

ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ

УДК 637.14

И.А. Короткий, П.А. Гунько, Д.Е. Федоров

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ КРИОКОНЦЕНТРИРОВАНИЯ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ

В статье исследуются процессы криоконцентрирования молочной сыворотки. Проведены опыты по разделительному вымораживанию молочной сыворотки при температуре -2, -4, -6°C. Определена зависимость плотности концентратов молочной сыворотки от продолжительности процесса и температуры разделительного вымораживания. На основании исследований определена оптимальная температура криоконцентрирования молочной сыворотки.

Ключевые слова: молочная сыворотка, криоконцентрирование, плотность.

I.A. Korotkiy, P.A. Gunko, D.E. Fedorov

THE RESEARCH OF THE MILK WHEY CRYO-CONCENTRATION PROCESSES

The processes of the milk whey cryo-concentration are researched in the article. The experiments on the whey separating freezing at temperature of -2, -4, -6°C are conducted. The dependence of the milk whey concentrate density on the process duration and the temperature of separating freezing is defined. On the basis of the research the optimal temperature of the milk whey cryo-concentration is determined.

Key words: milk whey, cryo-concentration, separating freezing, density.

Введение. На предприятиях молочной промышленности в процессе производства образуются значительные объемы сыворотки – подсырной, творожной или казеиновой. В последние годы наблюдается снижение уровня промышленной переработки данного вида сырья, при этом объемы ее производства постоянно растут [1]. В молочной сыворотке содержится до 50 % сухих веществ молока, до 200 различных соединений, в числе которых лактоза, тонкодиспергированный молочный жир, растворимые азотистые соединения и минеральные соли, витамины, ферменты и органические кислоты. Широкий спектр полезных веществ, входящих в состав молочной сыворотки, обуславливает ее высокий потенциал при производстве продуктов лечебного и диетического назначения. Основные показатели молочной сыворотки представлены в таблице [2].

Основные показатели молочной сыворотки

Показатель	Молочная сыворотка		
	подсырная	творожная	казеиновая
Сухие вещества, %	4,5-7,2	4,2-7,4	4,5-7,5
В том числе:			
лактоза	3,9-4,9	3,2-5,1	3,5-5,2
минеральные вещества	0,3-0,8	0,5-0,8	0,6-0,9
молочный жир	0,2-0,5	0,05-0,4	0,02-0,1
Кислотность, °Т	15-20	50-85	50-120
Плотность, кг/м ³	1018-1027	1019-1026	1020-1025

Состав молочной сыворотки варьируется в относительно широком интервале в зависимости от ряда факторов: для подсырной – от вида вырабатываемого сырья и его жирности; творожной – от способа производства творога и его жирности; казеиновой – от вида вырабатываемого казеина [3]. Из-за низкого содержания сухих веществ (4,2–7,5 %), а также вследствие высокой микробиологической обсемененности, данный вид сырья является скоропортящимся продуктом, требующим дополнительной переработки с целью про-

дления сроков его хранения. Для этой задачи используются различные виды технологической переработки. Например, в последние годы достаточно широкое распространение получило вакуумное выпаривание. Несмотря на некоторые преимущества, данный технологический процесс достаточно сложен технически, энергоемок и сопровождается необратимыми изменениями продуктов в процессе переработки.

Анализ существующих в настоящее время способов концентрирования показывает, что разделительное вымораживание является одним из наиболее перспективных способов переработки и консервирования молочной сыворотки. Криоконцентрирование проводится при низких температурах, что позволяет исключить денатурацию белковых фракций молочной сыворотки и сохранить ценные термолабильные компоненты [4–6].

На степень эффективности криоконцентрирования влияет множество факторов, таких, как вид кристаллизатора, температура, время вымораживания и т.д. Подбор режимов криоконцентрирования направлен на повышение степени концентрирования продукта с минимальными энергетическими и временными затратами.

Цель исследований. Изучение процессов разделительного вымораживания молочной сыворотки для выявления оптимальных режимов технологического процесса данного вида переработки.

