УДК 637.1/3

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МАССОВОЙ ДОЛИ СУХИХ ВЕЩЕСТВ НА РАЗВИТИЕ МИКРОФЛОРЫ ТВОРОЖНОЙ СЫВОРОТКИ В ПРОЦЕССЕ ЭЛЕКТРОДИАЛИЗНОЙ ОБРАБОТКИ

М.Е. Косенко*, И.К. Куликова, А.Н. Донских, Г.С. Анисимов, И.А. Евдокимов

ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказский федеральный университет», 355009, Россия, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1

**e-mail: info@ncfu.ru*

Дата поступления в редакцию: 12.02.2016
Дата принятия в печать: 15.04.2016

Одной из проблемных точек электродиализа молочной сыворотки принято считать возможное снижение микробиологических показателей сырья в течение процесса. Низкотемпературная электродиализная обработка сыворотки позволяет снизить риск развития посторонней микрофлоры, но не обеспечивает высокую эффективность процесса, а повышение температуры, в свою очередь, может вызвать интенсивный рост микроорганизмов, что нежелательно, поскольку деминерализованная сыворотка используется в качестве основы в напитках, десертах, детских продуктах и т.д. В данной статье представлены результаты влияния температурных режимов процесса обессоливания на развитие термофильных и психрофильных микроорганизмов, дрожжей, плесеней, а также показателей КМАФАнМ и БГКП. Объектом исследований являлась сыворотка творожная натуральная с массовой долей сухих веществ (5,6±0,2) % и подсгущенная творожная сыворотка с массовой долей сухих веществ (18,0±1,0) %. В ходе исследований контролировались микробиологические и физико-химические показатели. Результаты показали, что с повышением температуры от (15±1,0) °С до (30,0±1,0) °С наблюдается развитие термофильной микрофлоры в образцах натуральной творожной сыворотки и дрожжей как в образцах натуральной сыворотки, так и в образцах подсгущенной творожной сыворотки, психрофильной микрофлоры в подсгущенной сыворотке при (22,0±1,0) °С, прирост КМАФАнМ при всех температурных режимах был незначительным, однако наблюдался и спад развития БГКП, психрофильных микроорганизмов в образцах натуральной творожной сыворотки. Результаты проведенных исследований позволили обосновать выбор оптимального температурного режима процесса электродиализной обработки творожной сыворотки, при котором практически не происходит развития микрофлоры, а также возрастает производительность установки.

Сыворотка творожная, мембранные процессы, электродиализ

Введение

Сыворотка творожная, несмотря на все свои полезные свойства, остается самым трудным для переработки видом вторичного молочного сырья из-за ее высокой кислотности (50–90 °Т) и относительно высокой зольности, которая влияет на органолептические свойства и сыворотки, и продуктов ее переработки. При сгущении сыворотка становится не только горько-соленой, но даже в большей степени кислой. Высокая концентрация молочной кислоты создает проблемы при сушке творожной сыворотки вплоть до полной невозможности производства стандартного продукта [1, 2].

Для удаления минеральных солей и улучшения органолептики и технологических процессов в последнее десятилетие начали активно использоваться мембранные методы обработки сыворотки, в частности, электродиализ. Этот метод является регулируемым – он позволяет осмысленно управлять процессом деминерализации и тем самым решать самые разнообразные задачи: от получения сверхчистой воды до производства пищевых продуктов с заданным минеральным составом. В случае необходимости деминерализации сложных растворов, когда особую ценность представляют остающиеся в растворе вещества, очищенные от минеральных примесей, электродиализ оказывается вне конкуренции [3]. Как правило, деминерализации подвергается как натуральная (массовая доля сухих веществ около 6 %), так и подсгущенная молочная сыворотка (массовая доля сухих веществ около 20 %) в зависимости от объемов перерабатываемого сырья.

