные процессы. Целью этой работы является исследование влияния замораживания – размораживания козьего молока на кинетику сычужного гелеобразования и микроструктуру геля в сравнении со свежим цельным козьим и коровьим молоком. Показано, что длительность первичной ферментативной фазы гелеобразования в образце размороженного козьего молока близка к длительности первичной фазы сырого коровьего молока. Во вторичной фазе гелеобразования конечное значение модуля упругости сгустка размороженного козьего молока близко к значению модуля упругости сгустка сырого козьего молока.

Ключевые слова: козье молоко, замораживание-размораживание, физико-химические характеристики, кинетика гелеобразования, мицеллы казеина, электронная микроскопия, микроструктура.

ГЕЛЬДІҢ ТҮЗІЛУ КИНЕТИКАСЫНА ҚҰЗДАУДЫҢ ӘСЕРІ ЖӘНЕ ЕШКІ СҮТІ ГЕЛЬДІҢ МИКРО ҚҰРЫЛЫМЫ

¹А.Е. АБДУЛГАМИТОВА, ¹И.Т. СМЫКОВ*

¹(«Бүкілресейлік май және ірімшік жасау ғылыми-зерттеу институты» – Федералдық мемлекеттік бюджеттік ғылыми мекеменің филиалы «В.М. Горбатов атындағы азық-түлік жүйелерінің федералдық ғылыми орталығы» Ресей, 152613, Ярославль облысы, Углич қ., Красноармейский бульвары, 19)

Автор-корреспонденттің электрондық поштасы: i_smykov@mail.ru

Ешкі сүтін қайта өңдеудің негізгі мәселелерінің бірі – сүт өнімділігінің төмендігі, маусымдылық, өңдеу үшін ешкі сүтінің белгілі бір мөлшерін жинақтау қажеттілігі, шағын аудандардан тасымалдаудағы қиындықтар. Сүтқышқылды сүт өнімдері өндіруде оны жинақтау мақсатында ешкі сүтін мұздату - оның қасиеттерінің өзгеруімен байланысты, бұл өндірістік процестерге айтарлықтай әсер етуі мүмкін. Бұл жұмыстың мақсаты ешкі және сиыр сүтімен салыстырғанда мұздатылған/ерітілген ешкі сүтінің гелдік кинетикасына және гел микрoқұрылымына әсерін зерттеу. Ерітілген ешкі сүтінің үлгісінде гелденудің біріншілік ферментативті фазасының ұзақтығы шикі сиыр сүтінің біріншілік фазасының ұзақтығына жақын екені көрсетілген. Гелденудің екінші фазасында еріген ешкі сүтінің икемділік модулінің соңғы мәні шикі сүт ұйығышының серпінділік модулінің мәніне жақын болады.

Негізгі сөздер: ешкі сүті, мұздату-еріту, физика-химиялық сипаттамалар, гелдік кинетика, казеин мицеллалары, электронды микроскопия, микрoқұрылым.

INFLUENCE OF FREEZING ON THE KINETICS OF MILK GELATION AND THE MICROSTRUCTURE OF GOAT MILK GEL

¹A.Y. ABDUGAMITOVA, ¹I.T. SMYKOV*

¹(«All-Russian Scientific Research Institute of Butter and Cheese Making» - a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution " V.M. Gorbатов Federal Scientific Center for Food Systems", Russia, 152613, Yaroslavl region, Uglich, Krasnoarmeisky boulevard, 19)

Corresponding author e-mail: i_smykov@mail.ru*

One of the main problems of goat milk processing is low milk yields, seasonality, the need to accumulate a certain amount of goat milk for processing, difficulties with transportation from remote areas. Freezing of goat's milk for the purpose of its accumulation in the production of fermented dairy products is associated with a change in its properties, which can significantly affect production processes. The aim of this work is to study the effect of freezing–thawing of goat's milk on the kinetics of rennet gelation and the microstructure of the gel in comparison with fresh whole goat's and cow's milk. It is shown that the duration of the primary enzymatic phase of gelation in a sample of thawed goat's milk is close to the duration of the primary phase of raw cow's milk. In the secondary phase of gelation, the final value of the elastic modulus of a clot of thawed goat's milk is close to the value of the elastic modulus of a clot of raw goat's milk.

Keywords: goat milk, frozen-thawed, physicochemical characteristic, milk gelation kinetic, casein micelles, electron microscopy, microstructure.

