



ДИНАМИКА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЦЕЛЬНОГО МОЛОКА-СЫРЬЯ ПРИ УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИИ

¹Слинкин А.А., ^{1,3}Миронова И.В., ¹Крупина О.В., ²Благов Д.А.

¹ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, Уфа, ул.50-летия Октября, 34, 450001

²Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, 1-й Институтский проезд, дом 5, 109428,

³ФГБОУ ВО Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, ул. Космонавтов, д. 1, 450064

e-mail: s-artemk@yandex.ru

Резюме

Сыры являются одними из наиболее популярных молочных продуктов, потребляемых во всем мире. Их популярность объясняется прекрасными вкусовыми качествами, содержанием белков высокой биологической ценности (имеющих в своем составе все незаменимые аминокислоты в оптимальном соотношении), легкоусвояемого молочного жира и широко представленным ассортиментом. Развитые страны мира потребляют сыр в объеме 15-20 кг на душу населения в год. Сыродельная отрасль включает в себя как крупные промышленные предприятия мощностью до 800 тонн перерабатываемого сырья в смену, так и малые предприятия, объем переработки сырья которых не превышает 100 литров в смену. Применение ультрафильтрации в технологии производства твердых и полутвердых сыров является перспективным направлением в молочной промышленности. Полупроницаемые мембраны позволяют разделять или концентрировать неоднородные (гетерогенные) смеси, регулируя, таким образом, их состав и свойства. В данной работе приведены данные о физико-химических и микробиологических показателях молочного сырья при его мембранной обработке. При внедрении мембранных методов разделения сырья повышается концентрация белков и жира в отделяемой фазе. Выявленная тенденция позволяет сделать вывод о необходимости более широкого применения данных методов в сыроделии.

Ключевые слова: полутвердые сыры, ретентат, ультрафильтрация, микробиологические показатели, пастеризация, фактор концентрирования

Цитирование: Слинкин А.А., Миронова И.В., Крупина О.В., Благов Д.А. Динамика физико-химических и микробиологических показателей цельного молока-сырья при ультрафильтрации // *Biomixs*. 2023. Т.15(4). С.291-296. DOI: 10.31301/2221-6197.bmcs.2023-25

© Авторы

DYNAMICS OF PHYSICAL-CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL INDICATORS OF WHOLE RAW MILK DURING ULTRAFILTRATION

¹Slinkin A.A., ^{1,3}Mironova I.V., ¹Krupina O.V., ²Blagov D.A.

¹Federal State Budgetary Education Institution of Higher Education "Bashkir State Agrarian University",

²Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Agroengineering Center VIM",

³Ufa State Petroleum Technological University (USPTU)

e-mail: s-artemk@yandex.ru

Resume

Cheeses are among the most popular dairy products consumed worldwide. Their popularity is explained by excellent taste qualities, the content of proteins of high biological value (having all essential amino acids in their composition in the optimal ratio), easily digestible milk fat and a widely represented assortment. Developed countries of the world consume cheese in the amount of 15-20 kg per capita per year. The cheese-making industry includes both large industrial enterprises with a capacity of up to 800 tons of processed raw material per shift, and small enterprises whose raw material processing volume does not exceed 100 liters per shift. The use of

ultrafiltration in the technology of producing solid and semi-solid cheeses is a promising direction in the dairy industry. Semi-permeable membranes allow to separate or concentrate heterogeneous (heterogeneous) mixtures, regulating their composition and properties. This paper provides data on physicochemical and microbiological parameters of milk raw materials during their membrane treatment. With the introduction of membrane methods for the separation of raw materials, the concentration of proteins and fat in the separated phase increases. The identified trend allows us to conclude that it is necessary to use these methods of cheese making more widely.

