

КОНЦЕНТРИРОВАНИЕ АМИНОКИСЛОТ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ БАРОМЕМБРАННЫМИ МЕТОДАМИ

В. А. ЛАЗАРЕВ, доцент, Уральский государственный экономический университет

(620144, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, д. 62; тел.: 89030848377; e-mail: lazarev.eka@gmail.com),

В. А. ТИМКИН, кандидат технических наук, доцент, генеральный директор, ООО «НПФ «Мембрана»

(620075, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42; тел.: 89122407050; e-mail: ural.membrana@yandex.ru),

Г. Б. ПИЩИКОВ, доктор технических наук, профессор,

Уральский государственный аграрный университет

(620075, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42; тел.: 89222094207; e-mail: gbp@k66.ru),

О. А. МАЗИНА, ведущий инженер, АО «Уралхиммаш»

(620010, г. Екатеринбург, пер. Хибиногорский, д. 33; тел.: 89193735797; e-mail: oksana_mazina70@mail.ru)

Ключевые слова: аминокислотный состав, молочная сыворотка, мембранная технология, ультрафильтрация, керамические мембраны.

В статье рассмотрены современные задачи молочной промышленности, в частности, проблема утилизации молочной сыворотки, образующейся в больших объемах в процессе переработки молока при производстве творога и сыра. Приведены статистические показатели, свидетельствующие об увеличении объема производства сыров и творога в Российской Федерации. Показана ценность молочной сыворотки как вторичного сырьевого ресурса, содержащего белки, лактозу и минеральные вещества. Раскрыт качественный и количественный аминокислотный состав молочной сыворотки. Дано описание основных заменимых и незаменимых аминокислот, входящих в состав молочной сыворотки. Рассмотрены основные технологии, применяющиеся для переработки молочного сырья: тепловая коагуляция, сушка, мембранная технология. Описаны основные преимущества баромембранных процессов: сохранение питательных веществ в нативном состоянии, низкие энергетические затраты, возможность разделения сложных по составу растворов. Дано обоснование наиболее предпочтительного процесса переработки молочной сыворотки – ультрафильтрации на керамических мембранах отечественного производства. Предложен способ сгущения молочной сыворотки, с применением мембранной технологии, с целью повышения концентрации полезных компонентов, входящих в состав молочной сыворотки, включая незаменимые аминокислоты. Приведены параметры творожной сыворотки производства ООО «ПМК» (г. Полевской) после концентрирования методом ультрафильтрации на керамических мембранах отечественного производства. Даны подробные результаты анализа аминокислотного состава сгущенной творожной сыворотки, полученные на аминокислотном анализаторе ААА-1М в лабораторных условиях Уральского государственного экономического университета. Представлено обсуждение полученных результатов и предложены варианты применения данного способа в промышленных условиях.

CONCENTRATION OF THE AMINO ACIDS OF THE MILK WHEY BY BAROMEMBRANE METHODS

V. A. LAZAREV, associate professor, Ural State Economic University

(62 8 Marta Str., 620144, Ekaterinburg; tel.: 89030848377; e-mail: lazarev.eka@gmail.com),

V. A. TIMKIN, candidate of technical sciences, associate professor, LLC “SPF “Membrana”

(42 K. Liebknehta Str., 620075, Ekaterinburg; tel.: 89122407050; e-mail: ural.membrana@yandex.ru),

G. B. PISHCHIKOV, doctor of technical sciences, professor, Ural State Agrarian University,

(42 K. Liebknehta Str., 620075, Ekaterinburg; tel.: 89222094207; e-mail: gbp@k66.ru),

O. A. MAZINA, lead engineer, JSC “Uralkhimash”

(33 Khibinogorskiy Lane, 620010, Ekaterinburg; tel.: 89193735797; e-mail: oksana_mazina70@mail.ru)

Keywords: amino acid composition, milk whey, membrane technology, ultrafiltration, ceramic membranes.

In the article the modern goals of the dairy industry, in particular, the problem of disposal of the whey, produced in a large amounts, in the processing of milk in the production of curd and cheese considered. The statistics, presenting an increase of the production of cheese and curd in the Russian Federation is shown. The value of the milk whey as a secondary raw materials, containing proteins, lactose and minerals is shown. The qualitative and quantitative amino acid composition of milk whey are disclosed. The description of the main essential and nonessential amino acids included in the whey is given. The influence of amino acids on the human organism is disclosed. The main technologies used for the processing of raw milk: heat coagulation, drying, membrane technology are described. The main advantages of baromembrane processes: retention of nutrients in the native state, low energy costs, the possibility of separation of complex composition solutions are disclosed. The substantiation of the preferred method of whey processing – ultrafiltration on the ceramic membranes of domestic production are given. The method of concentration of the milk whey using membrane technology in order to increase the concentration of mineral components, contained in the whey, including essential amino acids are proposed. The parameters of curd whey production of the LLC “PMK” (Polevskoi) after concentration by ultrafiltration on the ceramic membranes are represented. The detailed results of the analysis of amino acid composition concentrated curd whey obtained from amino analyzer AAA 1M in the laboratory of the Ural State Economic University are given. The discussions of the results and offered options for the application of this method in industrial conditions are suggested.