Введение

Молочные продукты из козьего молока обладают множеством полезных свойств, которые поддерживают иммунитет и положительно влияют практически на все органы и системы человеческого организма. В обстоятельном обзоре [1] пробиотических свойств молока и ферментированных продуктов из него отмечается, что молоко коз обладает высоким потенциалом для успешной доставки пробиотиков, и, несмотря на его меньшую привлекательность из-за привкуса в некоторых продуктах, использование козьего молока в качестве пробиотического носителя быстро возросло за последнее десятилетие. Производство востребованных на рынке натуральных продуктов из козьего молока, популярность которых возрастает в настоящее время, и в России, и в Казахстане, существенно отстает от потребления аналогичных продуктов во многих странах. Если в Нидерландах потребление козьего молока составляет около 20 литров в год, то в России 0,1 кг на человека в год [2], а в Казахстане счет идет на граммы [3].

Козье молоко чаще всего производится в небольших хозяйствах, что сопровождается заметным влиянием сезонности на производство молока, низкой продуктивностью коз и короткими периодами лактации. К тому же средний годовой удой коз значительно ниже, чем у коров. Поэтому перерабатывающие

предприятия вынуждены принимать и накапливать определенное количество козьего молока для получения товарных молочных продуктов. Всё это является большой проблемой и препятствует непрерывности и эффективности промышленного производства.

Для решения этой проблемы молочные хозяйства увеличивают производство козьего молока, как сырья для переработки, благодаря принимаемым государственным программам развития АПК и мерам по субсидированию производства молока. К примеру, в Казахстане стабильными темпами увеличивается численность поголовья скота, по данным МСХ Казахстана [3], за 2021 год объем валовой продукции животноводства увеличился на 3,6 %. Поголовье овец и коз по итогам 2021 года увеличилось на 4 % (20,9 млн. голов) [4]. Молочные хозяйства расширяют объемы и ассортимент выпускаемой продукции за счёт повышения эффективности переработки козьего молока, применяя новые технологии и разрабатывая новые рецептуры продуктов.

Однако все эти применяемые меры не дают окончательного решения проблемы сезонности, низкой продуктивности коз и короткими периодами лактации. Учитывая вышесказанное, несомненно, что разработка новых технологий для расширения ассортимента и повышения эффективности произ-

водства молочных продуктов из козьего молока является актуальной задачей.

Особое место среди молочных продуктов занимает козий сыр, благодаря своей пищевой ценности, обусловленной высокой концентрацией белков, жиров, незаменимых аминокислот, солей кальция, фосфора необходимых для сбалансированного питания человека [3, 6]. Важно и то, что козий сыр не вызывает аллергии. Однако, именно для эффективного производство сыра необходимо иметь одновременно большое количество молока (до нескольких тонн). Накапливать такое количество скоропортящегося продукта очень сложно, поэтому замораживание козьего молока в периоды высокого удоя и размораживание его в периоды низкого удоя может быть решением проблемы. Замороженный продукт имеет долгий срок хранения, удобен для транспортировки, восстанавливает свои свойства при размораживании и применим для дальнейшей переработки. В связи с этим актуальна разработка технологии получения сыра из замороженного козьего молока [7].

Исследованиями зарубежных ученых [8] показано, что замораживание является наиболее безопасным и доступным способом увеличения сроков хранения овечьего и козьего молока, как сырья для переработки. В работе [9] проведены исследования влияния условий замораживания-оттаивания на сохранение состава и физико-химических показателей козьего молока. Показано, что по сравнению со свежим козьим молоком в заморожено-размороженном молоке снижены содержание жира, белка и лактозы, а также поверхностное натяжение и коэффициент стабильности, при этом повышены эффективный диаметр и индекс полидисперсности. Влиянию замораживания молока на профили плавления, текстуру, плавление и кристаллизацию жира свежего сыра посвящена работа [10], в которой отмечено, что в некоторых случаях замораживание молока привело к потере освежающего вкуса, эластичности и блеска сыров.

Ключевым моментом производства многих видов сыров является формирование сычужного молочного сгустка. Этому вопросу посвящено огромное количество исследовательских работ, однако, в основной массе, они направлены на рассмотрение гелеобразования в коровьем молоке. В значительно меньшей мере исследуется сычужное гелеобразование в свежем овечьем и козьем мо-

локе [11]. И очень мало исследований по влиянию замораживания на кинетику гелеобразования в овечьем и козьем молоке. Одна из немногих таких работ [12], в которой для исследований кинетики сычужного гелеобразования в размороженном овечьем молоке был использован прибор *Formagraph*, показала, что время свертывания было больше в предварительно замороженных пробах, а плотность сгустка уменьшилась при хранении замороженного молока более пяти месяцев. Аналогичных работ по сычужному гелеобразованию замороженного-размороженного козьего молока в доступных источниках информации не обнаружено.

Исследованиям микроструктуры сычужных гелей козьего молока также уделяется очень мало внимания в мировой литературе. В работе [13] приведены результаты исследований микроструктуры белков козьего молока под действием различных факторов, однако и здесь влияние процесса замораживания-размораживания не рассматривалось.