Материалы и методы исследований. Для проведения исследований был использован криоконцентратор емкостного типа, разработанный на кафедре теплохладотехники Кемеровского технологического института пищевой промышленности. Схема экспериментальной установки представлена на рис. 1.

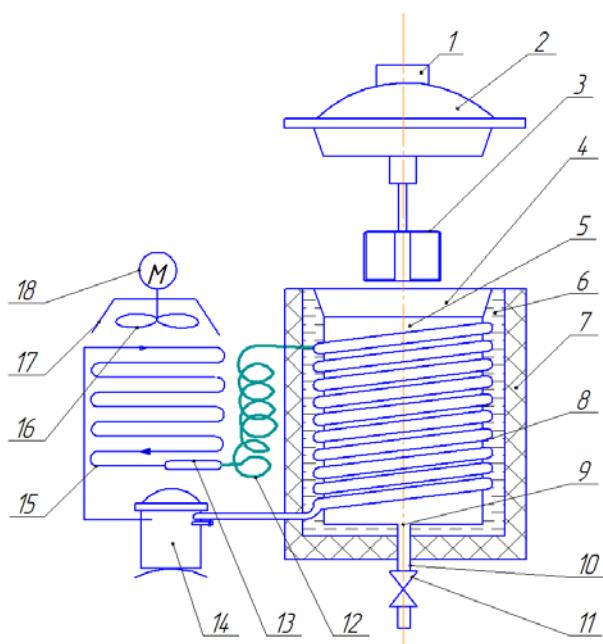


Рис. 1. Лабораторный криоконцентратор емкостного типа:

1 – электродвигатель мешалки; 2 – теплоизолированная крышка; 3 – мешалка; 4 – заливная горловина; 5 – цилиндрическая емкость; 6 – хладоноситель; 7 – теплоизоляция; 8 – змеевик испарителя; 9 – стивное отверстие; 10 – стивной трубопровод; 11 – запорный вентиль; 12 – капиллярная трубка; 13 – фильтр-осушитель; 14 – герметичный компрессор; 15 – воздушный конденсатор; 16 – вентилятор конденсатора; 17 – кожух вентилятора; 18 – электродвигатель вентилятора

Хладоснабжение лабораторного стенда осуществляется одноступенчатой холодильной машиной. Перед началом эксперимента молочная сыворотка (творожная) объемом 3 л, предварительно охлажденная до температуры 6°C, заливалась в рабочую емкость, охлаждаемую испарителем (9) до заданной температуры, после чего начинался процесс кристаллизации влаги на стенках емкости. С интервалом в 60 мин производился замер плотности незамерзшего раствора (концентрат) с помощью набора ареометров. Регистрация и контроль температуры в рабочей емкости производились с помощью хромель-копелевых термопар, измерителя-регулятора TPM202 и аналогового модуля ввода MBA8. Схема расположения термопар представлена на рис. 2.

Температура хладоносителя регулировалась по термопаре №2, температурный дифференциал был установлен в 0,5°C. Эксперименты проводились при температурах -2, -4, -6°C. Опыт завершался в момент,

когда количество вымороженного льда достигало 60 % от первоначального количества сыворотки. Температурные зависимости обрабатывались в программе Microsoft Excel.

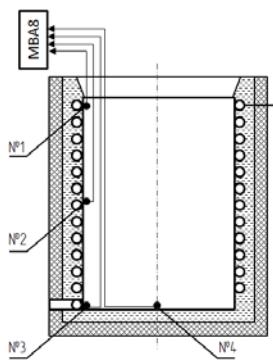


Рис. 2. Схема расположения термопар в рабочей емкости

Результаты исследований и их обсуждение. На рисунке 3 представлены графики изменения температур в рабочей емкости криоконцентратора в процессе разделительного вымораживания при установленных температурах -2 , -4 , -6°C .

