

ВЛИЯНИЕ ПРЯМОГО ЭЛЕКТРОНАГРЕВА НА ХИМИЧЕСКИЕ, ФИЗИЧЕСКИЕ И БАКТЕРИАЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТВОРОЖНОЙ СЫВОРОТКИ

¹Турова Н.Н.

¹ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности» (университет), Кемерово, Россия (650056, Кемерово, б-р Строителей, 47), e-mail: natalya_turova@inbox.ru

В статье представлено исследование влияния прямого электронагрева на свойства творожной сыворотки. Экспериментальным путем установлено как меняются органолептические, физико-химические и микробиологические показатели творожной сыворотки с увеличением температуры. Найдена зависимость электропроводности от концентрации и активной кислотности при различных температурах. На основании полученных данных и материалов предварительных исследований выбран рациональный режим работы опытно-промышленной установки для выпаривания сыворотки, с учетом наилучшего качества получаемого продукта и возможностью его использовать в пищевой промышленности. Сделан вывод, о том что прямой электронагрев оказывает меньшее разрушающее воздействие нативных свойств исходной творожной сыворотки, изменение электропроводности позволяет контролировать кислотность творожной сыворотки, а также делает возможным автоматизацию контроля за содержанием сухих веществ и процесса пенообразования при выпаривании.

Ключевые слова: прямой электронагрев, электрический ток, творожная сыворотка, нативные свойства, выпаривание.

EFFECT OF DIRECT ELECTRICAL HEATING ON THE CHEMICAL, PHYSICAL AND BACTERIOLOGICAL PROPERTY OF COTTAGE CHEESE WHEY

¹Turova N.N.

Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), Kemerovo, Russia (650056, Kemerovo, Boulevard Stroiteley, 47), e-mail: natalya_turova@inbox.ru

The article presents a study of the effect of direct electric heating on the properties of cottage cheese whey. By experimental way determined changes in the organoleptic, physico-chemical and microbiological parameters of cottage cheese whey with increasing temperature. The dependence of the electrical conductivity as a function on the concentration and active acidity at different temperatures is found. Based on the obtained data and preliminary research materials the rational mode of operation of the experimental device for the evaporation of cottage cheese whey in the best quality of the finish product are choose. It was concluded that direct electrical heating has less damaging effects of the native properties of the raw cottage cheese whey, changes in the electrical conductivity allows to control the active acidity of the cottage cheese whey, and also makes it possible to the automation of control over dry solids and foaming process during evaporation.

Keywords: direct electric heating, electric current, cottage cheese whey, native properties, evaporation.

В последнее время в пищевых технологиях для обработки сырья и продуктов широко развито применение электрического тока, а именно нагрев за счет джоулевой теплоты – прямой электронагрев.

Применение электрического тока для обработки творожной сыворотки позволяет значительно увеличить энергоэффективность производственного процесса, так как генерирование теплоты осуществляется в самом продукте, а не на электродах, что в свою очередь обеспечивает быстрый и однородный нагрев. Данный способ переработки творожной сыворотки позволяет добиться высокого качества продукции и сохранить нативные свойства исходного сырья при относительно низких температурах, а также надежный контроль параметров производственного процесса и его непрерывность [1,3].

Целью исследования являлось определение основных свойств (химических, физических и бактериологических) творожной сыворотки, подвергнутой прямому электронагреву.

Объекты и методы исследования

В качестве объекта исследования были использованы образцы молочной сыворотки, полученной в производстве зернистого творога на ООО «Анжерское молоко» (Кемеровская обл., г. Анжеро-Судженск) в соответствии с требованиями ГОСТ Р 53438-2009. Предметом исследования являлся процесс выпаривания молочной сыворотки с помощью прямого электронагрева.

Исследования проводились на базе ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности» (университет). В соответствии с целью исследования были разработаны общая схема и методология проведения теоретической и экспериментальной работы. Экспериментальное исследование процесса выпаривания творожной сыворотки проводилось на малогабаритной опытно - промышленной установке с прямым электронагревом с собственным предварительным исследованием рациональных конструктивных и режимных параметров работы оборудования.