Целью этой работы является исследование влияния замораживания-размораживания козьего молока на кинетику сычужного гелеобразования и микроструктуру геля в сравнении со свежим цельным козьим и коровьим молоком. Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

- исследовать кинетику гелеобразования в образцах молока аппаратным методом;
- провести исследования микроструктуры молочного геля с помощью трансмиссионного электронного микроскопа.

Материалы и методы исследований

Исследования проводились в лабораториях Всероссийского научно-исследовательского института маслоделия и сыроделия – филиала ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» (Россия, Ярославская область, г. Углич).

Образцы коровьего молока получены в ООО «АгриВолга», дер. Бурмасово, Угличский район, Ярославская область, Россия. Содержание жира 4-4,2%, белка – 3,4-3,7%.

Образцы козьего молока получены у крестьянских хозяйств Илийского района Алматинской области. Натуральное козье молоко было охлаждено до $4 \pm 1^\circ\text{C}$ и транспортировалось в г. Углич в термоконтейнере, способном сохранять температуру продукта в течение 48 часов.

Замораживание козьего молока проводили при температуре $-28 \pm 2^\circ\text{C}$. Транспортирование в г. Углич осуществляли в термоконтейнере, способном сохранять температуру продукта в течение 48 часов. Размораживание козьего молока проводили перед проведением исследований при температуре $4 \pm 1^\circ\text{C}$ в течение 10 часов.

В исследованиях использовали молоко-свёртывающий препарат Chi-max 600 Liquid (Chr Hansen A/S, Hoersholm, Denmark), в концентрации 0,0035% и перемешивании молока в течение 2 мин. Гелеобразование проводили при температуре $35 \pm 1^\circ\text{C}$.

Анализ образцов молочного сырья и готовых продуктов проводился следующими стандартными методами:

- методы отбора проб и подготовка их к анализу проводили по ГОСТ 13928;
- определения жира проводили методом, указанным в ГОСТ 5867;
- определения кислотности осуществляли титриметрическим методом по ГОСТ 3624;
- определение плотности молока осуществляли по СТ РК 1483-2005;
- органолептическая оценка сырья по ГОСТ-32260;

Кинетику сычужного гелеобразования в образцах молока проводили с помощью аппарата для онлайн мониторинга процесса коагуляции молока по патенту [14].

Электронно-микроскопические исследования микроструктуры молочного геля проводили с помощью трансмиссионного электронного микроскопа EM-410 ("Philips", the Netherlands). Подготовку образцов для электронной микроскопии производили с использованием метода негативного контрастирования препарата молочного геля раствором уранилацетата.

Образцы молока и молочного геля отбирали в процессе гелеобразования через определенные моменты времени. Все отобранные образцы фиксировали при комнатной температуре 2%-м раствором глутаральдегида в 0,1 М фосфатном буфере Sorenson, pH 7,2, в течение 20 мин (0,1 мл молока к 1 мл фиксатива). После чего зафиксированные

образцы разбавляли дистиллированной водой в соотношении 1:100.

Пипеткой брали каплю (5 мкл) зафиксированного образца и переносили её на медную сетку, покрытую плёнкой нитроцеллюлозы, и выдерживали в течение 2-х минут для осаждения дисперсных частиц на поверхность плёнки. Повышение контрастности образца производили его негативным окрашиванием. Для этого пипеткой переносили каплю (2 мкл) 4 % раствора уранилацетата на каплю зафиксированного образца, находящуюся на сетке, и выдерживали 4 мин. После выдержки излишки раствора убирали с поверхности сетки фильтровальной бумагой и помещали в вакуумную камеру для окончательной сушки при комнатной температуре. Полученный образец переносили в электронный микроскоп для исследований.

Статистическую обработку полученных результатов проводили с помощью программы Excel 2010 (Microsoft Inc., Редмонд, Вашингтон, США). Был использован уровень значимости $P < 0,05$.

Результаты и их обсуждение

Сравнительный анализ козьего и коровьего молока в работе [15] показывает расхождения в соотношении основных компонентов (жир, белок, лактоза и зола), а также их различия в химической природе. Такие белки как α_1 -казеин, γ -казеин, иммуноглобулины, сывороточный альбумин в козьем молоке отсутствуют, но за счет β -казеина и α -лактальбумина, количество которого значительно больше, чем в коровьем молоке, общее количество белка в козьем молоке не уступает коровьему. Наряду с этим витаминный состав и минеральный состав козьего молока значительно шире. Соответственно, можно предположить, что кинетика сычужного гелеобразования в различных образцах молока, а также микроструктура образующихся гелей будут отличаться друг от друга.