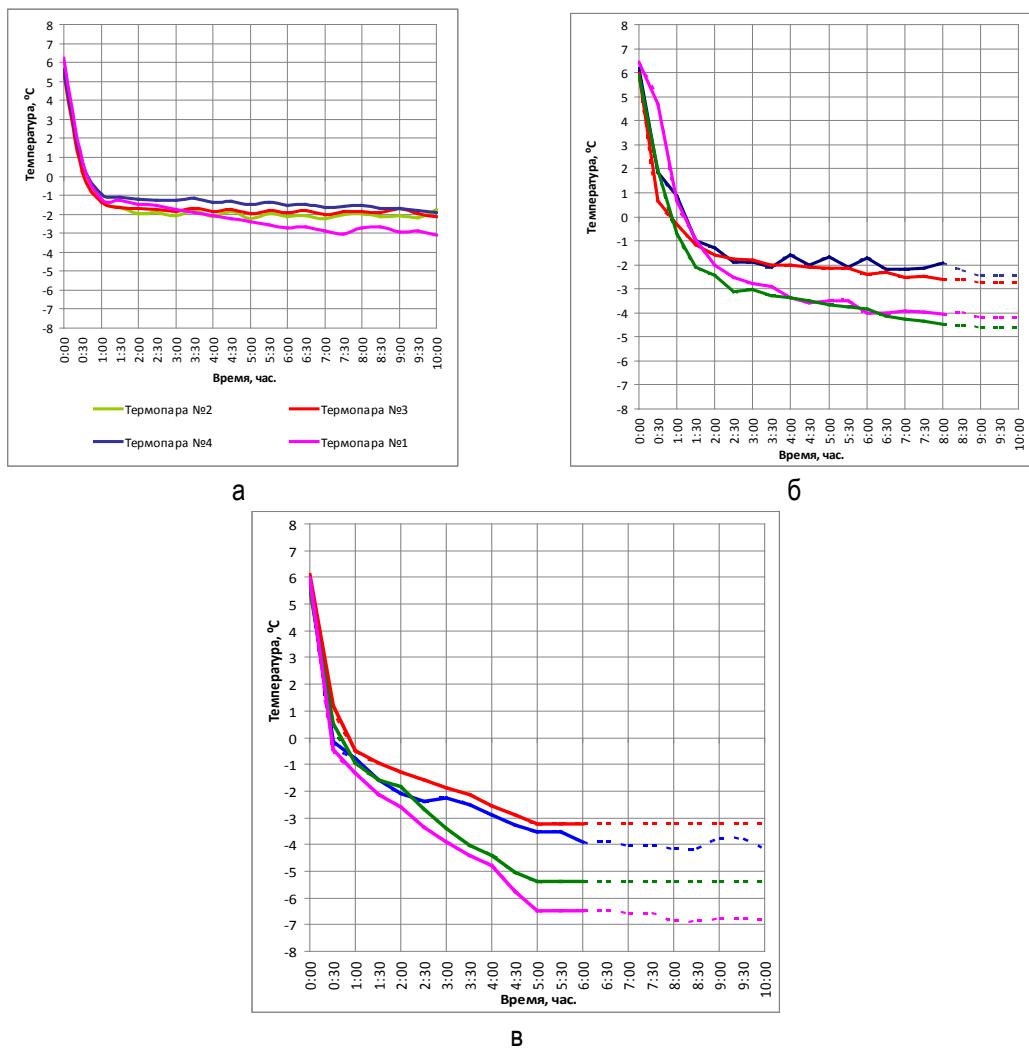


Рис. 3. Графики изменения температуры в рабочей емкости криоконцентратора в процессе разделительного вымораживания при заданной температуре -2 (а), -4 (б), -6°C (в)

Из представленных графиков на рис. 3 следует, что в начале процесса разделительного вымораживания происходит охлаждение молочной сыворотки от температуры 6°C до криоскопической температуры, после чего наблюдается значительное снижение скорости изменения температуры. Поскольку в криоконцентраторе используется верхняя подача хладоносителя, то наиболее низкая температура фиксировалась термопарой №1. Переохлаждение в данной точке от установленной температуры к концу процесса вымораживания составило 0,45; 0,6; 2,55°C при установленных температурах -2, -4, -6°C соответственно. Во всех случаях наблюдалось сходство температурных кривых термопар №3 и №4. При установленной температуре -2°C общее время вымораживания составило 11 ч, в этом случае наблюдалось наибольшее соответствие температур термопар №2, №3 и №4 заданному значению на протяжении всего эксперимента. В случае, когда вымораживание происходило при заданной температуре -4 и -6°C, время вымораживания составляло 9 и 5 ч соответственно, а температура в точках термопар №3 и №4 не достигала установленного значения к концу эксперимента.