В качестве материалов для исполнения электродов могут быть использованы силицированный графит и нержавеющая сталь марки 12Х18Н10Т. В случае плоскопараллельной схемы электродной ячейки использование графита не целесообразно, так как сопровождается рядом трудностей. Поэтому была выбрана нержавеющая сталь из-за ее распространенности на рынке и простоты изготовления электродов для проведения эксперимента [2,4,6]. С целью исключения налипания белка на поверхности электродов, они были расположены на одной линии, но имели разную длину и с внешней стороны покрыты диэлектрическим слоем из селена. Для корпуса аппарата были выбраны отградуированная пластиковая емкость с плотной эллиптической крышкой. Для определения физико-химических свойств и бактериологических показателей применялись общепринятые и стандартные методы [5,6].

Результаты исследования и их обсуждение

Для определения влияния прямого электронагрева на свойства творожной сыворотки, был проведен ряд исследований.

При различных температурах на предложенной конструкции выпарного аппарата творожная сыворотка оценивалась по содержанию сухих веществ в полученных опытных образцах, которые отбирались через каждые 10 минут процесса. На рисунке 1 представлена динамика изменения сухих веществ творожной сыворотки от температуры нагрева (н.у.).

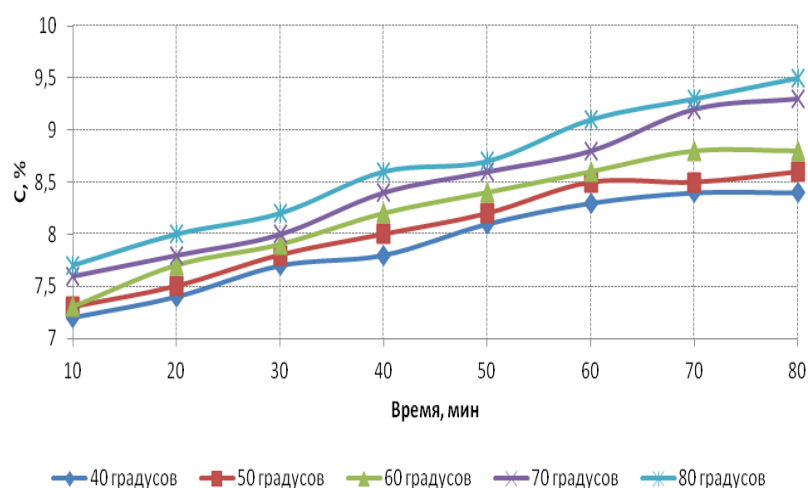


Рисунок 1. Динамика изменения сухих веществ творожной сыворотки от температуры нагрева при различных конструкциях электродов (н.у.)

Из графика видно, что с повышением температуры наблюдается увеличение содержания сухих веществ. Приведенные зависимости показывают, что концентрирование идет длительное время и после 60 минут процесса, аппарат не выходит на нужную концентрацию, и, следовательно, выпаривание при атмосферном давлении становится не рационально с точки зрения энергозатрат.

В дальнейшем была установлена зависимость физико-химических показателей творожной сыворотки от температуры электронагрева при нормальных условиях. Результаты представлены в таблице 1.

Анализ результатов показал, что с повышением температуры плотность, активная кислотность и вязкость творожной сыворотки увеличиваются. Эта зависимость носит линейный характер.

Таблица 1

Зависимость физико-химических показателей творожной сыворотки от температуры электронагрева (продолжительность нагрева 1 час, н.у.)

Температура, °С	Массовая доля белка, г/100 мл	Кислотность, рН	Плотность, кг/м ³	Вязкость, 10 ⁻³ Па·с
40	0,84	5,1	1022	1,45
50	0,89	5,0	1024	1,50
60	0,94	4,9	1030	1,55
70	0,94	4,8	1033	1,63
80	0,96	4,7	1036	1,66

Исследование влияния тепловой обработки на молекулы белка творожной сыворотки показали, что при нагревании ее более 50 °С, наступает процесс агломерации глобул белка, который обусловлен денатурацией, при этом сыворотка становится более

прозрачной. Данное явление сопровождается налипанием белка на поверхность теплообмена в традиционных аппаратах, с прямым электронагревом, у нас это явление отсутствовало за счет применения электродов различной длины и покрытия их диэлектрическим слоем.