При поведении работы были подготовлены и исследованы следующие образцы молока: 1- размороженное козье молоко; 2- свежее козье молоко; 3- свежее коровье молоко. Органолептические и физико-химические свойства исследуемых образцов представлены в таблице 1.

Таблица 1- Органолептические и физико-химические свойства образцов коровьего и козьего молока

№	Наименование показателя	Образец 1	Образец 2	Образец 3
1	Цвет	Бледно-желтый	Бледно-желтый	Белый
2	Вкус и запах	Чистый, без посторонних запахов и привкусов, не свойственных свежему козьему молоку.	Чистый, без посторонних запахов и привкусов, не свойственных свежему козьему молоку.	Чистый, без посторонних запахов и привкусов
3	Консистенция и внешний вид	Однородная жидкость без осадка и хлопьев белка	Однородная жидкость без осадка и хлопьев белка	Однородная жидкость без осадка и хлопьев белка
4	Массовая доля жира, %	4,5±0,05	4,5±0,05	4±0,05
5	Массовая доля белка, %	3,8±0,3	3,8±0,3	3,4±0,3
6	Плотность, г/см ³	1,3	1,3	1,3
7	Титруемая кислотность, °Т	17	17	17

Анализируя данные таблицы 1, можно отметить, что в образцах 1 и 2 массовая доля жира одинаковая, тогда как в свежем коровьем молоке (образец 3) ниже на 0,5%. Кислотность козьего молока в образцах 1,2,3 составила 17°Т, что свидетельствует о свежести молока. Содержание белков в образцах №1 и №2 составило 3,8%, тогда как в образце №3 составило на 0,4% ниже. Исходя из данных таблицы 1, можно отметить, что процесс замораживания-размораживания козьего молока не повлиял на количественное содержание его главных компонентов – жира и белка.

Разница в массовом содержании белка в козьем и коровьем молоке может объясняться тем, что в козьем молоке отсутствует белок аллерген α_1 -казеин, но вместе с тем имеется значительно большее количество β -

казеина, чем и объясняется разница в испытуемых образцах.

Исследования показали, что по запаху и вкусу козье молоко отличается от коровьего и от молока других видов животных. Вероятно, это связано с тем, что в козьем молоке содержится вдвое больше калия, по сравнению с коровьим молоком, роль которого особенно велика в деятельности сердечно-сосудистой системы [16]. Вместе с тем, мы учитывали, что на содержание белков и жира влияет кормовая база и условия содержания животных.

Исходя из предположения, что замораживание и размораживание козьего молока предназначено для накопления молока перед производством сыров, были проведены сравнительные исследования этого процесса на кинетику сычужного гелеобразования в указанных образцах (Рис. 1).



Рисунок 1. Кинетика сычужного гелеобразования в молоке

Как видно из рисунка 1, длительности первичной ферментативной фазы гелеобразования в образцах сырого козьего и коровьего молока существенно различаются. При одинаковых дозах молока свёртывающего препарата и одной и той же температуре образцов козье молоко свёртывается почти в два раза быстрее. Во вторичной фазе гелеобразования конечное значение модуля упругости сгустка козьего молока значительно выше, чем сгустка коровьего молока. Сгусток козьего молока органолептически представляется более плотным, его влагоудерживающая способность также более высокая.

Кинетика сычужного гелеобразования в размороженном козьем молоке сочетает в себе признаки кинетики гелеобразования сырого коровьего и козьего молока. Так длительность первичной ферментативной фазы гелеобразования в образце размороженного козьего молока близка к длительности первичной фазы сырого коровьего молока. Вместе с тем, во вторичной фазе гелеобразования конечное значение модуля упругости сгустка размороженного козьего молока

близко к значению модуля упругости сгустка сырого козьего молока.

При выработке сыров из размороженного козьего молока необходимо учитывать полученные результаты исследования и регулировать модуль упругости молочного сгустка и время ферментативной фазы гелеобразования по мере готовности сгустка к разрезке. Осуществлять это регулирование возможно как изменением дозы вносимого молока свёртывающего фермента, так и температурой процесса.

Параллельно с исследованиями кинетики сычужного гелеобразования в молоке был проведен отбор проб для электронно-микроскопических исследований. Цель этих исследований заключалась в выявлении изменений в мицеллах казеина козьего молока после его замораживания-размораживания и изменения микроструктуры молочного геля после внесения молока свёртывающего препарата. Электронно-микроскопические фотографии, полученные в ходе исследований, представлены на рисунках 2-8.