Целесообразно комбинирование мембранных процессов для достижения требуемых характеристик сырья в соответствии с производственными задачами. Так, сочетание нанофильтрации и электродиализа позволяет повысить эффективность и производительность последнего за счет обработки частично деминерализованной сыворотки с повышенным содержанием сухих веществ (до 18–22 %). Использование низких температур мембранных процессов помогает не только экономить на энергоносителях, но и исключить влияние высоких температур на термолабильные компоненты молочной сыворотки, что в конечном счете повышает биологическую ценность и технологические свойства сырья и готового продукта [4].

При повышении температуры возрастает эффективность процессов, но появляется опасность интенсивного развития микрофлоры в сырье [5]. Поэтому при определении режимов, в частности, электродиализной обработки, необходимо найти оптимальное значение, позволяющее интенсифицировать процесс без ущерба качества сыворотки и получаемых из нее продуктов.

Целью данного исследования было сравнить влияние массовой доли сухих веществ на развитие

микрофлоры и определить оптимальную температуру проведения процесса электродиализа с минимальным ростом микрофлоры для натурального и подсгущенного сырья.

Объекты и методы исследований

Для проведения экспериментов использовалась сыворотка творожная натуральная с массовой долей сухих веществ (5,6±0,2) %, полученная из ванн при производстве обезжиренного творога, пастеризованная (74±2) ºС с выдержкой 15–20 с и подсгущенная в вакуум-выпарной установке творожная сыворотка с массовой долей сухих веществ (18±1) %.

Электродиализная обработка, образцов проходила на установке ED(R)-Y/50 чешской фирмы АО «MEGA».

В процессе обработки контролировались следующие физико-химические показатели сырья: массовая доля сухих веществ, титруемая кислотность, активная кислотность, удельная электропроводность, температура и сила тока. Физико-химические показатели творожной сыворотки, используемой в исследованиях, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Физико-химические показатели творожной сыворотки

Наименование сырья	Показатели			
	pH	СВ, %	Кислотность,°Т	УЭП, млСм/см
Сыворотка творожная подсгущенная	4,4±0,1	18,0±0,2	145,4±2,0	13,23±0,10
Сыворотка творожная натуральная	5,4±0,1	5,6±0,2	63,0±2,0	5,93±0,10

Титруемая кислотность измерялась в соответствии с ГОСТ 3624-92, массовая доля сухих веществ определялась с помощью автоматического рефрактометра ATAGOPAL-S.

В процессе микробиологических исследований количественный учет микроорганизмов проводился с использованием различных видов 3M Petrifilm – Петрифильмов.

Исследование ЭД-процесса проводилось при трех температурных режимах обработки: (15±1), (22±1) и (30±1) °С. Длительность одной загрузки составляла 4 ч, что соответствовало уровню деминерализации (82±8) %. После каждой загрузки производили реверс: при изменении полярности постоянного тока анод становился катодом, что меняло направления движения ионов в растворе.

Пробы на микробиологические исследования отбирались до начала процесса электродиализа и после четырехчасовой обработки.

Для оценки влияния воздействия электрического поля на микрофлору творожной сыворотки параллельно ЭД-процессу контрольные пробы сыворотки термостатировались 4 ч при соответствующей температуре.

Результаты и их обсуждение

Показатель КМАФАнМ исходной творожной сыворотки с массовой долей СВ (5,4±0,1) % составлял 2,3*106, что превышает норму, допускаемую ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции». Поэтому исходная сыворотка проходила термическую обработку, после которой КМАФАнМ составил 1,2*105. Подсгущенная сыворотка, концентрирование которой проводится в ВВУ при температуре (57±2) °С, не нуждалась в тепловой обработке, так как показатель составил 3,2*104. Динамика изменения КМАФАнМ в течение электродиализной обработки представлена на рис. 1.

Полученные данные свидетельствуют, что во всех образцах сыворотки после ЭД обработки наблюдался незначительный рост КМАФАнМ – от 0,17 до 0,5 порядка. Для образцов с натуральной творожной сывороткой с массовой долей СВ 6 % наблюдался рост при температуре 15 °С, для подсгущенной творожной сыворотки при 22 °С.

В контрольных пробах натуральной творожной сыворотки (рис. 1) был незначительный прирост микрофлоры по сравнению с образцами, прошедшими ЭД обработку.

