

Научная статья

УДК 637.146

DOI: 10.36718/1819-4036-2022-3-162-170

Александр Геннадьевич Кручинин¹, Елена Евгеньевна Илларионова^{2✉}

^{1,2}Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности, Москва, Россия

¹a_kruchinin@vnimi.org

²e_illarionova@vnimi.org

СРАВНЕНИЕ СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ФЕРМЕНТИРОВАННЫХ МОЛОЧНЫХ КОНЦЕНТРАТОВ

Цель исследования – сравнительная оценка состава и способности к индуцированной сычужным ферментом коагуляции пастеризованного молока-сырья, а также его концентратов, полученных посредством ультрафильтрации (УФ-ретенат) и традиционного вакуум-выпаривания (ВВ-концентрат). Задачи: установить влияние технологии концентрирования и особенностей состава получаемых концентратов на изменение механизма процесса коагуляции. Объекты исследования: молоко-сырье, отнесенное к I классу по сыропригодности; УФ-ретенат с объемным фактором концентрирования 3,5; ВВ-концентрат со степенью сгущения 1,7 по сухим веществам; молокосвертывающие препараты – химозин (Х) и пепсин (П) активностью 100 тыс. у.е. Осуществлен сравнительный анализ кинетики гелеобразования с использованием метода ротационной вискозиметрии, а также исследовано качество модельных сычужных сгустков, произведенных из обезжиренного молока, его УФ-ретената и ВВ-концентрата посредством воздействия эквивалентного количества различных молокосвертывающих препаратов: химозина и пепсина. Результаты эксперимента показали, что метод УФ-обработки обуславливает высокую кинетику гелеобразования ретената и способность к формированию наиболее плотных сгустков по отношению к исходному молоку, а ВВ-концентраты, напротив, демонстрируют низкую коагуляционную способность: слабую структуру коагулятов и увеличенную продолжительность всех периодов сычужного свертывания. Наиболее эффективным способом концентрирования молока с целью получения прочных сычужно-индуцированных молочных гелей является его ультрафильтрация, а использование ВВ-концентратов в молочном производстве имеет определенные перспективы для выработки продуктов, характеризующихся мягкой консистенцией и высокой влажностью сгустков.

Ключевые слова: молоко, ультрафильтрация, вакуум-выпаривание, сычужная коагуляция, ротационная вискозиметрия, пепсин, химозин

Для цитирования: Кручинин А.Г., Илларионова Е.Е. Сравнение структурно-механических характеристик ферментированных молочных концентратов // Вестник КрасГАУ. 2022. № 3. С. 162–170. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-3-162-170.

Alexander Gennadievich Kruchinin¹, Elena Evgenievna Illarionova^{2✉}

^{1,2}All-Russian Scientific Research Institute of Dairy Industry, Moscow, Russia

¹a_kruchinin@vnimi.org

²e_illarionova@vnimi.org

FERMENTED MILK CONCENTRATES STRUCTURAL AND MECHANICAL CHARACTERISTICS COMPARISON

The purpose of the study is a comparative assessment of the composition and ability to rennet-induced coagulation of pasteurized raw milk, as well as its concentrates obtained by ultrafiltration (UV retentate) and traditional vacuum evaporation (HV concentrate). Objectives: to establish the influence of the concentration technology and the peculiarities of the composition of the obtained concentrates on the change in the mechanism of the coagulation process. Objects of the study: raw milk classified as class I in terms of cheese suitability; UV retentate with a volume concentration factor of 3.5; BB-concentrate with a degree of thickening of 1.7 in terms of dry matter; milk-clotting preparations – chymosin (X) and pepsin (P) with an activity of 100 thousand c.u. A comparative analysis of the kinetics of gelation was carried out using the method of rotational viscometry, and the quality of model rennet clots produced from skimmed milk, its UV retentate and BB concentrate was studied by exposure to an equivalent amount of various milk-clotting agents: chymosin and pepsin. The results of the experiment showed that the UV treatment method causes a high kinetics of retentate gelation and the ability to form the densest clots in relation to the original milk, while BB concentrates, on the contrary, demonstrate a low coagulation ability: a weak structure of coagulates and an increased duration of all periods of rennet coagulation. The most effective way to concentrate milk in order to obtain strong rennet-induced milk gels is its ultrafiltration, and the use of explosive concentrates in dairy production has certain prospects for the development of products characterized by a soft consistency and high moisture content of clots.

