УДК 637.344.8
https://doi.org/10.21603/1019-8946-2023-5-14

Сывороточный пермеат: микробиологические показатели на различных этапах производства

Дарья Анатольевна Павельева, аспирант
Екатерина Викторовна Богданова, д-р техн. наук, профессор кафедры
Елена Сергеевна Рудниченко, канд. хим. наук, доцент кафедры
Елена Ивановна Мельникова, д-р техн. наук, профессор кафедры
Воронежский государственный университет инженерных технологий
E-mail: melnikova@molvest.ru

Исследованы изменения качественного и количественного состава микрофлоры деминерализованного сывороточного пермеата на различных этапах технологического процесса после ультрафильтрации, нанофильтрации, электродиализа и распылительной сушки. Эксперименты проведены в соответствии с арбитражными и общепринятыми в исследовательской практике методами. Установлены химический состав и микробиологические показатели исходной сыворотки, ее концентрата и пермеата. Технологический процесс получения пермеата позволил уменьшить количество микроорганизмов более чем на 90 %. Бактериальная обсемененность снижается в основном на этапах пастеризации сыворотки (92 %) и ультрафильтрационного фракционирования (80 %). Данная технология позволяет получить стандартный продукт с показателями качества и безопасности, соответствующими Кодекс Алиментариус CXS 331–2017 «Стандарт на сухие пермеаты из молочного сырья».

Ключевые слова: *подсырная сыворотка, сывороточный пермеат, снижение общей бактериальной обсемененности.*

Paveleva D. A., Bogdanova E. V., Rudnichenko E. S., Melnikova E. I. Whey permeate powder: microbiological points during different stages of production
Voronezh State University of Engineering Technologies

Changes in the qualitative and quantitative composition of the microflora of demineralized whey permeate at various stages of the technological process after ultrafiltration, nanofiltration, electrodialysis and spray drying have been investigated. The experiments were conducted in accordance with arbitration and generally accepted methods in research practice. The chemical composition and microbiological parameters of the initial whey, its concentrate and permeate have been established. The technological process of obtaining permeate made it possible to reduce the number of microorganisms by more than 90 %. Bacterial contamination decreases mainly at the stages of whey pasteurization (92 %) and ultrafiltration fractionation (80 %). This technology makes it possible to obtain a standard product with quality and safety indicators corresponding to the Codex Alimentarius CXS 331–2017.

Key words: *cheese whey, whey permeate powder, total bacterial number reducing.*

Белково-углеводно-минеральный состав молочной сыворотки подтверждает целесообразность ее использования для получения широкого ассортимента ингредиентов с высокой добавленной стоимостью (концентратов и изолятов сывороточных белков, микропартикулятов, лактозы, сывороточного пермеата, минеральных солей, в том числе лактатов и фосфатов кальция), востребованных различными отраслями пищевой промышленности [1]. Для этого применяются мембранные процессы: микро-, ультра-, нанофильтрация. В результате образуются белковый концентрат, содержащий высокомолекулярные соединения, и пермеат, основной компонент которого — углевод животного происхождения лактоза [2, 3].

Сывороточный пермеат является относительно дешевым продуктом, ежегодный прирост его производства составляет около 4,5 %. Благодаря высокому содержанию лактозы и минеральных веществ он востребован в производстве детских молочных смесей, изотонических напитков для спортивного питания, мороженого, кондитерских изделий, заменителей цельного молока и кормов для сельскохозяйственных животных [4]. Лактоза пермеата участвует в реакции Майяра при высокотемпературной тепловой обработке, она менее сладкая, чем сахароза, адсорбирует легколетучие ароматические соединения и является носителем аромата.

Применение сывороточного пермеата в ряде пищевых отраслей ограничено по микробиологическим показателям, так как исходная сыворотка содержит остаточную заквасочную микрофлору, бактериофаги, также возможно ее вторичное обсеменение [5]. Микрофлора сыворотки отличается повышенной устойчивостью и способностью к быстрой адаптации к факторам окружающей среды, в том числе высокой температуре, изменению кислотности, низкому содержанию влаги [6].

Цель работы — изучение изменений качественного и количественного состава микрофлоры деминерализованного сывороточного пермеата на различных этапах технологического процесса получения сухого продукта.

Пермеаты получали после ультрафильтрации, нанофильтрации, электродиализа и распылительной сушки подсырной сыворотки в условиях филиала ПАО МК «Воронежский» «Калачеевский сырзавод». После очистки от жира и казеиновой пыли на вибросите сыворотку пастеризовали при 75±2 °С в течение 5 минут, охлаждали до 10–15 °С и отправляли на ультрафильтрационную установку типа UF-1 с полимерными мембранами.

Концентрат отправляли на сушку, а полученный пермеат поступал на нанофильтрационную установку типа NF-1 марки SD-Filtration при 10±2 °С. При давлении процесса до 2,5 МПа его концентрировали до содержания сухих веществ 27,5 %. Затем проводили деминерализацию на электродиализной установке типа ED2*EWDU6*EDR-II/250 при 15±2 °С с использованием ионоселективных мембран до достижения удельной электропроводности 0,8 мСм. Далее пермеат сгущали до 54–55 % на вакуум-выпарной установке TH-TVR4 и отправляли на кристаллизацию в те-

чение 12–16 ч. Сушку проводили на установке VRC5 при температуре на входе в сушильную башню 170–200 °С, на выходе из нее — 70–100 °С.