Key words: semi-solid cheeses, retentate, ultrafiltration, microbiological indices, pasteurization, concentration factor

Citation: Slinkin A.A., Mironova I.V., Krupina O.V., Blagov D.A. Dynamics of physical-chemical and microbiological indicators of whole raw milk during ultrafiltration. *Biomcs.* 2023. V.15(4). С. 291-296. DOI: 10.31301/2221-6197.bmcs.2023-25 (In Russian)

© The Authors

Введение

Рынок сыров в России развивается опережающими темпами и является одним из самых перспективных и привлекательных на продовольственной площадке страны. Наибольшую часть рынка сыров занимают твердые сыры (65%), второе место занимают плавленые (24%) и только 11% приходится на мягкие и кисломолочные сыры [Зимняков (Zimnyakov), 2016].

Производство сыров и сырных продуктов в России в 2020 году увеличилось в 1,7 раза к уровню 2012 года и составило 763 тыс. тонн. На протяжении последних трех наблюдается подъем производства сыров. В 2021 году в России было произведено 859 тыс. тонн сыров и сырных продуктов, что на 12,5% больше объема производства 2020 года [Зимняков (Zimnyakov), 2023].

Задачей сыродельных предприятий является производство качественной конкурентоспособной продукции. В отраслевых журналах, касающихся молочной промышленности, систематически публикуются статьи, отражающие биологическую и пищевую ценность концентратов, гидролизатов и других товаров переработки молочных белков, как ценнейших источников незаменимых аминокислот, из которых можно создавать широкий ассортимент пищевых товаров высокого качества [Шляпникова, Батырова (Shlyapnikova, Batyrova), 2017].

Ряд работ, основанных на новейших достижениях в области биотехнологии, процессов производства сыра позволяет совершенствовать традиционные технологии производства известных сыров. Внедрение процесса ультрафильтрации обеспечивает повышение количества белка в молоке-сырье за счет удаления части воды из него в процессе фильтрации. Полученное стандартизированное по белку молоко – ретентат используют для выработки сыра или творога. Использование такого молока в традиционной технологии позволяет увеличить выход сыра на 2–3%, творога – на 3–5%, снизить нагрузку на оборудование и эксплуатационные затраты за счет повышения количества вырабатываемого продукта на 1 т сырья, обеспечить стабильную работу поточных линий производства белковых продуктов, уменьшить количество

подсырной или творожной сыворотки на 20–30 % в зависимости от степени концентрирования белковой фракции [Головкина и др. (Golovkina et al.), 2012].

Применение мембранного концентрирования молока широко внедряется в практике. Мембранная фильтрация — технология фильтрации с использованием полупроницаемых мембран, позволяющая разделить эмульсии (молоко, сыворотку) на компоненты. Созданная разность давлений приводит к тому, что частицы размером меньше пор мембраны проникают через мембрану («пермеат», «фильтрат»), в то время как остальные компоненты сохраняются («ретентат», «концентрат») [Мусина и др. (Musina et al.), 2023]. Кроме того, молочная сыворотка и ее пермеаты, полученные методом ультрафильтрации - ценное сырье для получения производных лактозы, в том числе пребиотиков [Рябцева и др. (Ryabtseva et al.), 2023].

Мембраны должны обладать высокой разделяющей способностью (селективностью), высокой удельной производительностью, постоянством характеристик в процессе эксплуатации, химической стойкостью в разделяющей среде, механической прочностью, оптимальной стоимостью [Володин и др. (Volodin et al.), 2019].

Мембранная фильтрация как любой другой вид воздействия на молочное сырье приводит к изменению физико-химических и микробиологических показателей основного сырья молочной отрасли – цельного коровьего молока. Поэтому, изучить состав и свойства цельного молока, как сырья для получения УФ-концентратов, исследовать изменения состава и свойств цельного молока и технологические параметры в процессе ультрафильтрационного концентрирования.

Материалы и методы

Исследования выполнены на кафедре технологии мясных, молочных продуктов и химии Башкирского ГАУ в лаборатории технологии молока и молочных продуктов. Объекты исследования: молоко цельное, УФ-концентраты (ретентаты). Материалы исследования: весы электронные, термометр спиртовой, нож, ложка, анализатор молока КЛЕВЕР –

2М, половник, баня водяная, плитка электрическая по ГОСТ 14919, кастрюли, стаканчики для взвешивания по ГОСТ 25336, пробирки типов П1, П2, диаметром 16 мм, высотой 150 мм и диаметром 21 мм, высотой 200 мм по ГОСТ 25336, формы для сыра.