Keywords: milk, ultrafiltration, vacuum evaporation, rennet coagulation, rotational viscometry, pepsin, chymosin

For citation: Kruchinin A.G., Illarionova E.E. Fermented milk concentrates structural and mechanical characteristics comparison // Bulliten KrasSAU. 2022;(3): 162–170. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2022-3-162-170.

Введение. Интегрирование баромембранных методов обработки сырья в традиционные технологии молочных продуктов получает все большее распространение среди производителей молочной отрасли [1]. На сегодняшний день к основным способам баромембранного разделения можно отнести микрофильтрацию, ультрафильтрацию, нанофильтрацию и обратный осмос [2]. Главным их преимуществом перед классическим вакуум-выпариванием (ВВ) является использование щадящих режимов температурного воздействия (4–50 °С), что обеспечивает максимальное сохранение нативности белковых фракций молока.

Помимо этого использование мембранных технологий позволяет снижать затраты на перевозку цельного молока, энергоёмкость производства при его последующей обработке и, как следствие, интенсифицировать технологический процесс.

Наиболее широко применяемым баромембранным методом в переработке молока является его ультрафильтрация (УФ), позволяющая осуществлять максимальную концентрацию

молочных белков, оставляя практически неизменным состав растворимой фазы. По некоторым исследовательским данным использование УФ-ретентатов в производстве ферментированных продуктов способствует увеличению степени прочности сычужных гелей, обеспечивая наиболее высокую плотность получаемых сгустков [2, 3]. В данном аспекте представляется весьма актуальным получение новых данных по сравнению коагуляционной способности молока-сырья и произведенных из него УФ-ретентата и ВВ-концентрата.

Цель исследования – сравнительная оценка состава и способности к сычужно-индуцированной коагуляции ретентата, полученного посредством ультрафильтрационной обработки молока, концентрата, выработанного путем вакуумного выпаривания, и исходного молока-сырья, осуществляемая при комплексном использовании инструментальных методов динамической реологии в совокупности с оценкой физико-химических свойств модельных сычужных сгустков (коагулятов), полученных из исследуемых образцов.

Задачи: установить влияние технологических факторов концентрирования, селективности мембран и особенностей состава получаемых концентратов на изменение механизма процесса коагуляции.

Объекты и методы. В качестве объектов исследования были выбраны: молоко, отнесенное к I классу по сыропригодности в соответствии с ГОСТ 32901-2014 (п. 8.2); концентрат, полученный из части этого молока путем вакуум-выпаривания со степенью сгущения 1,7 по сухим веществам; ретентат, полученный из другой части молока посредством баромембранной

обработки (ультрафильтрации) с объемным фактором концентрирования 3,5; коммерческие молокосвертывающие препараты – химозин (Х) и пепсин (П) активностью 100 тыс. у. е.

Измерение динамической вязкости (η , сПз) производили на ротационном вискозиметре Brookfield DV-II+Pro с использованием камер для образцов SC4-13R(P), выполненных из высокотеплопроводного материала для обеспечения ускоренного нагрева, с применением измерительного вращающегося шпинделя SC4-3 (рис. 1).