Графики изменения плотности концентрата молочной сыворотки в процессе разделительного вымораживания представлены на рис. 4.

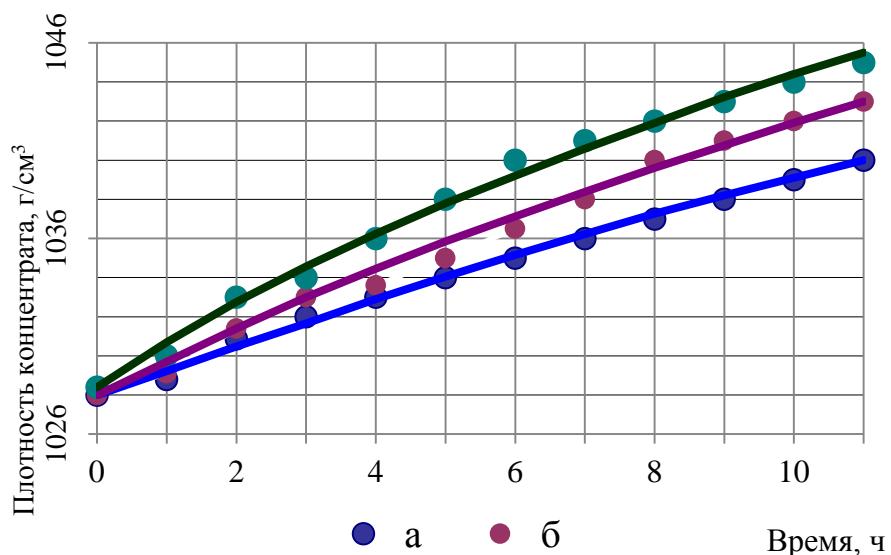


Рис. 4. Графики изменения плотности концентрата молочной сыворотки в процессе разделительного вымораживания при температуре -2 (а), -4 (б), -6°C (в)

Исходная молочная сыворотка характеризовалась плотностью 1028–1029 г/см³. К концу процесса вымораживания наибольшая плотность концентрата (1045 г/см³) наблюдалась при установленной температуре -6°C. Криоконцентрирование при более низкой температуре, несмотря на сокращение продолжительности процесса, нецелесообразно вследствие повышения потерь сухих веществ. Вымораживание при температуре выше -6°C характеризуется значительным уменьшением плотности концентрата молочного сыворотки. Скорость увеличения концентрации в незамерзшей сыворотке определялась по следующей формуле:

$$v_{\rho} = \frac{\rho_i - \rho_{i-1}}{\tau},$$

где v_{ρ} – скорость увеличения концентрации, г/(см³·ч); ρ_i – плотность концентрата в i -час времени от начала кристаллизации, г/см³; τ – время, ч.

По расчетным данным были построены графики скорости изменения плотности концентрата в зависимости от времени (рис. 5) и от плотности (рис. 6).