Положительная рецензия представлена Ю. С. Рыбаковым, доктором технических наук, профессором кафедры пожарной безопасности в электроустановках Уральского института Государственной противопожарной службы МЧС России.



Молочная промышленность является важной промышленной отраслью Российской Федерации. Молочные продукты составляют значительную долю в рационе питания большинства людей. Их потребление в среднем составляет около 16 % от всех видов пищи. Усвояемость организмом белков и жиров, содержащихся в молочных продуктах – 95–97 %.

По итогам 2014 г. в Российской Федерации объем производства сыров и творога составил более 494 тыс. т. Рост данного показателя в сравнении с 2013 г. равен 14,1 %. [1]. В ходе производства сыров и творога в большом количестве образуется вторичное сырье – молочная сыворотка. К сожалению, не все предприятия эффективно используют производственные ресурсы. На некоторых к сыворотке относятся как к отходу производства, сливая ее и загрязняя окружающую среду [2].

Молочная сыворотка, полученная в результате производства сыра и творога, богата лактозой, различными витаминами и минералами, а также наиболее полезными сывороточными белками, обладающими высокой пищевой ценностью. Известно, что белки состоят из аминокислот. Молочная сыворотка содержит как заменимые аминокислоты, способные синтезироваться в организме человека, так и незаменимые, которые в организме человека не синтезируются и должны поступать с пищей. Аминокислоты оказывают значительное влияние на организм человека. Ученые выделяют 20 аминокислот, каждая из которых жизненно необходима, а 8 – незаменимы [3].

В лабораторных условиях Уральского государственного экономического университета на аминокислотном анализаторе AAA-IM определен количественный и

качественный состав творожной сыворотки производства ОАО «ПМК» (г. Полевской) по аминокислотам (рис. 1).

Как показал анализ, творожная сыворотка, полученная на ОАО «ПМК», содержит практически все незаменимые аминокислоты, в том числе: валин, поддерживающий обмен азота в организме; треонин, необходимый для поддержания иммунитета, регулирования обмена белков и жиров; метионин, необходимый для лечения аллергии химического происхождения; изолейцин, способствующий правильной регулировке уровня сахара в крови; лейцин, ускоряющий восстановление мышечной ткани, костей и кожи; фенилаланин, способствующий циркуляции крови, улучшающий внимание и память и участвующий в образовании инсулина; лизин, необходимый для правильного усвоения кальция и укрепления сердечного тонуса, усиливающий общую резистентность организма и снижающий уровень холестерина в крови, что соответствует известным данным, встречающимся в литературе [4]. Из рис. 1 видно, что в молочной сыворотке содержится большое количество лизина – 13,24 % от общего количества. Остальные незаменимые аминокислоты в сыворотке представлены в меньшей степени. Также сыворотка богата глутаминовой аминокислотой, которая важна для синтеза гликогена и энергообмена в клетках мышц, и аспаргиновой аминокислотой, способствующей превращению углеводов в глюкозу и последующему накоплению гликогена [4].

Цель и методика исследований. В связи с тем, что аминокислоты являются важнейшей составляющей всех клеток организма человека, а молочная