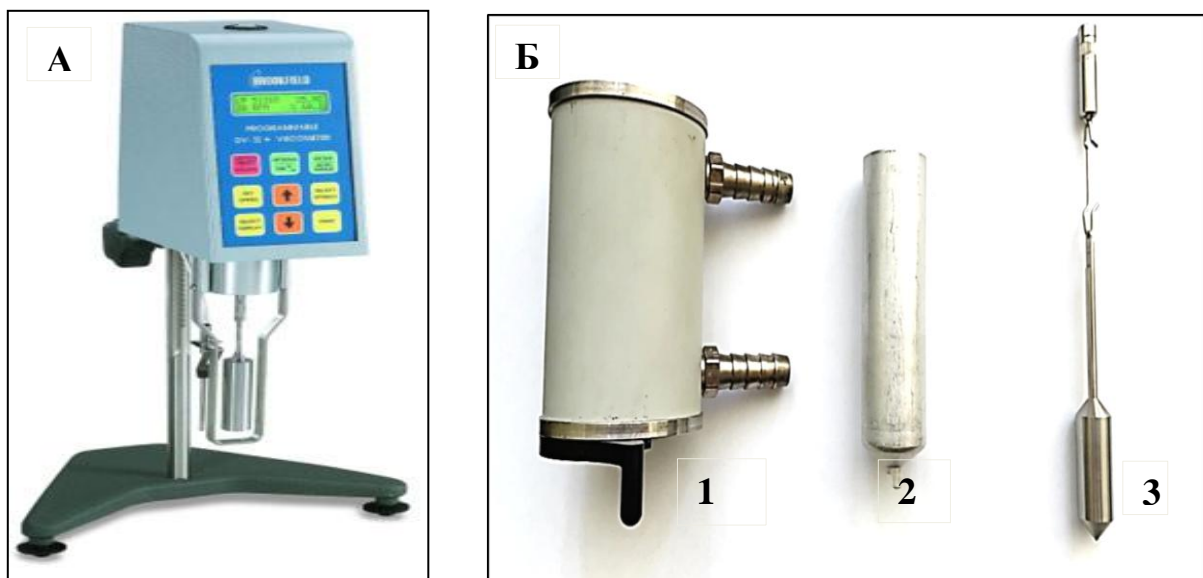


Рис. 1. Внешний вид (А) и измерительные принадлежности (Б) ротационного вискозиметра Brookfield; 1 – водяная баня; 2 – камера для пробы; 3 – шпиндель

На этапе пробоподготовки цельное сырое молоко очищали, обезжиривали путем сепарирования и пастеризовали при температуре (74 ± 2) °С с выдержкой 15–20 с (образец 1). Часть обезжиренного пастеризованного молока (образец 1) концентрировали на однокорпусном лабораторном аппарате при температуре (70 ± 2) °С и разрежении 0,09 МПа для получения пробы с массовой долей сухих веществ (СВ) 16,40 % (образец 2). Другую часть молока (образец 1) охлаждали до температуры (16 ± 2) °С и подвергали УФ-обработке на пилотной установке AL 362, укомплектованной блоком мембранных элементов из полиэфирсульфона с порогом за-

держки 50 кДа (20 нм) для получения ретентата с массовой долей СВ 16,59 % (образец 3).

Показатели качества и безопасности образцов 1, 2 и 3 устанавливали посредством общепринятых методов, регламентированных для пастеризованного молока и обезжиренного сгущенного молока-сырья, а также рекомендованных [4].

Результаты и их обсуждение. По основным физико-химическим и санитарно-гигиеническим параметрам все исследуемые образцы соответствовали требованиям нормативной и технической документации. Наиболее значимые для проводимого исследования результаты приведены в таблице 1.

**Физико-химические показатели образцов обезжиренного молока,
его ВВ-концентрата и УФ-ретентата**

| Показатель | Образец 1 | Образец 2 | Образец 3 |
|----------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Титруемая кислотность, °Т | 16,5 | 31,5 | 25,6 |
| Активная кислотность, рН | 6,73 | 6,60 | 6,75 |
| Массовая доля истинного белка, % | 3,45 | 5,90 | 9,89 |
| Массовая доля казеина, % | 2,77 | 4,72 | 8,44 |
| Массовая доля лактозы, % | 5,39 | 9,11 | 5,32 |
| Массовая доля сухих веществ, % | 9,81 | 16,40 | 16,59 |
| Массовая доля золы, % | 0,80 | 1,38 | 1,24 |

Как следует из представленных данных, титруемая кислотность при ВВ-концентрировании возросла почти в 2 раза, а при использовании УФ-обработки – только в 1,5 раза, что связано с переходом в пермеат части кислых солей и органических кислот. При этом активная кислотность в УФ-ретентате не изменилась ввиду повышения содержания казеиновых фракций и, как следствие, возможного усиления буферных свойств (увеличения количества аминных групп и связанных фосфатов). При сравнении соотношений показателей массовых долей казеина и истинного белка их значения в исходном молоке и ВВ-концентрате были практически равными и составляли 80 %, для УФ-ретентата – 85 %. Однако при сопоставимом содержании СВ в образцах 2 и 3 массовая доля истинного белка в последнем оказалась выше на 67 %, чем в образце 2, за счет селективной специфичности данного способа баромембранной обработки [2]. Отличия состава ВВ-концентрата по сравнению с УФ-ретентатом заключались также в повышенном содержании в концентрате лактозы (на 71 %) и минеральных веществ (на 11 %).