Бактериальная обсемененность оказалась более важным показателем для натуральной творожной сыворотки. Для подсгущенной сыворотки не было обнаружено зависимости от начальной обсемененности, так как все показатели находились в диапазоне от -0,11 до +0,19 (рис. 2).

Для термофильной микрофлоры в образцах натуральной творожной сыворотки после ЭД обработки наблюдался прирост при температуре 30 °С, для образцов подсгущенной творожной сыворотки после ЭД обработки был отмечен незначительный рост микрофлоры при всех температурных режимах (рис. 3).

В контрольных пробах всех образцов сыворотки наблюдался незначительный рост микроорганизмов.

Термофильная микрофлора в подсгущенной творожной сыворотке в ряде случаях не обнаруживалась. Для натуральной творожной сыворотки начальная обсемененность влияла на прирост микрофлоры в процессе обессоливания (рис. 4).

Дрожжи в обоих образцах творожной сыворотки после ЭД обработки показывали больший рост при всех температурных режимах, особенно при 30 °С. Также рост отмечается и в контрольных пробах творожной сыворотки (рис. 5). Для дрожжей концентрация сухих веществ играла роль только при 30 °С. Разница между ростом в натуральной и подсгущенной сыворотке составила около 0,6 ед. При 15 °С дрожжи лучше развивались в подсгущенной сыворотке, а при 22 °С показатели обоих образцов сыворотки почти равны (рис. 6). Плесневые грибы высевались, но во втором разведении обнаружены не были.

Для образцов натуральной творожной сыворотки после ЭД обработки превалировало снижение психрофильной микрофлоры при всех температурных режимах, для подсгущенной сыворотки был отмечен небольшой рост при температуре 22 °С,

однако наблюдалось снижение микрофлоры при температурах 15 и 30 °С (рис. 7).

Для контрольных проб натуральной творожной сыворотки наблюдалось снижение психрофильной микрофлоры, для подсгущенной сыворотки рост был отмечен при температуре 30 °С (рис. 7). В контрольных образцах обоих видов сыворотки было отмечено снижение роста БГКП (рис. 8).

Для образцов натуральной творожной сыворотки после ЭД обработки максимальный показатель роста зафиксирован при 22 °С. Что касается ЭД образцов подсгущенной творожной сыворотки, рост БГКП отмечен не был, наоборот, наблюдалась обратная тенденция снижения роста (рис. 8).

При исследовании показателей БГКП в подсгущенной творожной сыворотке не было определено каких-либо тенденций в развитии или снижении роста микроорганизмов. При температуре 30 °С наблюдалось значительное снижение количества микроорганизмов.

В исходной сыворотке развитие наблюдалось только у образцов, прошедших электродиализную обработку при температуре 15 и 22 °С.

В данном случае ни начальное обсеменение, ни температурные режимы не повлияли на рост БГКП.

Поскольку существуют сведения о том, что электрический ток может оказывать угнетающее действие на рост микробной культуры, было проведено сравнение количества исследуемых групп микроорганизмов в образцах, не подвергавшихся процессу электродиализа (контрольные пробы), с образцами после электродиализа [6].

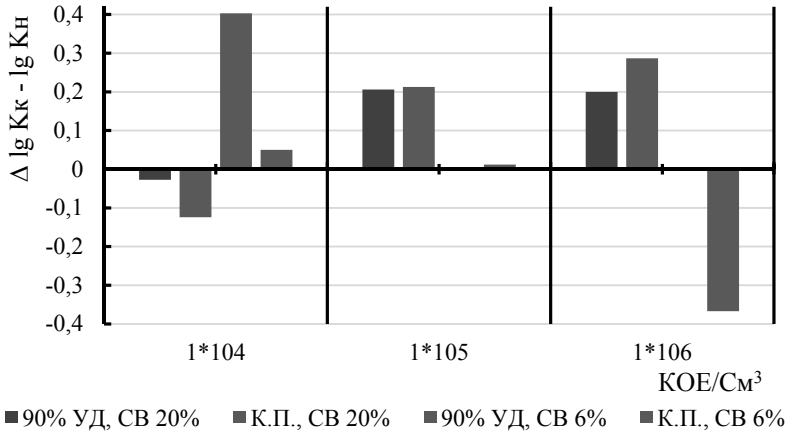

Рис. 1. Влияние температуры ЭД-процесса на прирост КМАФАнМ в образцах творожной сыворотки