При выполнении работы использовали общепринятые, стандартные методы определения органолептических и физико-химических показателей сырья и готовой продукции: жира, белка, сухих веществ, титруемой и активной кислотности, содержание микроорганизмов определяли по ГОСТ ISO 7218-2015.

Результаты и обсуждение

В начале работы были проведены исследования по определению характеристик принимаемого молока и соответствия их стандартным требованиям. Свойства и состав молока играют важную роль в процессе свертывания молока при действии сычужного фермента. Также при этом учитывается режим пастеризации, активность и состав бактериальной закваски и

сычужного фермента, температура свертывания молока, доза хлорида кальция [Горбатова (Gorbatova), 2004].

Полученные органолептические, физико-химические показатели в молоке соответствовали данным, необходимым для производства сыра. Особое внимание следует уделить высокому содержанию белка (3,8) в принимаемом сырье, так как этот показатель важен при производстве сыра. По микробиологическим показателям исследуемое молоко так же соответствовало стандартным требованиям. Закваски должны соответствовать требованиям ГОСТ 34372-2017 Закваски бактериальные для производства молочной продукции. Общие технические условия. По показателям качества симбиотическая закваска так же соответствовала требованиям ГОСТ.

В таблице 1 представлено влияние режимов тепловой обработки на бактериальную обсемененность молочной смеси, используемой в экспериментах.

Таблица 1.

Влияние режимов тепловой обработки на бактериальную обсемененность молока
Table 1 - Influence of heat treatment modes on bacterial contamination of milk

Температура пастеризации Pasteurization temperature	Количество микроорганизмов после обработки, КОЕ/см ³ Number of microorganisms after treatment, CFU/cm ³	Доля выживших бактерий, % Proportion of surviving bacteria, %
Сырое молоко Raw milk	$(2,00 \pm 0,14) \times 10^6$	100,00
75,0±0,5°C	$(8,87 \pm 0,54) \times 10^3$	0,39
80,05±0,5°C	$(4,92 \pm 0,34) \times 10^3$	0,25
85,0±2°C	$(2,75 \pm 0,19) \times 10^3$	0,14
90,0±2°C	$(0,79 \pm 0,05) \times 10^3$	0,04

Анализ результатов, приведенных в таблице 1, показал, что сырое молоко до обработки содержало $(2,00 \pm 0,14) \times 10^6$ бактерий в 1 см³. В молоке, пастеризованном при 75°C с выдержкой 20 с, их содержание снизилось до 7,87 тыс. в 1 см³. Дальнейшее повышение температуры способствовало снижению численности микрофлоры. Таким образом,

эффективность пастеризации при температуре 75°C составила 99,61%, при 80°C – 99,75%, 85°C – 99,86% и 90°C – 99,96%.

Изучено влияние пастеризации на физико-химические свойства сырья для выработки сыра (таблица 2).

Таблица 2

Влияние температуры пастеризации на титруемую и активную кислотность молока
Table 2 - Effect of pasteurization temperature on titratable and active acidity of milk

Температура пастеризации Pasteurization temperature	Титруемая кислотность, °Т Titratable acidity, °Т	Активная кислотность, рН Active acidity, рН
Сырое молоко Raw milk	18,6±0,2	6,44±0,03
75,0±0,5°C	18,0±0,1	6,42±0,02
80,05±0,5°C	17,7±0,1	6,40±0,02
85,0±2°C	17,2±0,2	6,37±0,01
90,0±2°C	15,6±0,1	6,30±0,02

Показатели качества молочного сырья при ультрафильтрации

Данные, представленные в таблице 2, свидетельствуют о том, что с повышением температуры пастеризации титруемая кислотность молока понижалась. При изменении температуры от 75 до 90°C титруемая кислотность в среднем снизилась на 3°Т (с 18,6 до 15,6).

Исследовали количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов

(КМАФАнМ) / Quantity of mesophilic aerobic and facultative anaerobic bacteria (QMAFAnM), бактерии группы кишечной палочки и содержание дрожжей и плесеней в смеси для производства полутвердого сыра. В таблице 3 приведены данные о влиянии температурной обработки и ультрафильтрации на микробиологические показатели.