Для определения влияния методов концентрирования молока на его способность к сычужной коагуляции был проведен анализ кинетики гелеобразования инструментальным методом. Для определения коагуляционной способности был использован экспресс-метод ротационной

вискозиметрии в регулируемых условиях (модификация ФГАНУ «ВНИМИ»). Перед началом измерения камеру прибора с 10 мл анализируемой пробы в течение (10±2) мин термостатировали на водяной бане при температуре (40±1) °С. Затем в камеру вносили 0,1 мл 10 %-го раствора химозина (образцы 1-Х1, 2-Х1, 3-Х1) или пепсина (образцы 1-П1, 2-П1, 3-П1), быстро перемешивали (в течение 10 с) и немедленно помещали камеру в закрепленный на приборе термостат с температурой (40±1) °С, одновременно запуская вращение шпинделя с минимальной постоянной скоростью 10 об/мин. Фиксирование показателей эффективной вязкости осуществляли в течение (7±2) мин. Для каждой из проб проводили не менее трех повторных измерений, с построением графических зависимостей в диапазоне эффективной вязкости от 0,0 до 2000 сПз.

Полученные динамические кривые соответствовали основным периодам, условно характеризующим процесс гелеобразования в молочных системах (по данным П.Н. Дудника и В.П. Табачникова, ВНИИМС) (рис. 2) [5, 6].

Изменение углов наклона реограмм, построенных по экспериментальным данным, соответствовало точкам смены периодов сычужного свертывания. По проекциям из этих точек на ось абсцисс определяли продолжительность каждой фазы (рис. 3).