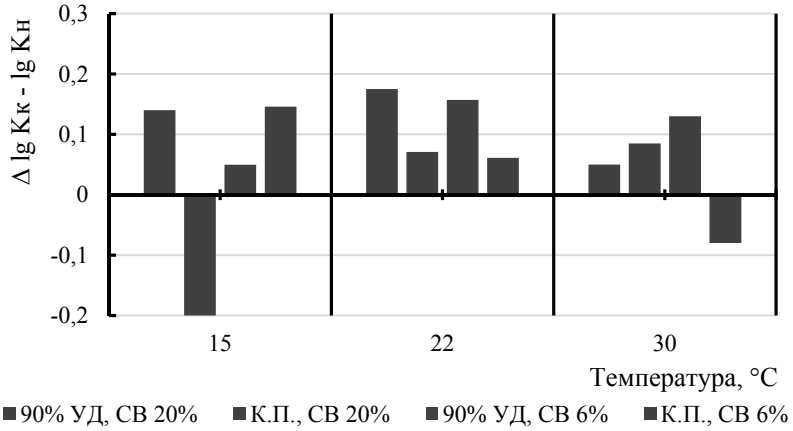

Рис. 2. Влияние начальной обсемененности на прирост КМАФАнМ в образцах творожной сыворотки

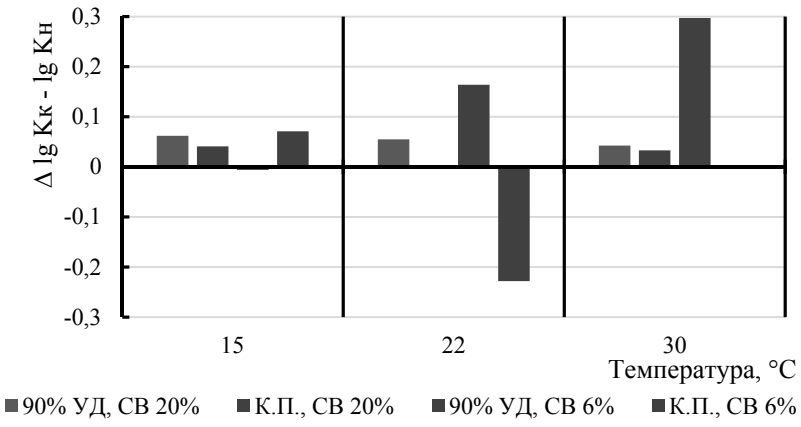

Рис. 3. Влияние температуры ЭД-процесса на прирост термофильной микрофлоры в образцах творожной сыворотки

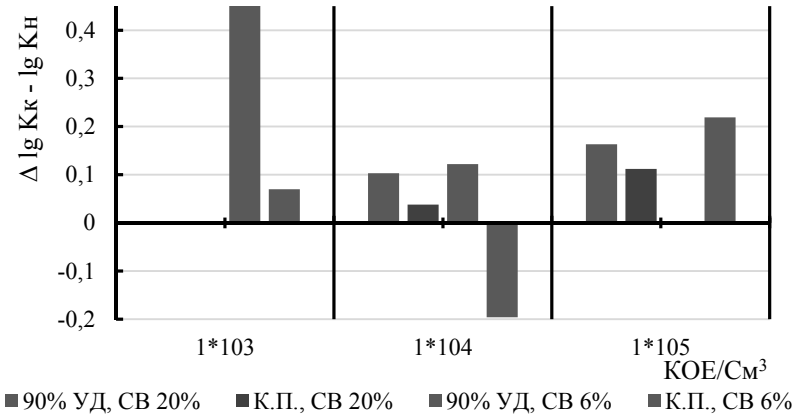

Рис. 4. Влияние начальной обсемененности на прирост термофильной микрофлоры в образцах творожной сыворотки