Таблица 3

Изменение микробиологических показателей молока в процессе пастеризации и ультрафильтрации
Table 3 - Changes in microbiological parameters of milk during pasteurization and ultrafiltration

Сырье Raw	КМАФАнМ, КОЕ/см ³ QMAFAnM, CFU/cm ³	БКГП, (колиформы), см ³ coli bacteria, cm ³	Дрожжи/плесневые грибы, КОЕ/см ³ Yeast/mold, CFU/cm ³
Сырое молоко Raw milk	1,3 × 10 ⁶	Не выявлено Not found	Не выявлено Not found
Пастеризованное молоко Pasteurized milk	2,9 × 10 ⁴	Не выявлено Not found	Не выявлено Not found
Ретентат (УФ-концентрат) Retentate	2,5 × 10 ⁴	Не выявлено Not found	Не выявлено Not found

По данным таблицы 3, нарушений микробиологического характера при получении ретентата не выявлено. Изменение физико-

химических показателей цельного молока при ультрафильтрации приведено в таблице 4.

Таблица 4

Изменение физико-химических показателей цельного молока при ультрафильтрации
Table 4 - Changes in physicochemical parameters of whole milk during ultrafiltration

Фактор концентрирования Concentration factor	Массовая доля, % Mass fraction, %			Титруемая кислотность, °Т Titratable acidity, °T	Активная кислотность, рН Active acidity, pH
	сухих веществ dry matter	белка protein	лактозы lactose		
Ретентат / Retentate					
Ф=1 F=1	12,6±0,2	3,1±0,2	4,7±0,2	18,0±0,5	6,70±0,5
Ф=2 F=2	19,2±0,2	6,3±0,1	5,0±0,1	29,0±0,7	6,67±0,3
Ф=3 F=3	26,8±0,3	9,4±0,1	5,3±0,3	38,0±0,4	6,59±0,5
Ф=4 F=4	36,4±0,2	13,2±0,4	5,4±0,2	47,01±0,1	6,56±0,6
Пермеат / Permeate					
Ф=1 F=1	5,1±0,2	0,21±0,1	4,4±0,1	6,2±0,01	6,49±0,01
Ф=2 F=2	5,3±0,2	0,22±0,1	4,8±0,2	6,3±0,02	6,55±0,01
Ф=3 F=3	5,4±0,2	0,24±0,1	5,2±0,1	6,8±0,02	6,60±0,01
Ф=4 F=4	5,6±0,2	0,26±0,1	5,8±0,1	6,9±0,01	6,62±0,01

Анализ таблицы 4 показал, что при ультрафильтрации возрастает концентрация сухих веществ за счет высокомолекулярных соединений (жира и белка), повышается кислотность, за счет увеличения титруемых ионогенных групп белков, уровень активной кислотности (рН) изменяется незначительно.

Плотность концентрата (ретентата) молока цельного менялась от 1150,0 до 1110,0 кг/м³, что является хорошим показателем, влияющим на плотность формирования сырного сгустка. В целом, концентрирование веществ, полученных для ультрафильтратов цельного молока с 12,6 до 36,4%, позволяет нам с уверенностью сказать, что применение данного метода позволит улучшить функциональные свойства готового продукта.

Заключение

Проведено исследование динамики показателей качества сырья для молочной промышленности в рамках его дальнейшего использования в производстве сыра. В результате проведенных исследований изменения состава и свойств цельного молока в процессе ультрафильтрационного концентрирования (температура (30±2)°С, давление (0,45+0,05) Мпа) нами выявлена тенденция к повышению концентрации белков и жира в ретентате. В сочетании с правильно подобранными режимами тепловой обработки молочного сырья это позволит содержание сухих веществ в готовом продукте – полутвердом сыре.