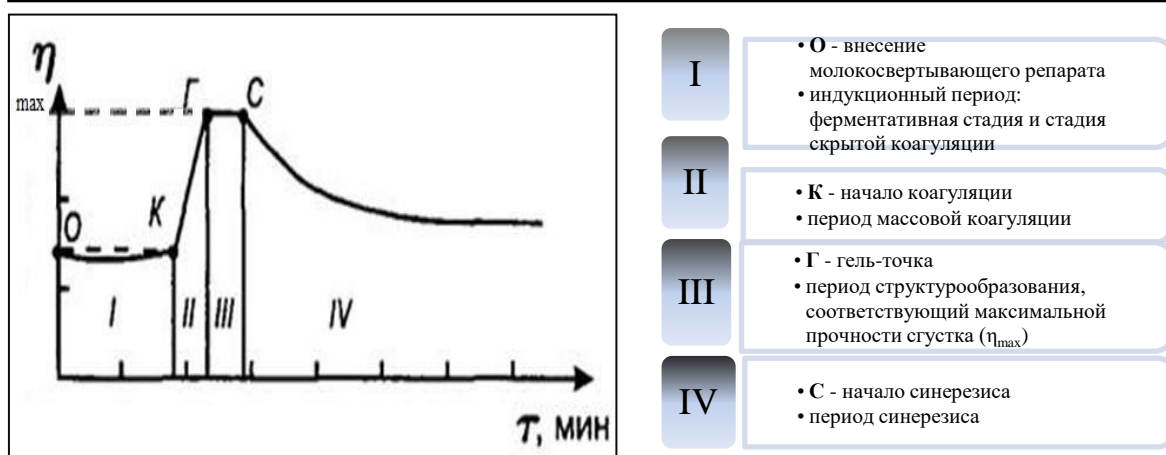


Рис. 2. Периоды сычужного свертывания

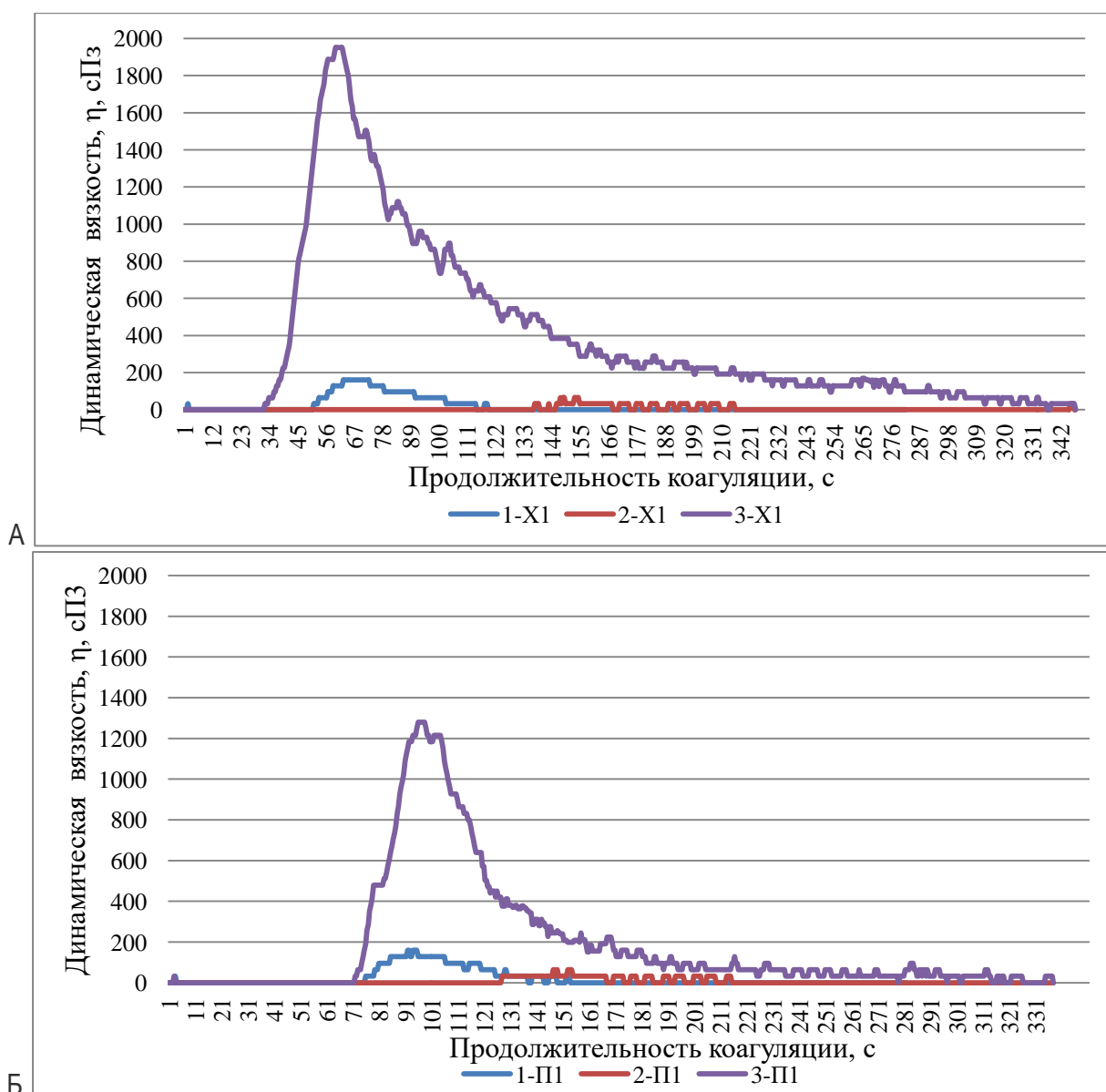


Рис. 3. Реограммы сычужного свертывания образцов обезжиренного молока, УФ-ретената и ВВ-концентрата: А – с химозином; Б – с пепсином