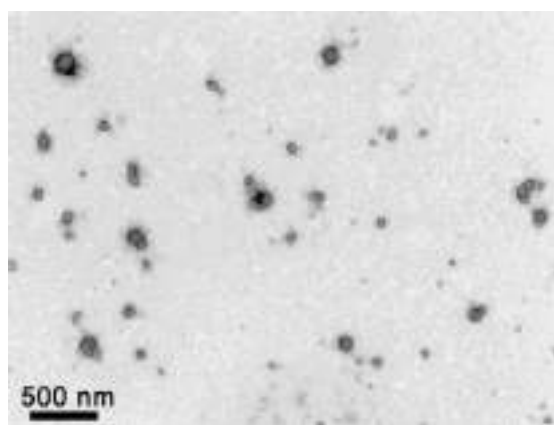


Рисунок 2. Мицеллы казеина в коровьем молоке

Мицеллы казеина в свежем коровьем молоке, показанные на рисунке 2, имеют хорошо выраженную сферическую форму, но различные размеры, что характерно для коровьего молока. Использование уранилацетата для контрастирования препарата, позволяет выявить на поверхности мицелл к-казеин, точнее его гликомакропептид (тёмный ободок), образующий на поверхности ми-

целл защитную ворсистую щётку, препятствующую агрегированию мицелл.

Мицеллы казеина в свежем козьем молоке, показаны на рисунке 3. Сравнивая это изображение с рисунком 2 можно отметить как их сходство, так и некоторое отличие. Здесь наблюдается большое количество очень мелких белковых частиц сферической формы.

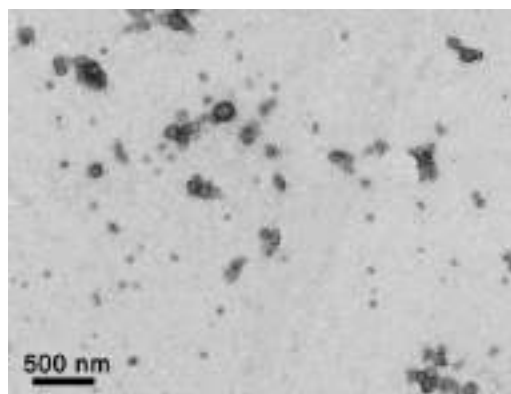


Рисунок 3. Мицеллы казеина в свежем козьем молоке

На рисунке 4 показана фотография мицелл казеина в размороженном козьем молоке. Она резко отличается от фотографий мицелл на рисунках 2 и 3. Замораживание-размораживание козьего молока привело к сокращению числа изолированных мицелл казеина, образованию мелких агрегатов из них и частичной адсорбции на них посторонних белковых молекул, препятствующих действию ферментных препаратов, что и объясняет увеличение длительности первичной фазы гелеобразования.

Более подробное исследование микроструктуры размороженного молока позволяет уточнить механизм действия процесса замо-

раживания-размораживания на белковые частицы в козьем молоке. На рисунке 5 показана другая фотография микроструктуры размороженного козьего молока. Как можно предположить из этой фотографии, при замораживании в молоке были образованы первичные микрокристаллы льда, которые находясь в хаотичном движении, адсорбировали на своей поверхности мицеллы казеина и другие белковые частицы, которые взаимодействовали между собой. После размораживания лед растаял, а адсорбированные агрегаты мицелл и других белковых частиц сохранили форму растаявших кристаллов льда.

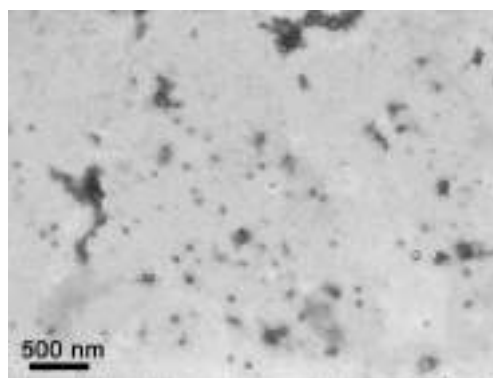


Рисунок 4. Мицеллы казеина в размороженном козьем молоке

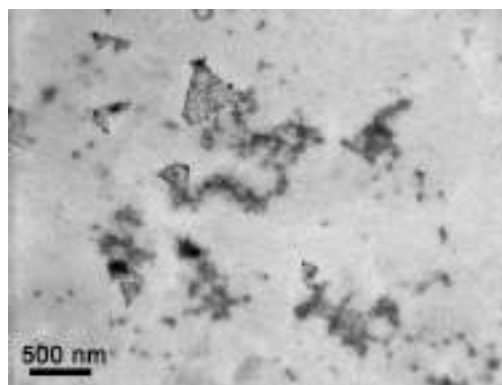


Рисунок 5. Мицеллы казеина в размороженном козьем молоке

Во вторичной фазе гелеобразования в молоке происходит интенсивное образование агрегатов мицелл казеина и дальнейшее их объединение в единую пространственную структуру. Исследованию микроstructures молочного геля посвящена следующая часть работы. На рисунке 6 показана фотография агрегатов мицелл казеина в сгустке из свежего коровьего молока.