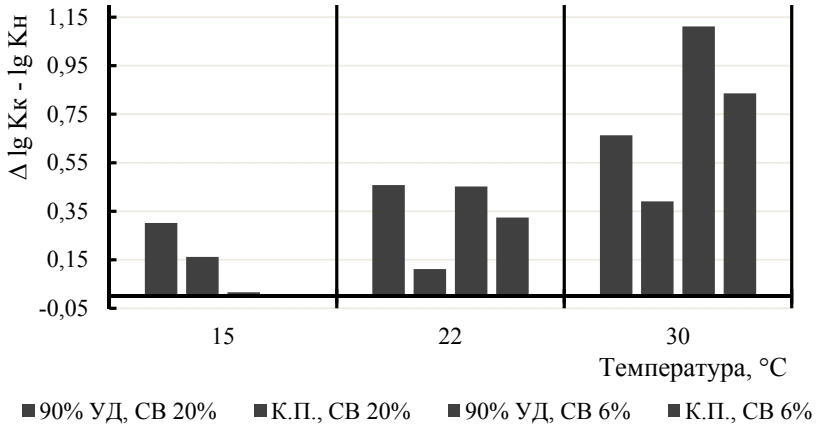

Рис. 5. Влияние температуры ЭД-процесса на прирост дрожжей в образцах творожной сыворотки

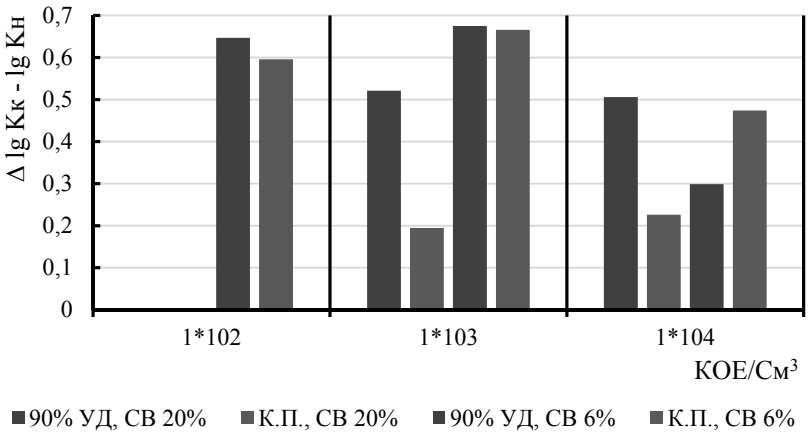

Рис. 6. Влияние начальной обсемененности на прирост дрожжей в образцах творожной сыворотки

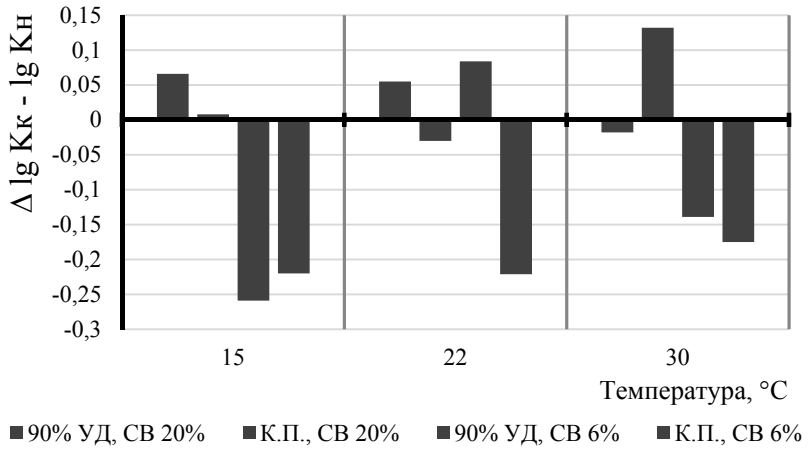

Рис. 7. Влияние температуры ЭД-процесса на прирост психрофильной микрофлоры в образцах творожной сыворотки