Пробы с химозином 1-Х1 и 3-Х1 показали наименьшую длительность индукционного периода (49 и 30 с соответственно) в сравнении с пробами с пепсином 1-П1 и 3-П1 (76 и 72 с соответственно). Наиболее высокая динамическая вязкость на этапе структурообразования (η_{\max}) отмечена в УФ-ретентате, а максимальный показатель – в пробе УФ-ретентата с химозином: 1952 сПз (образец 3-Х1). Для пробы УФ с пепсином η_{\max} составила 1280 сПз (образец 3-П1). Образцы 2-Х1 и 2-П1, вне зависимости от типа молокосвертывающего препарата, наряду с длительным индукционным периодом (135 и 132 с соответственно) проявили очень слабую коагуляционную активность. Максимальная динамическая вязкость в этих образцах не превышала 64 сПз, что в 2,5 раза ниже вязкости образцов обезжиренного молока (1-Х1 и 1-П1) и в 30 и 20 раз ниже этого показателя в пробах 3-Х1 и 3-П1 соответственно.

Положительная корреляция кинетики гелеобразования с процессом УФ-концентрирования обусловлена, прежде всего, спецификой минерального состава исследуемого ретентата, характеризующегося пониженным содержанием растворимых поливалентных ионов и более высоким количеством мицеллярного кальция в сравнении с ВВ-концентратами [7, 8].

Для изучения качества сычужных сгустков (коагулятов) образцов 1, 2 и 3 использовали

экспериментальные модели, полученные путем термостатирования анализируемых проб с заданным количеством молокосвертывающих препаратов (Х и П).

В три пробирки вместимостью 150 мл взвешивали по 150 г образцов 1, 2 и 3 с температурой $(38 \pm 1)^\circ\text{C}$ и по 5 г 1 %-го раствора Х активностью 100 тыс. у. е. (образцы 1-Х2, 2-Х2 и 3-Х2), в три других – по 150 г образцов 1, 2 и 3 с температурой $(38 \pm 1)^\circ\text{C}$ и по 5 г 1 %-го раствора П активностью 100 тыс. у. е. (образцы 1-П2, 2-П2 и 3-П2). Содержимое пробирок тщательно перемешивали и термостатировали при $(38 \pm 1)^\circ\text{C}$ для проведения сычужного свертывания до образования плотных сгустков с хорошим синерезисом.

Визуальное наблюдение в процессе эксперимента выявило начало активного гелеобразования в образцах 1-Х2, 1-П2, 3-Х2, 3-П2 через 15 мин, а через 30–45 мин – начало синерезиса. Спустя 180 мин в пробах 3-Х2, 3-П2 и 200 мин в пробах 1-Х2, 1-П2 сформировались плотные сгустки с отделением чистой прозрачной сыворотки. В образцах 2-Х2 и 2-П2 процесс гелеобразования начался только после 30 мин термостатирования, а для образования сычужных сгустков потребовалось 360 мин. Полученные сгустки имели неплотную, легко деформируемую структуру и слабо выраженный синерезис (рис. 4).



Рис. 4. Визуализация сычужно-индуцированных сгустков

Полученные модельные сгустки, не разрушая структуры, отделяли от сыворотки путем фильтрования. По окончании фильтрования определяли количество отделившейся сыворот-

ки и коагулята, массовые доли СВ в них, а также рассчитывали выход коагулята и переход протеиновых фракций в сыворотку (табл. 2).

Таблица 2

Показатели сычужной коагуляции в экспериментальных моделях

| Показатель | 1-Х2 | 1-П2 | 2-Х2 | 2-П2 | 3-Х2 | 3-П2 |
|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Продолжительность свертывания, мин | 200 | 200 | 360 | 360 | 180 | 180 |
| Выход коагулята по массе, % | 12,9 | 13,1 | 28,8 | 29,5 | 41,1 | 41,9 |
| Массовая доля влаги в коагуляте, % | 76,93 | 77,50 | 79,71 | 79,12 | 74,43 | 74,29 |
| Массовая доля белка в коагуляте, % | 19,41 | 19,60 | 17,94 | 17,38 | 22,38 | 21,95 |
| Массовая доля белка в сыворотке, % | 1,08 | 1,02 | 1,04 | 1,09 | 1,21 | 1,19 |
| Переход белка в сыворотку, % | 27,5 | 26,7 | 12,4 | 13,1 | 7,2 | 7,0 |

Как следует из полученных данных, выход по массе коагулята из образцов УФ-ретентата превышал аналогичные значения в образцах обезжиренного молока в 3,2 раза, что коррелировало с коэффициентами концентрирования по казеину при сопоставимом содержании влаги в сгустках. Переход общего белка в сыворотку в образцах 3-Х2 и 3-П2 оказался в 3,8 раз ниже, чем в пробах обезжиренного молока.