Денатурированные белки, окончательно потеряв устойчивость, при 65-70° С образуют хлопья, которые медленно оседают, что сопровождается пенообразованием творожной сыворотки. Руководствуясь выше сказанным, порог денатурации сывороточных белков находится на уровне 50 - 65° С, видимая коагуляция наблюдалась при 75 - 80° С.

Так температурным пределом, который позволил избежать денатурации сывороточных белков и их налипания на поверхностях теплообмена, а также пенообразования является температура $55 \pm 2^\circ \text{C}$, а плотность тока по предварительным исследованиям на электродах не должна быть более 2 – 2,5 А/см².

Воздействие прямого электронагрева на микробиологические показатели творожной сыворотки полностью определило пригодность применения продукта к дальнейшей переработке. Прямой электронагрев инактивирует микроорганизмы в сыворотке под воздействием тепла и электрического тока, и исключает рост вредоносных пищевых микроорганизмов, что в свою очередь определяет срок ее хранения (-2 - 8)°С до 2 месяцев).

В ходе исследований была выявлена зависимость изменения витаминного состава творожной сыворотки от прямого электронагрева, полученные данные сведены в таблицу 2.

Таблица 2

Зависимость изменения витаминного состава творожной сыворотки от прямого электронагрева

Температура выпаривания, °С	В ₁ (тиамин), мг в 100г	В ₂ (рибофлавин), мг в 100г	В ₆ (пиридоксин), мг в 100г	В ₁₂ (кобаламин), мкг в 100г	С (аскорбиновая кислота), мг в 100г
40	0,037	0,14	0,07	0,23	1,17
50	0,036	0,14	0,06	0,23	1,17
60	0,033	0,12	0,04	0,19	0,90
70	0,030	0,10	0,03	0,17	0,65
80	0,025	0,10	0,02	0,16	0,32

С увеличением температуры произошло разрушение витамина С, В₁, В₆, В₁₂. Витамин В₂ устойчив к тепловому воздействию, он в совокупности с концентрированием

красящих веществ определяет цвет творожной сыворотки, который изменялся от бледно-желтого до желто-зеленого. Менялся вкус продукта, который характеризуется как сладко-соленый (40-50°C), кисло-сывороточный (60-70°C), солоноватый (80°C). Внешний вид оставался однородным при температурах 40, 50, 60 °C. В образцах подвергнутые нагреванию более 60 градусов был отмечен осадок, который обусловил неоднородность полученной сыворотки.

С точки зрения сохранения нативных свойств компонентов творожной сыворотки ее при концентрировании необходимо поддерживать более низкие температуры. Исходя из термической устойчивости компонентов творожной сыворотки, максимальной температурой концентрирования (сгущения) является температура не более 55 С.

В ходе проведения исследований была выявлена взаимосвязь электропроводности творожной сыворотки с ее концентрацией и активной кислотностью, которая носит линейный характер. Результаты исследований представлены на рисунках 2, 3.

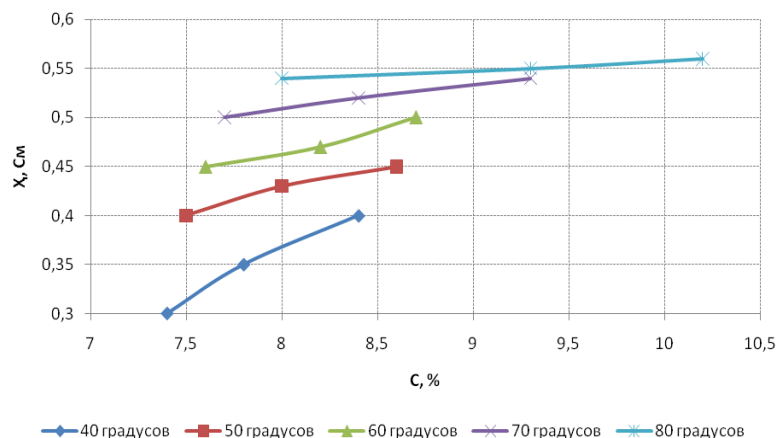


Рисунок 2. Зависимость электропроводности от содержания сухих веществ творожной сыворотки при термической обработке

