

# Рациональные технологии переработки кислой молочной сыворотки

*Д-р техн. наук*  
**И.А.ЕВДОКИМОВ,**  
*канд. техн. наук*  
**М.С.ЗОЛОТОРЕВА,**  
**Д.Н.ВОЛОДИН,**  
*канд. техн. наук*  
**А.С.БЕССОНОВ,**  
**А.П. ПОВЕРИН, Л. НЕЙДЕЛЫ**  
*СевКавГТУ, Ставрополь*  
*Южный научный центр РАН, Ростов*

Переработка молочной сыворотки остается одной из главных проблем молочной промышленности. Объемы сыворотки в мире составляют около 140 млн т, в том числе в России – около 3 млн т, из которых промышленной переработке подвергается примерно 26 % [1]. По последним данным EWPA (European Whey Products Association – Европейская ассоциация переработчиков сыворотки), рынок пищевых продуктов из сыворотки в Европе неуклонно растет: в 1970 г. на пищевые цели расходовалось 5 % сыворотки; в 2000 г. – 50 %; в 2010 г. (прогноз) – 70 % [2].

В настоящее время многие предприятия молочной промышленности изменили свой взгляд на молочную сыворотку. Это стало следствием интенсивного развития мирового рынка функциональных продуктов за счет использования молочной сыворотки и компонентов из нее, создания инновационных и совершенствования существующих технологий переработки молочной сыворотки и повышения требований экологических служб по охране окружающей среды.

Молочная сыворотка сегодня в основном используется: без технологической обработки на выпойку сельскохозяйственных животных; для производства сухого продукта (на эти цели в основном идет подсырная сыворотка и незначительная часть творожной); ЗЦМ и кормовых добавок для сельскохозяйственных животных; различных напитков и молочных коктейлей; молочного сахара; в хлебобулочных изделиях.

Приоритетным направлением промышленной переработки молочной сыворотки остается получение сгущенных

сывороточных концентратов и сухой сыворотки, область применения которых весьма ограничена в силу их физико-химических (повышенная кислотность, высокая гигроскопичность, растворимость не более 97 %) и органолептических свойств (солончатый и кисловатый вкус, выраженный сывороточный запах). Обработанная методом электродиализа молочная сыворотка имеет более широкую область применения. Она может быть использована в качестве основы для продуктов детского питания и заменителей женского молока, мороженого, традиционных кисломолочных продуктов, молочных консервов, лактозы и ее производных (особенно в сочетании с процессами гидролиза, мутаротации и изомеризации лактозы).

Актуальными по-прежнему остаются проблемы переработки кислой молочной сыворотки – творожной и казеиновой, в которых повышенное содержание кислот отрицательно влияет на процессы сгущения и сушки. Большинство молочных предприятий в России, производящих сухую творожную сыворотку, раскисляют ее химическими реагентами, что отрицательно сказывается на состоянии оборудования и качестве готового продукта.

Использование мембранных процессов, в частности деминерализации,

позволяет решить проблему переработки кислой молочной сыворотки и получать высококачественные пищевые продукты.

В международной лаборатории электро- и баромембранных технологий (Ставрополь) проведены исследования по деминерализации кислой молочной сыворотки (творожной и казеиновой). Технологические параметры: температура, концентрация сухих веществ, pH, сила тока, напряжение и др. варьировались.

Деминерализацию сыворотки проводили на электродиализных установках: лабораторной – ЭД-mini и полупромышленной – ЭД-Эпсилон (АО «МЕ-ГА», Чешская Республика) с использованием гетерогенных ионообменных мембран Ralex®. Эти мембраны представляют собой высоконаполненный полимерный композит, состоящий из мелкомолотых полимерных частиц с ионообменными функциональными группами, закрепленными во внутренней полимерной матрице (табл. 1).

Характерным признаком ионообменных мембран являются функциональные (ионообменные) группы, ковалентно-связанные с полимерным каркасом. Заряд связанных ионов в мембране уравновешен эквивалентным зарядом, так называемым противоионом. Если полимер поместить в водный раствор, он

Таблица 1

Показатель	Тип мембраны			
	Ralex CM(H) (PAD, PES)		Ralex AM(H) (PAD, PES)	
Ионообменная группа	R-SO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		R-(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> N <sup>+</sup>	
Связующее вещество	Полиэтилен		Полиэтилен	
Армирующая ткань	PAD	PES	PAD	PES
Толщина мембраны, мм:				
сухой	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
набухшей	<0,60	<0,70	<0,65	<0,80
Сопротивление: в плоскости R <sub>A</sub> , Ом/см <sup>2</sup>	<8,5	<9,5	<6,5	<8,0
специфическое R <sub>S</sub> , Ом/см	<150	<150	<110	<120
Переводный номер противоиона (0,5/0,1 M KCl)		>0,96		>0,95
Гидродинамическая проницаемость, л/(ч·м <sup>2</sup> ) при Δp = 1 бар	0	0	0	0