Экспериментальные исследования проводились в соответствии с арбитражными и общепринятыми в исследовательской практике методами. Химический состав и микробиологические показатели сывороточного пермеата определяли в научно-исследовательских лабораториях ВНИМИ, ГРЦ стандартизации, метрологии и испытаний в г. Москве и Московской области, ГРЦ стандартизации, метрологии и испытаний в г. Санкт-Петербурге и Ленинградской области, Воронежского государственного университета инженерных технологий.

Каждый образец анализировали 5 раз в трехкратной последовательности. Данные обрабатывали методами математической статистики с помощью приложений Microsoft Office.

Состав микрофлоры подсырной сыворотки и продуктов на ее основе зависит от ряда факторов, в том числе режимов пастеризации и продолжительности хранения до переработки, условий мойки и дезинфекции оборудования, тары, инвентаря и рук работников [7]. Состав и микрофлору подсырной сыворотки изучали на разных этапах ее переработки (табл. 1 и 2).

Размеры бактериофагов сопоставимы с молекулами сывороточных белков (~ 20 нм), поэтому после мембранной фильтрации их присутствие в сухом пермеате снижается. Поскольку при концентрировании белковой фракции подсырной сыворотки в процессе ультрафильтрации увеличивается содержание остаточной микрофлоры, важным фактором, обеспечивающим безопасность готовых продуктов, является эффективная мойка и дезинфекция установки мембранной фильтрации [8].

Таким образом, технологический процесс получения пермеата позволил снизить количество микроорганизмов более чем на 90 %. Основные этапы, на которых происходит снижение бактериальной обсемененности: пастеризация сыворотки (на уровне 92 %) и ультрафильтрационное фракционирование (на уровне 80 %). Данная технология позволяет получить стандартный продукт с показателями качества и безопасности, соответствующими Кодекс Алиментариус CXS 331–2017 «Стандарт на сухие пермеаты из молочного сырья». Это способствует значительному расширению сферы применения готового продукта в технологии различных ассортиментных групп, в том числе для детского питания.

Таблица 1

Химический состав подсырной сыворотки и продуктов ее переработки

Этап переработки, продукт	Массовая доля сухих веществ, %	Лактоза		Белок		Зола	
		%	% СВ	%	% СВ	%	% СВ
Подсырная сыворотка	6,33	4,43	69,98	0,84	13,27	0,52	8,21
Ультрафильтрация							
УФ-концентрат	27,80	7,54	27,12	19,54	70,29	0,62	2,23
УФ-пермеат	4,21	3,48	82,66	0,16	3,80	0,37	8,79
Нанофильтрация							
НФ-концентрат	21,56	20,21	93,74	0,27	1,25	1,02	4,73
НФ-пермеат	0,24	0,23	95,83	-	-	0,04	16,67
Электродиализ	21,40	20,83	97,33	0,26	1,20	0,04	0,19
Сушка (готовый продукт ДУ 90)	97,73	90,60	92,70	2,31	2,36	0,55	0,56

Таблица 2

Микробиологические показатели подсырной сыворотки

Продукт	КМАФАнМ, КОЕ/см^3 (г)	Дрожжи, КОЕ/см^3 (г)	Споровые палочки рода Bacillus	Титр бактериофага (по методу Аппельмана)
Подсырная сыворотка сырье	$5 \cdot 10^3$	19	23	10^{-5}
Сыворотка обезжиренная после пастеризации	400	2	11	10^{-6}
Сывороточный пермеат при резервировании перед выпариванием	80	0	6	10^{-7}
Сгущенный сывороточный пермеат	560	0	3	10^{-7}
Сывороточный пермеат в процессе кристаллизации	650	0	7	10^{-7}
Сухой сывороточный пермеат	400	0	0	10^{-7}

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ***Мельникова, Е. И.*** *Мировой и российский рынок сывороточных ингредиентов/Е. И. Мельникова, Е. В. Богданова, Д. А. Павельева// Молочная промышленность. 2020. № 8. С. 56–58.*

2. ***Chen, G. Q.*** *Separation Technologies for Whey Protein Fractionation/G. Q. Chen, Y. Qu, S. L. Gras [et al.]// Food Engineering Reviews. 2023.*

3. ***Blais, H. N.*** *A review of multistage membrane filtration approaches for enhanced efficiency during concentration and fractionation of milk and whey/H. N. Blais, K. Schroën, J. T. Tobin// International Journal of Dairy Technology. 2022. 75. 749–760.*

4. ***Kaya, N.*** *Demineralization of Cheese Whey by Sequential Nanofiltration (NF) and Electrodialysis (ED) Processes/N. Kaya, E. Altıok, D. S. Gökkaya [et al.]// Journal of Membrane Science and Research. 2019. Vol. 5. 250–255.*

5. ***Samtlebe, M.*** *Application of a membrane technology to remove bacteriophages from whey/M. Samtlebe, N. Wagner, H., Neve [et al.]// International Dairy Journal. 2015. Vol. 48. P. 38–45.*

6. ***Anisimov, G.*** *Effect of electrodialysis on dairy by-products microbiological indicators/G. Anisimov, S. Ryabtseva, I. Evdokimov [et al.]// Journal of Hygienic Engineering and Design. 2019. T. 27. C. 49–57.*

7. ***Melini, F.*** *Raw and Heat-Treated Milk: From Public Health Risks to Nutritional Quality/F. Melini, V. Melini, F. Luziatelli, M. Ruzzi// Beverages. 2017. 3 (4):54.*

8. ***Анисимов, Г. С.*** *Влияние температуры электродиализной обработки на микрофлору пермеата обезжиренного молока/Г. С. Анисимов, И. А. Евдокимов, С. А. Рябцева [и др.]// Молочная промышленность. 2018. № 10. С. 14–15.*