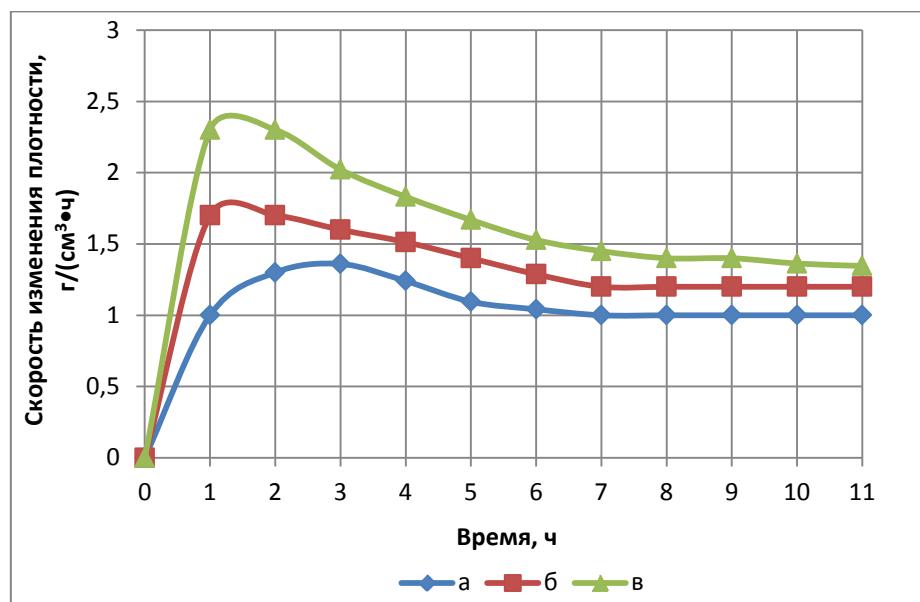


Рис. 5. График зависимости скорости изменения плотности концентратов молочной сыворотки в процессе разделительного вымораживания от времени при температуре -2 (а), -4 (б), -6°C (в)

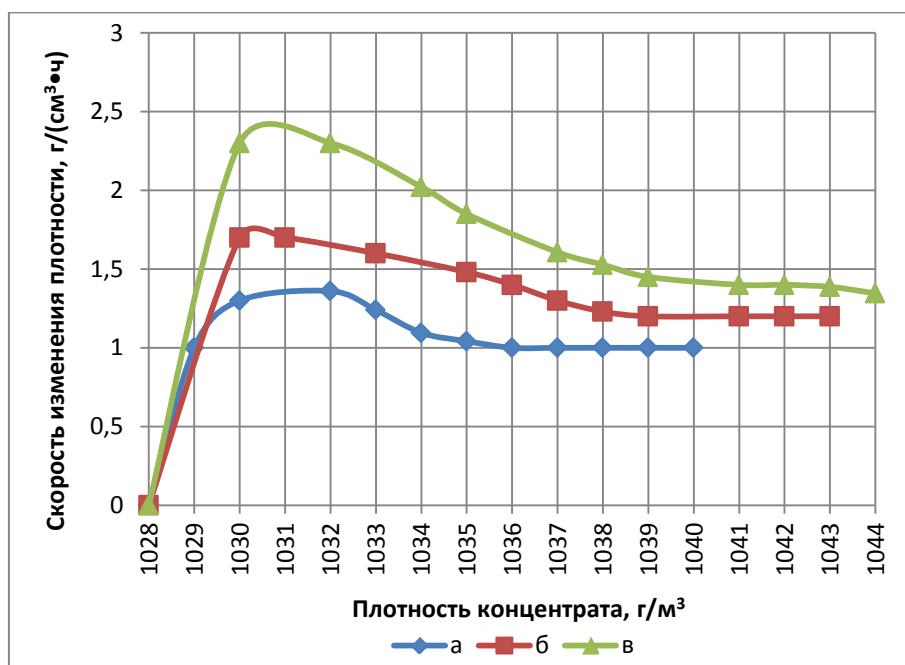


Рис. 6. График зависимости скорости изменения плотности концентратов молочной сыворотки в процессе разделительного вымораживания от плотности при температуре -2 (а), -4 (б), -6°C (в)

В случае, когда температура хладоносителя составляла -4 и -6°C, наибольшая скорость изменения плотности концентратов наблюдалась в первые 2 ч вымораживания и составляла соответственно 1,7 и 2,3 $\text{г}/\text{см}^3 \cdot \text{ч}$. При температуре -2°C наиболее высокая скорость концентрирования наблюдалась через 3 ч после начала кристаллизации (1,36 $\text{г}/\text{см}^3 \cdot \text{ч}$). В дальнейшем данные показатели снижались и через 11 ч достигали значения в 1–1,35 $\text{г}/\text{см}^3 \cdot \text{ч}$. Максимум скорости изменения плотности концентратов молочной сыворотки приходился на интервал плотности 1030–1033 $\text{г}/\text{см}^3$ (рис. 6).