Пробы 3-Х2 и 3-П2 также показали увеличение выхода коагулята в 1,4 раза по сравнению с образцами 2-Х2 и 2-П2, при этом массовая доля влаги ВВ-сгустков была выше на 5,3 и 4,8 % соответственно, что обусловлено высокой концентрацией лактозы и минеральных веществ в их водной фазе. В результате применения традиционной технологии вакуумного выпаривания молока, помимо длительного воздействия высоких температур, оказывающих негативное влияние на коагуляционные свойства получаемого концентрата, для его состава является характерным повышенное по сравнению с УФ-ретентатом содержание лактозы. Увеличение массовой доли молочного сахара в концентрате приводит к снижению показателя активности воды, способствуя, в свою очередь, деструктурированию к-казеиновой фракции на поверхности мицелл казеина с уменьшением доступности химозина и скорости агрегации параказеина. Такое воздействие увеличивает продолжительность индукционного периода и снижает интенсивность массовой коагуляции. Помимо этого повышенное содержание минеральных веществ

в ВВ-концентрате способствует снижению количества фосфатных групп в мицеллах казеина, тем самым оказывая негативное воздействие на их гидратацию и, как следствие, на способность к агрегации, приводя к образованию казеиновой пыли и снижая эффективность удержания белка в сгустке. Процесс классического концентрирования путем вакуум-выпаривания также сопровождается частичным комплексобразованием к-казеина с β -лактоглобулином в сгущенном концентрате, что приводит к увеличению размеров мицелл с повышением их гидрофильности. Следствием этого является низкая плотность и степень синерезиса получаемого сгустка.

По воздействию молокозвертывающих препаратов можно отметить несколько более высокий выход коагулята в образцах с пепсином (на 1,5–2,4 %) и меньший переход белка в сыворотку (на 3,0 и 2,8 %) в пробах пастеризованного молока и УФ-ретентата при сопоставимых показателях влажности сгустков всех экспериментальных образцов.

В целом из результатов эксперимента следует, что обезжиренное молоко, подвергнутое УФ-концентрированию, демонстрирует наиболее выраженную кинетику гелеобразования и способность к формированию наиболее плотных сгустков по отношению к исходному молоку, а ВВ-концентрат, напротив, наряду с низкой коагуляционной способностью показывает слабую структуру коагулятов и увеличенную продолжительность всех периодов сычужного свертывания.

Заключение. Обобщая итоги эксперимента, можно сделать вывод, что наиболее эффективным способом концентрирования молока с целью получения прочных сычужно-индуцированных молочных гелей является его ультрафильтрация.

Использование ВВ-концентратов в молочном производстве, несмотря на их низкую коагуляционную способность, имеет определенные перспективы для получения линейки сычужно-индуцированных продуктов, характеризующихся мягкой консистенцией и высокой влажностью сгустков, как, например, некоторые виды творога и сыра. Определенные подходы, создающие частичную деминерализацию в процессе производства (например диафильтрация, подкисление), способны обеспечить применение не только УФ-ретентатов молока, но и его ВВ-концентратов, позволяя посредством различных способов концентрирования сырья прогнозировать и регулировать свойства получаемых ферментированных молочных продуктов.

Список источников

1. Cheese whey catalytic conversion for obtaining a bioactive hydrolysate with reduced antigenicity / A. Torkova [et al.] // *Current Research in Nutrition and Food Science*. 2016. Vol. 4, № 2. Special Issue. P. 182–196. DOI: 10.12944/CRNFSJ.4.SPECIAL-ISSUE-OCTOBER.24.
2. Lauzin A., Pouliot Y., Britten M. Understanding the differences in cheese-making properties between reverse osmosis and ultrafiltration concentrates // *Journal of Dairy Science*. 2020. Vol. 103 (1), P. 201–209. DOI: 10.3168/jds.2019-16542.
3. Influence of micellar calcium and phosphorus on rennet coagulation properties of cows milk / M. Malacarne [et al.] // *Journal of Dairy Research*. 2013. Vol. 81. (2):1-8. DOI: 10.1017/S0022029913000630.
4. Влияние микробиологических и технологических факторов на качество творога / В.Ф. Семенихина [и др.] // *Контроль качества продукции*. 2018. № 5. С. 53–57.
5. Майоров А.А., Сиденко Ю.А., Мусина О.Н. Новые наукоемкие приемы оценки реологических свойств в сыроделии: изучение