Литература

1. Володин Д.Н., Евдокимов И.А., Куликова И.К. Процессы ультрафильтрации в рентабельной технологии сыров // Молочная промышленность. 2019. № 9. С. 18-20. EDN ZANADI
2. Грунская В.А., Габриелян Д.С. Ресурсосберегающие технологии в производстве кисломолочных продуктов // Молочная промышленность. 2018. № 12. С. 34-36. DOI: 10.31515/1019-8946-2018-12-34-36 EDN VNPEVV
3. Зимняков В.М. Производство сыров в России // Нива Поволжья. 2016. № 1(38). С. 15-21. EDN YRDLEF
4. Зимняков В.М. Тенденции производства сыров в России // Сурский вестник. 2023. № 1(21). С. 86-92. DOI:10.36461/2619-1202_2023_01_015 EDN FMQWXA
5. Золоторева М.С., Володин Д.Н., Головкина М.В., Топалов В.К., Клепкер В.М., Евдокимов И.А., Анисимов Г.С., Везирян А.А. Мембранные процессы в молочной промышленности - эффективно, современно, надежно // Сыроделие и маслоделие. 2012. № 4. С. 44-46. EDN PBGMOV.
6. Кайшев В.Г., Сычева О.В., Трубина И.А., Скорбина Е.А., Олейник С.А., Суюнчева Б.О. Инновационные технологии молочных продуктов функционального профилактического назначения // Переработка молока. 2023. № 2(280). С. 28-31. DOI: 10.33465/2222-5455-2023-2-28-31 EDN SYIFXT
7. Кудряшов В.Л., Погоржельская Н.С., Лемтюгин А.И., Алексеев В.В., Маликова Н.В., Фурсова Н.А. Применение баромембранных процессов для производства продуктов здорового питания // Пищевая промышленность. 2018. № 5. С. 63-67. EDN XNBPPF
8. Мусина О.Н., Бондаренко Н.И., Усатюк Д.А. Инновационные технологии сыров и кисломолочных напитков от СИБНИИС // Переработка молока. 2023. № 3(281). С. 6-9. EDN ZDTIDS
9. Родионов Д.А., Лазарев С.И., Эккерт Е.В., Полянский К.К. Ультрафильтрационная установка для концентрирования молочной сыворотки // Сыроделие и маслоделие. 2020. № 1. С. 40-41. DOI: 10.31515/2073-4018-2020-1-40-41 EDN DJJMBV
10. Рябцева С.А., Храпцов А.Г., Сазанова С.Н. и др. Применение подсырной сыворотки и УФ-пермеата для культивирования дрожжей-продуцентов лактаз // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2023. № 4(393). С. 70-75. DOI: 10.26297/0579-3009.2023.4.12 EDN YQXMFQ
11. Свириденко Г.М., Мордвинова В.А., Шухалова О.М., Мамыкин Д.С. Биотехнологические подходы улучшения органолептических характеристик полутвердых сыров с низкой температурой второго нагревания // Пищевая промышленность. 2023. № 2. С. 56-60. DOI: 10.52653/PPI.2023.2.2.013 EDN IQTYGN
12. Сычева О.В., Кайшев В.Г. Обогащение - путь к созданию нового поколения пищевых продуктов // Товаровед продовольственных товаров. 2020. № 10. С. 36-40. DOI: 10.33920/igt-01-2010-05 EDN PAGCHF.
13. Храпцов А.Г. Технологический прорыв аграрно-пищевых инноваций молочного дела на примере универсального сельхозсырья. Обратный осмос // Аграрно-пищевые инновации. 2021. № 2(14). С. 7-20. DOI: 10.31208/2618-7353-2021-14-7-20 EDN JOUWTJ
14. Шляпникова С.В., Батырова Э.Р. Особенности коагуляции молока: сычужный ферментный препарат и его аналоги // Биомика. 2017. Т. 9(1). С. 033-041. EDN ZAXQYV
15. Шохалов В.А., Гнездилова А.И., Слободин А.А., Шохалова В.Н. Разработка технологии низко- и безлактозных продуктов // Молочная промышленность. 2023. № 3. С. 26-27. DOI: 10.31515/1019-8946-2023-03-26-27 EDN SUIVJP