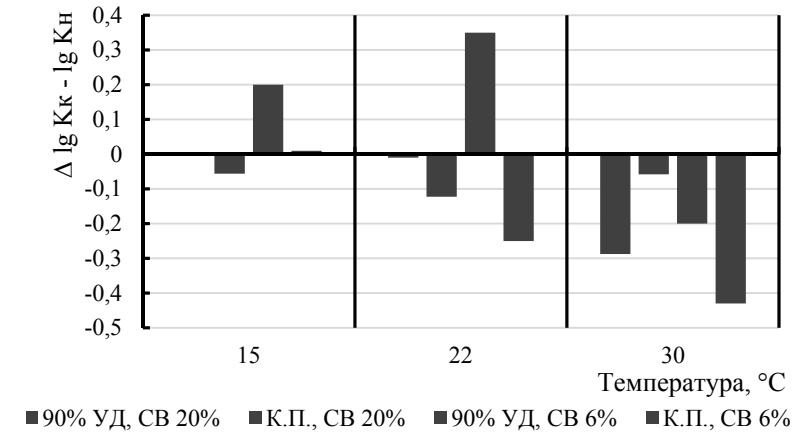

Рис. 8. Влияние температуры ЭД-процесса на прирост БГКП в образцах творожной сыворотки

Температурные режимы, выбранные для проведения исследований во время процесса ЭД, в натуральной творожной сыворотке незначительно повлияли на рост микроорганизмов, так как начальное обсеменение сырья было выше нормы по требованиям ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции».

В подсгущенной творожной сыворотке выбранные температурные режимы электродиализной обработки практически не влияют на развитие показателей КМАФАнМ, БГКП и некоторые группы микроорганизмов.

Рост дрожжей был одинаковым как в подсгущенной, так и в исходной творожной сыворотке.

Стабильный рост был отмечен в натуральной творожной сыворотке при температуре 22 и 30 °С, так как данные температурные режимы являются оптимальными для развития дрожжей и плесеней.

Контрольные пробы всех видов сыворотки, которые термостатировались при температурах, соответствующих температурам процесса электродиализа, не показывали интенсивного прироста микрофлоры (рис. 1–8), кроме дрожжей, которые развивались как в контрольных пробах, так и в образцах после ЭД обработки.

Результаты, полученные в ходе проведения исследований, позволили обосновать выбор оптимальной температуры электродиализной обработки творожной сыворотки, которая не способствовала развитию микрофлоры и позволила повысить производительность процесса электродиализа.

Оптимальным температурным режимом процесса электродиализной обработки творожной сыворотки является (15,0±1,0) °С. При данной температуре практически не происходит развития тех или иных групп микроорганизмов, что позволяет нам получить конечный продукт, соответствующий стандартам качества, а также повысить производительность электродиализной установки.

Возможной оптимальной температурой проведения процесса электродиализа творожной сыворотки может быть (22,0±1,0) °С. Однако установлен факт активного развития дрожжей при данном температурном режиме (22,0±1,0) °С, что отрицательно скажется на качестве готового продукта.

Список литературы

1. Решение проблемы экологической безопасности при переработке лактозосодержащего сырья с повышенной кислотностью / И.А. Евдокимов, Н.Я. Дыкало, Д.Н. Володин, А.И. Терновой // Проблемы экологической безопасности Северо-Кавказского региона: материалы регион. конф. – Ставрополь: СГСХА, 2000. – С. 34–33.

2. Храмцов, А.Г. Технология продуктов из молочной сыворотки: учеб. пособие / А.Г. Храмцов, П.Г. Нестеренко. – М.: ДеЛи принт, 2004. – С. 307.

3. Евдокимов, И.А. Электродиализ – перспективный метод переработки молочной сыворотки / И.А. Евдокимов, Д.Н. Володин, Н.Я. Дыкало // Переработка молока. Отраслевые ведомости. – 2001. – № 2. – С. 78.