Заключение. Таким образом, в ходе настоящей работы был исследован процесс криоконцентрирования молочной сыворотки при различных температурах. Установлено, что при разделительном вымораживании 60 % раствора общее время данного процесса при температурах -2, -4, -6°C составляет соответственно

11, 9 и 5 ч. Наибольшая скорость концентрирования наблюдается в первые 2–3 ч от начала процесса кристаллизации и приходится на интервал плотности 1030–1033 г/см³. Анализируя результаты экспериментов, можно заключить, что оптимальная температура разделительного вымораживания молочной сыворотки в емкостном криоконцентраторе составляет -6°C, при этом имеется возможность получить концентрат плотностью 1045 г/см³, объемом 40 % от исходной сыворотки, остальная часть которой может направляться на вторичное концентрирование для уменьшения потерь сухих веществ. Криоконцентрирование при более высокой температуре нецелесообразно вследствие увеличения продолжительности процесса, а также снижения концентратом молочной сыворотки, а при более низкой температуре в процессе концентрирования увеличиваются потери сухих веществ. Исходя из анализа проведенных исследований, следует сделать вывод, что криоконцентрирование наиболее выгодно производить в течение 2–3 ч, когда скорость изменения плотности концентрата максимальна.

Литература

1. Станиславская Е.Б., Паринова Т.В., Мельник А.В. Криоконцентрирование биологически активных веществ молочной сыворотки с применением жидкого азота // Успехи современного естествознания. – 2011. – № 7. – С. 211–212.
2. Переработка и использование молочной сыворотки: Технологическая тетрадь /А.Г. Храмцов, В.А. Павлов, П.Г. Нестеренко [и др.]. – М.: Росагропромиздат, 1989. – 271 с.
3. Храмцов А.Г. Феномен молочной сыворотки. – СПб.: Профессия, 2011. – 804 с.
4. Концентрирование вымораживанием / П.А. Гунько, А.В. Учайкин, А.В. Карчин // Качество продукции, технологий и образования: мат-лы 7-й Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. – Магнитогорск: МиниТип, 2012. – С. 489–490.
5. Гунько П.А. Криоконцентрирование // Пищевые продукты и здоровье человека: мат-лы 3-й Всерос. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. – Кемерово: КемТИПП, 2010. – С. 292–293.
6. Гунько П.А. Криоконцентрирование жидких пищевых продуктов // Пищевые продукты и здоровье человека: мат-лы 4-й Всерос. конф. с междунар. участием студентов, аспирантов и молодых ученых. – Кемерово: КемТИПП, 2011. – С. 226–227.

УДК 664.8.022.3

С.И. Киселева

ПРИМЕНЕНИЕ ПИЩЕВЫХ ДОБАВОК В ПЛОДОВЫХ И ОВОЩНЫХ КОНСЕРВАХ

В статье содержится оценка безопасности пищевых добавок, используемых при производстве овощных и фруктовых консервов.

Ключевые слова: консервы, пищевые добавки, безопасность.

S.I. Kiseleva

THE APPLICATION OF FOOD ADDITIVES IN FRUIT AND VEGETABLE CANNED FOOD

The article contains the safety assessment of the food additives used in the vegetable and fruit canned food production.

Key words: canned food, food additives, safety.

Введение. Консервы (от лат. *conservo* – сохраняю) – пищевые продукты растительного или животного происхождения, специально обработанные и пригодные для длительного хранения. Многие виды плодов и овощей являются скоропортящимися продуктами, длительное хранение которых возможно только с помощью различных методов консервирования. В то же время при консервировании в большей или меньшей степени изменяются исходные свойства свежего сырья, вследствие чего продукты переработки плодов