References

1. Grunskaya V.A., Gabrielyan D.S. Resource-saving technologies in the production of fermented milk products. *Dairy industry*. 2018. No.12. P. 34-36. DOI: 10.31515/1019-8946-2018-12-34-36. EDN VNPEVV (In Russian)
2. Kaishev V.G., Sycheva O.V., Trubina I.A., Scorbina E.A., Oleynik S.A., Suyuncheva B.O. Innovative technologies of dairy products for functional preventive purposes. *Milk processing*. 2023. No. 2(280). P. 28-31. DOI: 10.33465/2222-5455-2023-2-28-31 EDN SYIFXT (In Russian)
3. Khramtsov A.G. Technological breakthrough in agri-food innovations in the dairy industry using the example of universal agricultural raw materials. Reverse osmosis. *Agricultural and food innovations*. 2021. No. 2(14). P. 7-20. DOI: 10.31208/2618-7353-2021-14-7-20 EDN JOUTJ (In Russian)
4. Kudryashov V.L., Pogorzhelskaya N.S., Lemtyugin A.I. et al. Application of baromembrane processes for the production of healthy food products. *Food industry*. 2018. No. 5. P. 63-67. EDN XNBPPF (In Russian)
5. Musina O.N., Bondarenko N.I., Usatyuk D.A. Innovative technologies of cheeses and fermented milk drinks from SIBNIIS. *Milk processing*. 2023. No. 3(281). P. 6-9. EDN ZDTIDS (In Russian)
6. Ryabtseva S.A., Khramtsov A.G., Sazanova S.N. et al. The use of cheese whey and UV permeate for the cultivation of lactase-producing yeast. *News of higher educational institutions. Food technology*. 2023. No. 4(393). P.70-75. DOI: 10.26297/0579-3009.2023.4.12. EDN YQXMFQ (In Russian)
7. Shokhalov V.A., Gnezdilova A.I., Slobodin A.A., Shokhalova V.N. Development of technology for low-and lactose-free products. *Dairy industry*. 2023. No. 3. P. 26-27. DOI: 10.31515/1019-8946-2023-03-26-27 EDN SUIVJP (In Russian)
8. Rodionov D.A., Lazarev S.I., Eckert E.V., Polyansky K.K. Ultrafiltration unit for concentrating whey // *Cheese and butter making*. 2020. No.1. P. 40-41. DOI: 10.31515/2073-4018-2020-1-40-41 EDN DJJMBV (In Russian)
9. Shlyapnikova S.V., Batyrova E.R. Features of milk coagulation: rennet enzyme preparation and its analogues. *Biomics*. 2017. T.9(1). P. 033-041. EDN ZAXQYV (In Russian)
10. Sviridenko G.M., Mordvinova V.A., Shukhalova O.M., Mamykin D.S. Biotechnological approaches to improving the organoleptic characteristics of semi-hard cheeses with a low temperature of second heating. *Food industry*. 2023. No. 2. P. 56-60. DOI: 10.52653/PPI.2023.2.2.013 EDN IQTYGN (In Russian)
11. Sycheva O.V., Kaishev V.G. Enrichment is the way to create a new generation of food products. *Commodity expert of food products*. 2020. No.10. P. 36-40. DOI: 10.33920/igt-01-2010-05 EDN PAGCHF (In Russian)
12. Volodin D.N., Evdokimov I.A., Kulikova I.K. Ultrafiltration processes in cost-effective cheese technology. *Dairy industry*. 2019. No. 9. P. 18-20. EDN ZANADI (In Russian)
13. Zimnyakov V.M. Cheese production in Russia. *Niva Povolzhya*. 2016. No. 1(38). P. 15-21. EDN YRDLEF (In Russian)
14. Zimnyakov V.M. Trends in cheese production in Russia. *Surskiy vestnik*. 2023. No.1(21). P. 86-92. DOI: 10.36461/2619-1202_2023_01_015 EDN FMQWXA (In Russian)
15. Zolotareva M.S., Volodin D.N., Golovkina M.V. et al. Membrane processes in the dairy industry - effective, modern, reliable. *Cheese making and butter making*. 2012. No. 4. P. 44-46. EDN PBGMOV (In Russian)