4. Влияние ионов некоторых металлов на рост при действии постоянного электрического тока / Н.М. Клюшин, З.С. Науменко, Н.В. Годовых [и др.] // Вестник Челябинского государственного университета. – 2012. – № 31. – Вып. 15.

5. Overview of membrane science and technology. In: Baker RW, editor. Membrane technology and applications. 2nd ed. Chichester, Baker RW. UK: John Wiley & Sons, Ltd. 2004.

6. Андреев, В.С. Возможная роль реструктуризации воды в слабых электрических полях при адаптации микроорганизмов к стрессовым воздействиям [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.biophis.ru

RESEARCH OF INFLUENCE OF MASS FRACTION OF SOLIDS ON THE DEVELOPMENT OF COTTAGE CHEESE WHEY MICROFLORA DURING THE ELECTRODIALYSIS PROCESSING

M.E. Kosenko*, I.K. Kulikova, A.N. Donskih, G.S. Anisimov, I.A. Evdokimov

North-Caucasus Federal University,
1, Pushkin Str., Stavropol, 355009, Russia

**e-mail: info@ncfu.ru*

Received: 12.02.2016
Accepted: 15.04.2016

One of the problems of whey electrodialysis is the possible reduction of microbiological indices of raw materials during the process, which negatively affects the quality of the final product. Whey is a perfect medium for the development of microorganisms, so to determine temperature and time parameters is important today. Low-temperature electrodialysis whey processing enables to reduce the risk of the development of foreign microflora, but does not provide high efficiency of the process. The temperature increase, in its turn, can cause the intensive growth of microorganisms. It is undesirable, because demineralized whey is used as a base in beverages, desserts and baby products. This article presents the results of the influence of temperature conditions of desalting process on the development of thermophilic and psychrophilic microorganisms, yeasts and molds as well as QMAFAnM and CGB indices. The object of research was the natural cottage cheese whey with a mass fraction of solids (5.6 ± 0.2)%, and condensed cottage cheese whey with a mass fraction of solids (18.0 ± 10)%. Microbiological and physico-chemical parameters were controlled in the research. The results showed that with increasing temperature of (15.0 ± 1.0)°C to (30.0 ± 1.0)°C there is the development of the natural microflora in thermophilic cheese whey samples and yeast both in serum samples and in condensed samples of cheese whey, psychrophilic microflora in condensed whey at (22.0 ± 1.0)°C. QMAFAnM growth under all temperature conditions was insignificant. However, there was a decline of coliforms and psychrophilic microorganisms in the samples of natural cottage cheese whey. The results obtained enable to choose the optimum temperature modes of the electrodialysis processing of cottage cheese whey.

Cottage cheese whey, membrane processes, electrodialysis

References

1. Evdokimov I.A., Dykalo N.Ya., Volodin D.N., Ternovoy A.I. Reshenie problemy ekologicheskoy bezopasnosti pri pererabotke laktozosoderzhashchego syr'ya s povyshennoy kislotnost'yu [The decision of problems of ecological safety in the processing of lactose containing raw material with high acidity]. *Materialy regional'noy konferentsii «Problemy ekologicheskoy bezopasnosti Severo-Kavkazskogo regiona»* [Proc. of the reg. conf. "Problems of ecological safety of the North Caucasus region"]. Stavropol', 2000, pp. 34–33.

2. Khramtsov A.G., Nesterenko P.G. *Tekhnologiya produktov iz molochnoy syvorotki* [Technology of products from whey]. Moscow, DeLi print Publ., 2004. 307 p.

3. Evdokimov I.A., Volodin D.N., Dykalo N.Ya. Elektrodializ–perspektivnyy metod pererabotki molochnoy syvorotki [Electrodialysis-promising method for processing of whey]. *Pererabotka moloka* [Milk Processing], 2001, no. 2, pp. 78.

4. Klyushin N.M., Naumenko Z.S., Godovykh N.V., et al. Vliyanie ionov nekotorykh metallov na rost *Staphylococcus aureus* i *Pseudomonas aeruginosa* pri deystvii postoyannogo elektricheskogo toka [Influence of ions of certain metals on the growth *Staphylococcus aureus* and *Pseudomonas aeruginosa* the action of direct electric current]. *Vestnik Cheljabinskogo gosudarstvennogo universiteta* [CSU Bulletin], 2012, no. 31, iss. 15, pp. 26-31.