процессов свертывания молока и формирования структуры сгустка // *Техника и технология пищевых производств*. 2017. Т. 45, № 2. С. 55–61. DOI: 10.21179/2074-9414-2017-2-55-61.

6. URL: <http://milk-industry.ru/syrodellie/1744-obshchie-ponyatiya-sychuzhnogo-svertyvaniya-moloka.html> (дата обращения: 21.10.2021).
7. Impact of membrane selectivity on the compositional characteristics and model cheese-making properties of liquid pre-cheese concentrates / A. Lauzin [et al.] // *International Dairy Journal*. 2018. № 83. P. 34–42. DOI: 10.1016/j.idairyj.2018.03.010.
8. Мироненко И.М. Функции ионного кальция и нативных протеаз молока в процессе сычужного свертывания // *Сыроделие и маслоделие*. 2021. № 1. С. 25–28. DOI: 10.31515/2073-4018-2021-25-28.

References

1. Cheese whey catalytic conversion for obtaining a bioactive hydrolysate with reduced antigenicity / A. Torkova [et al.] // *Current Research in Nutrition and Food Science*. 2016. Vol. 4, № 2. Special Issue. P. 182–196. DOI: 10.12944/CRNFSJ.4.SPECIAL-ISSUE-OCTOBER.24.
2. Lauzin A., Pouliot Y., Britten M. Understanding the differences in cheese-making properties between reverse osmosis and ultrafiltration concentrates // *Journal of Dairy Science*. 2020. Vol. 103 (1), P. 201–209. DOI: 10.3168/jds.2019-16542.
3. Influence of micellar calcium and phosphorus on rennet coagulation properties of cows milk / M. Malacarne [et al.] // *Journal of Dairy Research*. 2013. Vol. 81. (2):1-8. DOI: 10.1017/S0022029913000630.
4. Влияние микробиологических и технологических факторов на качество творога / В.Ф. Семенихина [и др.] // *Контроль качества продукции*. 2018. № 5. С. 53–57.
5. Majorov A.A., Sidenko Yu.A., Musina O.N. Novye naukoemkie priemy ocenki reologicheskikh svoystv v syrodellii: izuchenie processsov svertyvaniya moloka i formirovaniya struktury sgustka // *Tehnika i tehnologiya pischevykh proizvodstv*. 2017. Т. 45, № 2.

- S. 55–61. DOI: 10.21179/2074-9414-2017-2-55-61.
6. URL: <http://milk-industry.ru/syrodellie/1744-obshchie-ponyatiya-sychuzhnogo-svertyvaniya-moloka.html> (data obrascheniya: 21.10.2021).
7. Impact of membrane selectivity on the compositional characteristics and model cheese-making properties of liquid pre-cheese concentrates / A. Lauzin [et al.] // International Dairy Journal. 2018. № 83. P. 34–42. DOI: 10.1016/j.idairyj.2018.03.010.
8. Mironenko I.M. Funkcii ionnogo kal'ciya i nativenykh proteaz moloka v processe sychuzhnogo svertyvaniya // Syrodellie i maslodellie. 2021. № 1. S. 25–28. DOI: 10.31515/2073-4018-2021-25-28.

Статья принята к публикации 17.12.2021 / The article accepted for publication 17.12.2021.

Информация об авторах:

Александр Геннадьевич Кручинин, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией молочных консервов, кандидат технических наук

Елена Евгеньевна Илларионова, научный сотрудник лаборатории молочных консервов

Information about the authors:

Alexander Gennadievich Kruchinin, Senior Researcher, Head of the Laboratory of Canned Milk, Candidate of Technical Sciences

Elena Evgenievna Illarionova, Researcher, Laboratory of Canned Milk