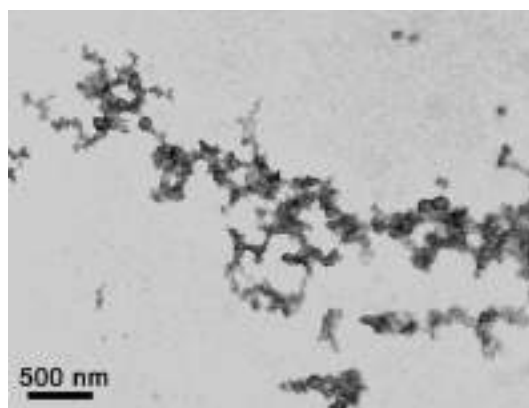


Рисунок 6. Агрегаты мицелл казеина в сгустке из коровьего молока.

Из анализа этой и ряда других подобных фотографий можно утверждать, что во вторичной фазе гелеобразования мицеллы, полностью или частично потерявшие под действием ферментного препарата гликомакропептид κ - казеина, начинают объединяться в агрегаты. При этом в мицеллах, потерявших гликомакропептид, происходит конформационный фазовый переход и мицеллы теряют сферическую форму, что проявляется на фотографиях в виде филаментов, присутствующих в агрегатах и соединяющих между собой оставшиеся цельные мицеллы.

В свежем козьем молоке при сычужном гелеобразовании происходят те же самые процессы, поэтому фотографии микроstructures геля из козьего и коровьего молока похожи. На рисунке 7 показана фотография агрегатов мицелл казеина в сгустке из свежего козьего молока. Здесь также можно видеть относительно цельные мицеллы казеина, соединённые между собой филаментами казеинов, претерпевших фазовый конформационный переход.

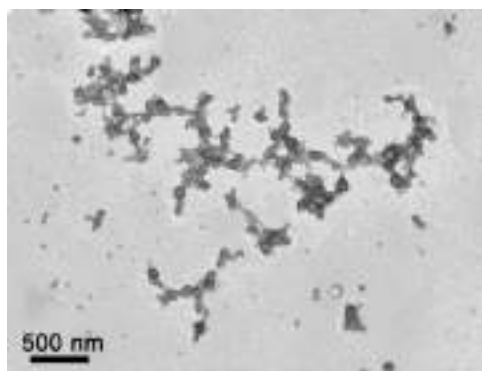


Рисунок 7. Агрегаты мицелл казеина в сгустке из свежего козьего молока

Значительные отличия наблюдаются при сравнительном анализе микроструктуры молочного геля из свежего и размороженно-

го молока. На рисунке 8 показана фотография агрегатов мицелл казеина в сгустке из размороженного козьего молока.

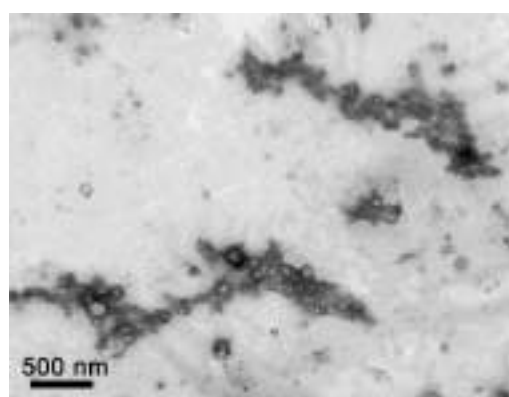


Рисунок 8. Агрегаты мицелл казеина в сгустке из размороженного козьего молока

Несмотря на то, что модули упругости гелей свежего и размороженного козьего молока близки по значениям, их микроструктура различна. В геле из размороженного молока уже не видны явно выраженные филаменты, образующиеся после конформационного фазового перехода в казеинах. Здесь наблюдается облако белковых молекул, в котором находятся отдельные мицеллы. Возможным объяснением этого явления может быть существование более глубокого конформационного фазового перехода в казеинах после замораживания-размораживания молока.

Заключение, выводы

Длительность первичной ферментативной фазы гелеобразования в сыром козьем и коровьем молоке существенно различается. Во вторичной фазе гелеобразования конечное значение модуля упругости сгустка сырого козьего молока значительно выше, чем сгустка сырого коровьего молока.

Сгусток сырого козьего молока органолептически представляется более плотным, его влагоудерживающая способность также более высокая.