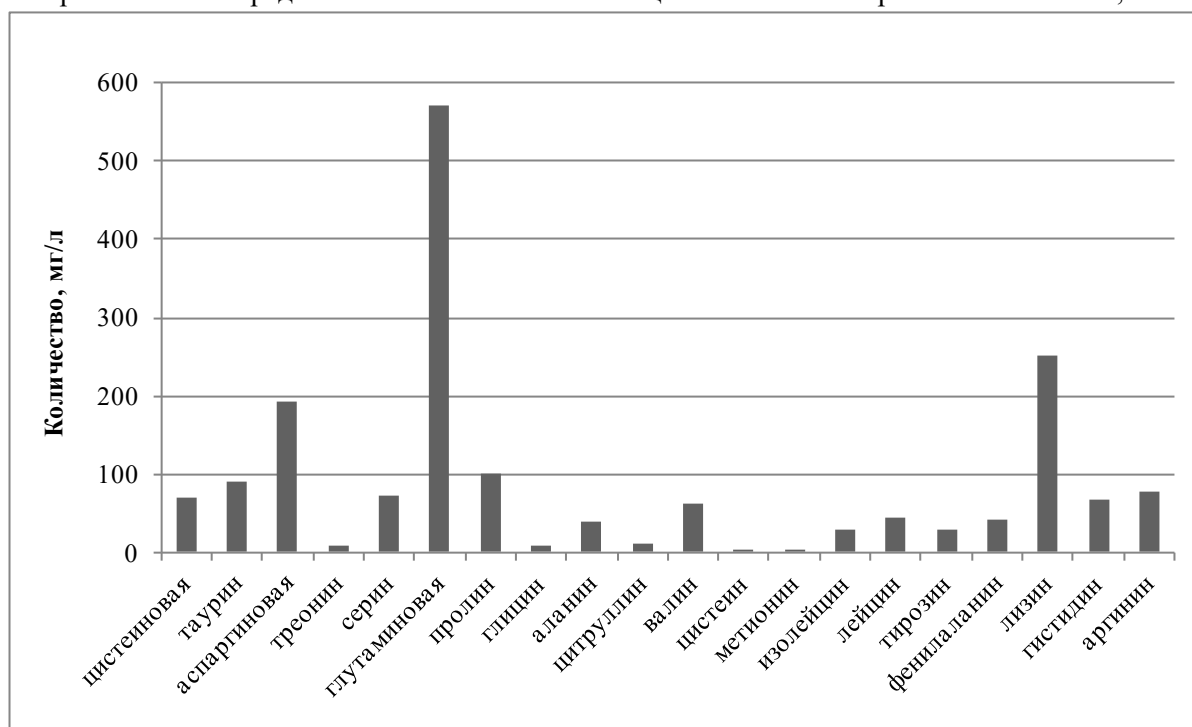


Рис. 1. Количественный и качественный состав творожной сыворотки по аминокислотам

Таблица 1

Состав молочной сыворотки (средние значения)

Параметры	Сыворотка творожная	Сыворотка подсырная
Белок общий, %	0,9	0,7
Лактоза, %	4,3	4,9
Жир, %	0,4	0,1
Минеральные вещества, %	0,7	0,6
Сухие вещества, %	6,2	6,4

Таблица 2

Качественный и количественный состав творожной сыворотки по аминокислотам после ультрафильтрации на керамических мембранах

Аминокислота	Количество, мг/л	Доля, %
Цистеиновая	69,12	4,39
Таурин	91,32	5,61
Аспаргиновая	192,62	11,22
Треонин	7,26	0,47
Серин	71,20	5,21
Глутаминовая	570,14	30,01
Пролин	100,26	6,70
Глицин	7,33	0,75
Аланин	38,63	3,35
Цитруллин	11,98	0,53
Валин	62,89	4,13
Цистеин	1,23	0,03
Метионин	3,89	0,20
Изолейцин	28,44	1,67
Лейцин	44,31	2,59
Тирозин	28,12	1,19
Фенилаланин	42,04	1,96
Лизин	251,65	13,24
Гистидин	66,83	3,31
Аргинин	77,82	3,43
ВСЕГО	1767,08	100

сыворотка в исходном виде содержит небольшое количество полезных компонентов (табл. 1), рационально ее сгущать с целью повышения концентрации ценных составляющих, в том числе незаменимых аминокислот.

Сывороточные белки выделяют из сыворотки разными методами – тепловой коагуляцией, сушкой и мембранными методами [4]. Тепловая коагуляция с последующим отстаиванием и подпрессовыванием массы протекает в две стадии: денатурация глобул (скрытый период коагуляции) и образование агломератов (собственно коагуляция). Сывороточные белки, полученные в результате тепловой коагуляции, теряют по сравнению с нативными белками значительную часть своих ценных функциональных свойств [5]. Сушка осуществляется с помощью современных сушильных камер. Необходимо, чтобы сгущенная сыворотка, поступающая на сушку, была соответствующим образом подготовлена. Одним из основных требований к поступающей на сушку сыворотке является минимальное количество содер-

Таблица 3

Показатели творожной сыворотки после ультрафильтрации на керамических мембранах

Параметры, %	Сыворотка творожная	
	концентрат	пермеат
Белок общий	8,45	0,01
Лактоза	4,27	4,25
Жир	3,30	0,01
Минеральные вещества	0,70	0,65
Сухие вещества	16,72	4,91

жащейся в ней молочной кислоты и аморфной лактозы (перед сушкой сгущенная сыворотка должна подвергнуться кристаллизации). Минусы тепловой коагуляции и сушки: необходимость предварительной подготовки сыворотки, появление пригара на поверхностях оборудования и значительные затраты энергии [6].