5. Baker R.W. (ed.) *Membrane technology and applications. 2nd ed.* Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd, 2004. 545 p.

6. Andreev V.S. *Vozmozhnaya rol' restrukturizatsii vody v slabykh elektricheskikh polyakh pri adaptatsii mikroorganizmov k stressovym vozdeystviyam* [The possible role of water restructuring in weak electric fields at the micro-organisms to adapt to stresses]. Available at: http://www.biophis.ru. (accessed 13 February 2016).

Дополнительная информация / Additional Information

Исследование влияния массовой доли сухих веществ на развитие микрофлоры творожной сыворотки в процессе электродиализной обработки / М.Е. Косенко, И.К. Куликова, А.Н. Донских, Г.С. Анисимов, И.А. Евдокимов // Техника и технология пищевых производств. – 2016. – Т. 41. – № 2. – С. 40–46.

Kosenko M.E., Kulikova I.K., Donskih A.N., Anisimov G.S., Evdokimov I.A. Research of influence of mass fraction of solids on the development of cottage cheese whey microflora during the electrodialysis processing. *Food Processing: Techniques and Technology,* 2016, vol. 41, no. 2, pp. 40–46 (in Russ.).

Косенко Мария Евгеньевна
инженер, центр биотехнологического инжиниринга, ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказский федеральный университет», 355009, Россия, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1, тел.: +7 (8652) 95-68-08, e-mail: info@ncfu.ru

Куликова Ирина Кирилловна
канд. техн. наук, доцент кафедры прикладной биотехнологии, Институт живых систем, ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказский федеральный университет», 355009, Россия, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1, тел.: +7 (8652) 95-68-08, e-mail: info@ncfu.ru

Донских Александр Николаевич
канд. техн. наук, инженер, центр биотехнологического инжиниринга, ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказский федеральный университет», 355009, Россия, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1, тел.: +7 (8652) 95-68-08, e-mail: info@ncfu.ru

Анисимов Георгий Сергеевич
канд. техн. наук, директор, центр биотехнологического инжиниринга, ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказский федеральный университет», 355009, Россия, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1, тел.: +7 (8652) 95-68-08, e-mail: info@ncfu.ru

Евдокимов Иван Алексеевич
д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры прикладной биотехнологии, Институт живых систем, ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказский федеральный университет», 355009, Россия, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1, тел.: +7 (8652) 95-68-08, e-mail: info@ncfu.ru

Maria E. Kosenko
Engineer, Center of Biotechnological Engineering, North-Caucasus Federal University, 1, Pushkin Str., Stavropol, 355009, Russia, phone: +7 (8652) 95-68-08, e-mail: info@ncfu.ru

Irina K. Kulikova
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Applied Biotechnology, Living Systems Institute, North-Caucasus Federal University, 1, Pushkin Str., Stavropol, 355009, Russia, phone: +7 (8652) 95-68-08, e-mail: info@ncfu.ru

Alexander N. Donskih
Cand.Sci.(Eng.), Engineer, Center of Biotechnological Engineering, North-Caucasus Federal University, 1, Pushkin Str., Stavropol, 355009, Russia, phone: +7 (8652) 95-68-08, e-mail: info@ncfu.ru

Georgi S. Anisimov
Cand.Sci.(Eng.), Director, Center of Biotechnological Engineering, North-Caucasus Federal University, 1, Pushkin Str., Stavropol, 355009, Russia, phone: +7 (8652) 95-68-08, e-mail: info@ncfu.ru

Ivan A. Evdokimov
Dr.Sci.(Eng.), Professor, Professor of the Department of Applied Biotechnology, Living Systems Institute, North-Caucasus Federal University, 1, Pushkin Str., Stavropol, 355009, Russia, phone: +7 (8652) 95-68-08, e-mail: info@ncfu.ru