Кинетика сычужного гелеобразования в размороженном козьем молоке сочетает в себе признаки кинетики гелеобразования сырого коровьего и козьего молока. Длительность первичной ферментативной фазы гелеобразования в образце размороженного козьего молока близка к длительности первичной фазы сырого коровьего молока. Во вторичной фазе гелеобразования конечное значение модуля упругости сгустка размороженного козьего молока близко к значению модуля упругости сгустка сырого козьего молока.

Образование микрокристаллов льда при замораживании сопровождается адсорбированием на их поверхности мицелл казеина и других белковых частиц. После размораживания адсорбированные на льду мицеллы и белковые частицы образуют вторичные агрегаты.

В геле из замороженного козьего молока образуются агрегаты мицелл казеина в облаке белковых молекул. Возможным объяснением этого явления может быть существование более глубокого конформационного фазового перехода в казеинах, подвергшихся глубокому замораживанию-размораживанию.

Полученные результаты исследования позволяют лучше понять влияние процесса замораживание-размораживание на кинетику гелеобразования в молоке и микроструктуру молочного сгустка и могут быть использованы при разработке новых технологий производства сыров из козьего молока.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ranadheera, C. S., Evans, C. A., Baines, S. K., Balthazar, C. F., Cruz, A. G., Esmerino, E. A., Vasiljevic, T. Probiotics in Goat Milk Products: Delivery Capacity and Ability to Improve Sensory Attributes. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2019. Vol. 18(4), 867–882.
2. Обзор: рынков козьего молока в России и в мире. -(<https://milknews.ru/longridy/rossiya-kozovodstvo-moloko.html>)
3. Жайлаубаев Ж. Д., Смагулова З. Т. Перспективы и особенности переработки козьего молока в Республике Казахстан // *Казахстанская сельскохозяйственная газета «Аграрий Казахстана»*, 2018.- №.- 22. С. 60.
4. Численность поголовья скота в Казахстане.-(https://www.inform.kz/ru/chislennost-pogolov-ya-skota-i-pticy-uvlichilas-v-kazahstane_a3902886)
5. Щетинина Е. М. Разработка технологии мягкого сыра на основе козьего молока для функционального питания.-(<http://www.dslib.net/tehnologia-mjasa/razrabotka-tehnologii-mjagkogo-syra-na-osnove-kozego-moloka-dlja-funkcionalnogo.html>)
6. Гудков А. В. Сыроделие: технологические, биологические и физико-химические аспекты. М.: Де Ли Принт, 2003 -804 с.
7. Wendorff, W. L. Freezing Qualities of Raw Ovine Milk for Further Processing. // *Journal of Dairy Science*, 2001, Vol. 84, E74–E78.
8. Yu, Z., Qiao, C., Zhang, X., Yan, L., Li, L., Liu, Y. Screening of frozen-thawed conditions for keeping nutritive compositions and physicochemical characteristics of goat milk. // *Journal of Dairy Science*. 2021, Vol. 104, P.4108–4118.
9. Biegalski J, Cais-Sokolińska D, Tomaszewska-Gras J, Baranowska HM. The Effect of Freezing Sheep's Milk on the Meltability, Texture, Melting and Fat Crystallization Profiles of Fresh Pasta Filata Cheese. *Animals*. 2021; 11(9):2740.
10. Pazzola, M., Dettori, M. L., Piras G., Pira, E., Manca, F., Puggoni, O., Noce A., Vacca G. M. The Effect of Long-term Freezing on Renneting Properties of Sarda Sheep Milk. // *Agriculturae Conspectus Scientificus*. 2013, Vol. 78, No. 3 (275-279).
11. Hovjecki M., Miloradovic Z., Barukčić I., Blažić M, Miocinovic, J. Rheological Properties of Goat Milk Coagulation as Affected by Rennet Concentration, pH and Temperature. *Fermentation*, 2022, 8(6), 291.
12. Мордвинова В. А., Свицеренко Г. М., Остроухова И. Л. Горгонзола в России // *Сыроделие и маслоделие*. -2020.-№6.-С.22-25
13. Qin Y., Cheng, M., Wang L., Huang M., Wang J., Wang C. Comparative study on the microstructure and functional properties of casein in goat milk processed by different methods. // *International Journal of Food Science & Technology*, (2020). 56(4), 1682–1689. (<https://doi.org/10.1111/ijfs.14789>)
14. Патент №2662971 С2 RU, Аппарат для онлайн мониторинга процесса коагуляции молока: G01N33/04 / Смыков И.Т. заявл. №2016145329; от 18.11.2016; опубл. 31.07.2018.
15. Срок годности пищевых продуктов: расчёт и испытание // под ред. Р.Стелек; пер.с англ. В. Широкова; под общ. ред. Ю. Г. Базарновой. -СПб.: Профессия, 2006 -480 с.
16. Симоненко С. В., Лесь, Г. М., Хованова И. В. Особенности состава козьего молока как компонента продуктов питания // *Труды Белорусского государственного университета: научный журнал*. 2011: Том 4. Часть 1.-С.264-268.