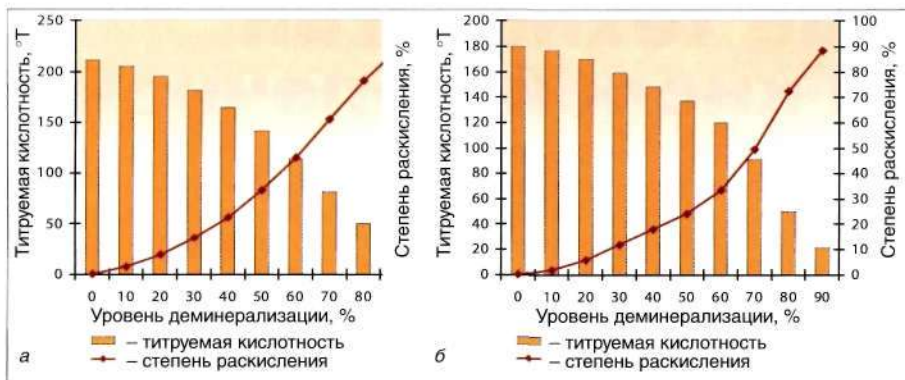


Рис. 1. Зависимость титруемой кислотности и степени раскисления концентрированной (СВ 18–24 %) сыворотки от уровня деминерализации:

а – для творожной сыворотки; б – для казеиновой сыворотки

набухает и становится пластичным. В набухом полимере в результате воздействия диффузионного механизма или электрического поля противоионы могут свободно передвигаться. Катионитовые мембраны типа RALEX CM или CMH пропускают катионы, а анионитовые мембраны типа RALEX AM или AMH пропускают анионы, причем оба типа мембран имеют нулевую гидродинамическую проницаемость по растворителю.

При деминерализации кислой сыворотки из нее удаляются не только соли, но и органические (для творожной сыворотки) и неорганические (для казеиновой сыворотки с использованием солянокислого и сернокислого осаждения) кислоты. Нами установлено, что в начальный период электродиализной обработки удаляются одновалентные ионы – натрий, калий, хлор (которые наиболее сильно влияют на вкусовые качества сыворотки); затем – одновременно анионы фосфорной и лимонной кислот (что приво-

дит к частичной диссоциации комплексов, связывающих ионы кальция и магния); далее по мере увеличения степени деминерализации – двухвалентные катионы. Молочная кислота удаляется со скоростью, занимающей промежуточное положение между одно- и двухвалентными неорганическими анионами. Микроэлементы, такие как железо, цинк, медь, марганец, остаются в сыворотке.

В ходе исследований и полупромышленных выработок были получены зависимости pH, титруемой кислотности, концентрации зольного остатка и электропроводности от продолжительности процесса электродиализа и уровня деминерализации. Ранее нами были подобраны оптимальные условия деминерализации подсырной и творожной сыворотки с точки зрения концентрации сухих веществ [3], которые использованы в представленных исследованиях (рис. 1). Следует отметить, что продолжительность обработки творожной сыворотки несколько больше, чем казеиновой, полученной с использованием соляной кислоты. По нашему мнению, это связано с тем, что скорости элиминирования ионов при диссоциации соляной и молочной кислоты значительно отличаются.

Опытно-промышленные выработки сухой деминерализованной сыворотки показали, что обессоливание кислой сыворотки происходит достаточно интенсивно, а ее сгущение и сушка (распылительным способом) не вызывают никаких проблем.

Как показали наши исследования, электродиализ молочной сыворотки не оказывает существенного влияния на качество и содержание сывороточных белков, лактозы, витаминов. Одновременно с деминерализацией происходит и снижение титруемой кислотности, что особенно важно в процессах перера-

ботки кислой сыворотки, творожной и казеиновой, значительно улучшаются органолептические показатели молочной сыворотки. Основные показатели деминерализованной творожной и казеиновой сыворотки приведены в табл. 2.

Проведенные исследования по деминерализации кислой молочной сыворотки, а также опытно-промышленные выработки сухой деминерализованной сыворотки показали высокую эффективность переработки сыворотки на сгущенные и сухие концентраты. В частности, повышаются растворимость сухой деминерализованной сыворотки, ее дисперсность, уменьшается гигроскопичность, исчезает солоноватый привкус сыворотки и появляется молочный сладкий вкус. Причем приобретенные сывороткой в результате электродиализа свойства открывают новые, более широкие перспективы ее использования.

В промышленном масштабе деминерализацию кислой молочной сыворотки можно осуществлять на промышленных электродиализных установках ED АО «МЕГА» (Чешская Республика). Это установки пятого поколения, полностью автоматизированные и компью-



Рис. 2. Промышленная электродиализная установка

теризированные. Они оснащены мембранами Ralex® фирмы-производителя оборудования (АО «МЕГА») со сроком эксплуатации 2 года при непрерывной эксплуатации установки (20 ч в сутки с перерывом на мойку 4 ч). Использование электродиализных установок ED «МЕГА» в молочной промышленности России (рис. 2) показало, что обессоливание и раскисление кислой (в частности, творожной) сыворотки проходит интенсивно (более 200 т/сутки), а полученную сыворотку предприятия используют на производство широкого спектра продуктов (молочных, кондитерских, для детского питания и мясных).

Со списком литературы можно ознакомиться в редакции

Таблица 2

Показатель	Вид сыворотки	
	концентрированная	сухая
Содержание сухих веществ, %, не менее	20,0	95,0
В том числе, %:		
лактозы, не более	17,3	82,0
белка, не менее	2,3	11,0
минеральных веществ	0,21–0,8*	1,0–4,0*
Кислотность, °Т, не более	30	–
Активная кислотность, pH	6,5	–
Удельная электропроводность, мСм/см	1,5–4*	–
Индекс растворимости, мл сырого осадка, не более	–	0,5

\* В зависимости от уровня деминерализации от 90 до 50 %.