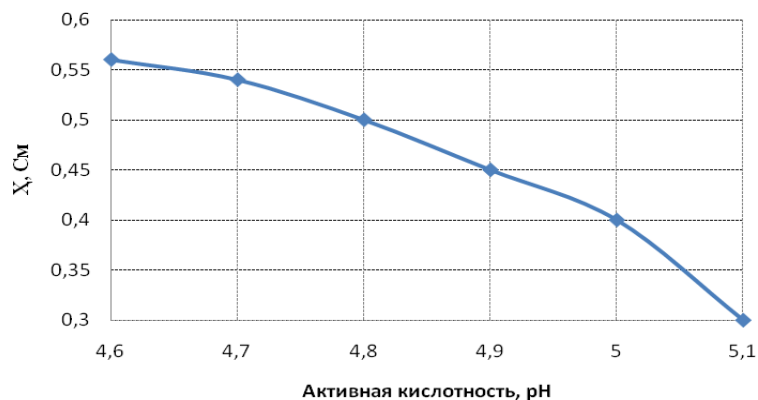


Рисунок 3. Зависимость электропроводности от активной кислотности творожной сыворотки при термической обработке

Зависимость электропроводности от концентрации сухих веществ носит монотонно возрастающий характер. Область экстремума при этом располагается в интервале 9,5 до 10,2 % содержания сухих веществ во всем интервале исследованных температур. Это явление можно объяснить, руководствуясь увеличением количества носителей зарядов, то есть массовой доли сухих веществ.

Полученные данные доказывают, что благодаря замеру значений электропроводности в процессе прямого электронагрева можно контролировать изменение концентрации творожной сыворотки, что в значительной мере упрощает процесс выпаривания, исключая взятие проб через заданное время. Кислотность же вносит определяющий вклад в ее электропроводность: с уменьшением кислотности, повышается электропроводность.

Заключение

Анализ влияния прямого электронагрева на свойства творожной сыворотки позволяет сделать следующие выводы:

1. Прямой электронагрев оказывает меньшее разрушающее воздействие нативных свойств исходного продукта, основываясь на рационально подобранных параметрах выпаривания, а именно температура - 50° С, при плотности тока не более 2,5 А/см².

2. Электропроводность творожной сыворотки взаимосвязана с ее концентрацией и активной кислотностью, что позволяет измерять содержание сухих веществ и контролировать кислотность по изменениям электропроводности, автоматизировать контроль за содержанием сухих веществ и процесса пенообразования при выпаривании.

Список литературы

1. Корсак С.П. Электрические водонагреватели и паровые котлы. М.-Л.: Госэнергоиздат, 1954. — 126 с.
2. Косинцев, В.И. Испытания выпарного аппарата электродного типа с прямым электронагревом: Методическое указание к проведению лабораторной работы по курсу «Процессы и аппараты химической технологии». / В.И. Косинцев, А.Г. Пьянков // ТПИ Томск. -1979. – 11с.
3. Кублановский, Я. С. Тиристорные устройства. — 2-е изд., перераб. и доп. / Я. С. Кублановский.— М.: Радио и связь, 1987. — 112 с.: ил.
4. Мамонтов, В.В. Интенсификация процессов нагревания и выпаривания электропроводных растворов под воздействием прямого электронагрева: Автореф. дис. канд. техн. наук. - Томск, 2004. - 19 с.

5. Попов, А.М. Исследование технологических процессов для концентрирования и стерилизации соков методом прямого нагрева / А.М. Попов, Н.В. Тихонов, И.Н. Тихонова // Техника и технология пищевых производств. – 2013. – №1. – с.81-87.

6. Попов, А. М. Исследование электрической проводимости соков в процессе выпаривания / А.М. Попов, Н.В. Тихонов, В.В. Тихонов // Химия Том 10, с. 414-418 (2014) XV Международная научно-практическая конференция «Химия и химическое машиностроение в XXI веке», посвященная профессору L.P. Kulyov .

Рецензенты:

Захарова Л.М., д.т.н., профессор кафедры «Технология молока и молочных продуктов» ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности» (университет), г. Кемерово.

Попов А.М., д.т.н., заведующий кафедрой «Прикладная механика» ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности» (университет), г. Кемерово.