REFERENCES

1. Ranadheera, C. S., Evans, C. A., Baines, S. K., Balthazar, C. F., Cruz, A. G., Esmerino, E. A., Vasiljevic, T. Probiotics in Goat Milk Products: Delivery Capacity and Ability to Improve Sensory Attributes. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2019. Vol. 18(4), 867–882. doi:10.1111/1541-4337.12447
2. Obzor rynkov koz'ego moloka v Rossii i v mire -(<https://milknews.ru/longridy/rossiya-kozovodstvo-moloko.html>) (in Russian)
3. Zhailaubaev Zh. D., Smagulova Z. T. Perspektivy i osobennosti pererabotki koz'ego moloka v Respublike Kazakhstan. // *Kazakhstanskaja sel'skohozaistvennaja gaseta "Agrarii Kazakhstana"*, 2018. №. 22. s. 60. (in Russian)
4. Chislennost pogolovya skota v Kazakhstane.-(https://www.inform.kz/ru/chislennost-pogolov-ya-skota-i-pticy-uvlichilas-v-kazahstane_a3902886) (in Russian)
5. Shetina E. M. Razrabotka tehnologii mjagkogo syra na osnove koz'ego moloka dlya funkcionalnogo pitaniya. -(<http://www.dslib.net/tehnologia-mjasa/razrabotka-tehnologii-mjagkogo-syra-na-osnove-kozego-moloka-dlja-funkcionalnogo.html>) (in Russian)

6. Gudkov A. V. Syrodelie: tehnologicheskie, biologicheskie I fisiko-himicheskie aspekty. M.: De Li Print, 2003 – 804 s. (in Russian)
7. Wendorff, W. L. Freezing Qualities of Raw Ovine Milk for Further Processing. *Journal of Dairy Science*, 2001, Vol. 84, E74–E78. (doi:10.3168/jds.s0022-0302(01)70200-7)
8. Yu, Z., Qiao, C., Zhang, X., Yan, L., Li, L., Liu, Y. Screening of frozen-thawed conditions for keeping nutritive compositions and physicochemical characteristics of goat milk. *Journal of Dairy Science*. 2021, Vol. 104, 4108–4118.
9. Biegalski J, Cais-Sokolińska D, Tomaszewska-Gras J, Baranowska HM. The Effect of Freezing Sheep’s Milk on the Meltability, Texture, Melting and Fat Crystallization Profiles of Fresh Pasta Filata Cheese. *Animals*. 2021; 11(9):2740. (https://doi.org/10.3390/ani11092740)
10. Pazzola, M., Dettori, M. L., Piras G., Pira, E., Manca, F., Puggoni, O., Noce A., Vacca G. M. The Effect of Long-term Freezing on Renneting Properties of Sarda Sheep Milk. *Agriculturae Con-spectus Scientificus*. 2013, Vol. 78, No. 3 (275-279). (https://hrcak.srce.hr/file/157612)
11. Hovjecki M., Miloradovic Z., Barukčić I., Blažić M, Miocinovic, J. Rheological Properties of Goat Milk Coagulation as Affected by Rennet Con-centration, pH and Temperature. *Fermentation*, 2022, 8(6), 291. (https://doi.org/10.3390/fermentation8060291)
12. Mordvinova D. A., Sviderenko G. M. Ost-trouhova I. L. Gorgonsola v Rossii. // *Syrodelie I maslodolie..* -2020.-№6.-s.22-25 (in Russian)
13. Qin Y., Cheng, M., Wang L., Huang M., Wang J., Wang C. Comparative study on the micro-structure and functional properties of casein in goat milk processed by different methods. *International Journal of Food Science & Technology*, (2020). 56(4), 1682–1689. (https://doi.org/10.1111/ijfs.14789)
14. Patent №2662971 C2 RU, Apparat dlya online monitoringa processa koagulacii moloka: G01N33/04 / Smykov I. T. zayavl. №2016145329; ot 18.11.2016; publ. 31.07.2018. (in Russian)
15. Srok godnosti pishevyh produktov: paschet i ispytanie // red. R. Stelek, per. s angl. Shi-rokova V., obsh. red. Yu. G. Bazarnovoi. –SPb.: Pro-fessia, 2006 -480 c.
16. Simonenko S. V., Les' G. M., Khovanova I. V., Golovach T. N., Gavrilenko N. V., Chervyakovskii E. M., Kurchenko V. P. Osobnosti sostava koz'ego moloka kak komponenta produktov pitaniya // Tr. BGU. – 2011. – T. 4, ch. 1. – S. 109-116. (in Russian)