Наиболее эффективной и современной технологией переработки молочной сыворотки является баромембранная технология [7]. Преимуществами использования мембранной технологии для концентрирования молочной сыворотки являются:

- возможность направленного регулирования качественного и количественного состава концентрируемого продукта: создание продуктов с повышенным содержанием белка, высокой пищевой и биологической ценностью, а также пониженной калорийностью;
- проведение процесса переработки молочной сыворотки по схеме безотходного производства, с получением на выходе концентрата и технической воды;
- низкие энергетические затраты (по сравнению с тепловыми методами);
- сыворотка при концентрировании мембранными методами не подвергается тепловому воздействию, а значит, сохраняются все полезные свойства сывороточных белков [8].

Результаты исследований. Исследования показали, что оптимальным мембранным процессом для концентрирования аминокислот является ультрафильтрация на керамических мембранах КУФЭ-19 (0,01) производства «НПО «Керамикфилтр» (г. Москва), отличающихся высокой износостойкостью, длительным сроком эксплуатации (до 5 лет) и обладающих возможностью разделять молочную



сыворотку без предварительной подготовки (обезжиривание и отделение фосфатов) [8]. В процессе ультрафильтрационного разделения концентрируются макромолекулы и сывороточные белки, построенные аминокислотами. После ультрафильтрации творожной сыворотки производства ОАО «ПМК» получены следующие данные (табл. 2 и 3).

Выводы. Рекомендации. Как видно из табл. 2 и 3, содержание аминокислот в концентрате после переработки увеличивается приблизительно

в 8–10 раз, что показывает целесообразность концентрирования аминокислот молочной сыворотки методом ультрафильтрации. Следовательно, посредством ультрафильтрации молочной сыворотки на керамических мембранах можно получать в промышленных масштабах концентрат сывороточных белков с увеличенным содержанием аминокислот, в том числе незаменимых, который может быть использован для производства различного спортивного и диетического питания.

Литература

1. Электронный статистический портал «I-Marketing». URL : <http://marketing-i.ru/produkty-pitaniya/otraslevye-novosti/produkty-pitaniya/rossijskoe-proizvodstvo-syrov-v-2014-godu-vyroslo-na-15>.
2. Лазарев В. А., Тимкин В. А., Минухин Л. А., Гальчак И. П. Разработка баромембранной технологии переработки молочной сыворотки // Аграрный вестник Урала. 2013. № 7.
3. Горбатова К. К. Биохимия молока и молочных продуктов. М. : Агропромиздат, 1986.
4. Гараева С. Н., Редкозубова Г. В., Постолати Г. В. Аминокислоты в живом организме. Кишинев : Академия наук Молдовы, 2009.
5. Соколова З. С., Лакомова Л. И., Тиняков В. Г. Технология сыра и продуктов переработки сыворотки. М. : Агропромиздат, 1992.
6. Твердохлеб Г. В., Сажинов Г. Ю., Раманаускас Р. И. Технология молока и молочных продуктов. М. : ДеЛи Принт, 2006.
7. Тимкин В. А., Лазарев В. А. Баромембранная технология переработки молочной сыворотки по схеме безотходного производства // Пища. Экология. Качество: труды XII Междунар. науч.-практ. конф. (Москва, 19–21 марта 2015 г.) : в 2 т. Новосибирск, 2015.
8. Тимкин В. А., Лазарев В. А. Производство концентрата молочной сыворотки баромембранными методами // Переработка молока. 2014. № 5.

References

1. Electronic statistical portal «I-Marketing». URL : <http://marketing-i.ru/produkty-pitaniya/otraslevye-novosti/produkty-pitaniya/rossijskoe-proizvodstvo-syrov-v-2014-godu-vyroslo-na-15>.
2. Lazarev V. A., Timkin V. A., Minuchin L. A., Galchak I. P. The development of the baromembrane technology for milk whey processing // Agrarian Bulletin of the Urals. 2013. № 7.
3. Gorbatova K. K. Biochemistry of milk and dairy products. M. : Agropromizdat, 1986.
4. Garayev S. N., Redkozubova G. V., Postolati G. V. Amino acids in the living organism. Chisinau : Moldova Academy of Sciences, 2009.
5. Sokolova Z. S., Lakomova L. I., Tinyakov V. T. The technology and products of cheese whey processing. M. : Agropromizdat, 1992.
6. Tverdohleb G. V., Sazhinov G. Y., Ramanauskas R. I. Technology of milk and dairy products. M. : DeLee Print, 2006.
7. Timkin V. A., Lazarev V. A. The baromembrane technology of the milk whey processing by waste-free circuit // Food. Ecology. Quality : proceedings of XII Intern. scientif. and pract. conf. (Moscow, March, 19–21, 2015) : in 2 vol. Novosibirsk, 2015.
8. Timkin V. A., Lazarev V. A. The production of the milk whey concentrate by the baromembrane methods // Milk processing. 2014. № 5.