

А.Г. Храмцов

ЛОГИСТИКА ФОРМИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ ПОЛУЧЕНИЯ БИОКЛАСТЕРОВ ЖИРА И БЕЛКОВ ИЗ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ

Обоснованы параметры для формирования технологической платформы получения белково-жирового концентрата бренда «ЛипКА» из смеси молочной сыворотки и обезжиренного молока. Подчеркнута ценность жирового компонента молочной сыворотки; показана уникальность белкового комплекса – казеиновой пыли и сывороточных белков. Показана возможность безреагентной коагуляции белкового комплекса с сорбцией молочного жира. Получаемый продукт имеет уникальный состав и оригинальную структуру притягательного бренда. Осветленная молочная сыворотка может быть использована для получения лактозы (молочного сахара) пищевой категории качества. Реализуется принцип безотходной технологии.

Молочная сыворотка, обезжиренное молоко, коагуляция, технологическая платформа.

Введение

В настоящее время в молочной отрасли АПК при производстве белково-жировых продуктов (творога и сыров) получаемый неизбежно побочный (вторичный) сырьевой ресурс – молочная сыворотка освобождается от казеиновой пыли и молочного жира сепарированием [1], а от сывороточных белков – денатурацией с последующем отстоем альбуминового молока или центрифугированием. Молекулярно-ситовое разделение включает обычную, микро- и ультрафильтрации. Получаемые казеиновая белковая масса, подсырные сливки и концентрат сывороточных белков используются отдельно. Процессы достаточно сложны и трудоемки. Определенный научный и практический интерес представляет возможность извлечения из молочной сыворотки всего комплекса соединений – биокластеров, находящихся в виде суспензии (казеиновая пыль), эмульсии (молочный жир) и коллоидном (сывороточные белки) состояниях. Процессы были исследованы в нашем творческом коллективе [2, 3]. Результаты исследований в плане формирования технологической платформы излагаются в настоящей статье.

Объект и методы исследования

В качестве теоретической предпосылки процесса направленного и управляемого извлечения казеиновой пыли, молочного жира и сывороточных белков из всех видов молочной сыворотки – подсырной (сладкой) и творожной (кислой) был сформулирован, в соответствии с фундаментальными подходами к технологии молочных продуктов проф. А. Осинцева [4], концептуальный подход – безреагентная коагуляция в присутствии идеально совместимого с исходным сырьем реагента – обезжиренного молока. Процесс денатурации сывороточных белков осуществлялся традиционной тепловой обработкой на уровне 90 °С. Обезжиренное молоко для подкисления сладкой (подсырной) сыворотки до известной изоточки (на уровне 4,5 ед рН) сквашивали бактериальными культурами до 120–150 °Т, а для кислой (творожной) сыворотки использовали свежее обезжиренное молоко. При этом технология предусмат-

ривала возможность варьирования для обеспечения оптимального варианта коагуляции («ноу-хау»).

Предварительно с целью изучения влияния кислотности молочной сыворотки и обезжиренного молока на степень выделения белков составляли смеси «сыворотка – обезжиренное молоко» фиксированного состава, устанавливая различные значения титруемой кислотности. При этом кислотность молочной сыворотки варьировали в интервале от 12 до 70 °Т. Количество обезжиренного молока в смеси изменяли от 5 до 50 % от массы смеси с целью получения белкового комплекса с различным соотношением фракций молочных белков при условии достижения высокой степени выделения азотистых веществ. В качестве критерия эффективности протекания процесса коагуляции использовали степень выделения белка, которая определялась по формуле

$$C = 100 - (B/B_{исх} \cdot 100), \% \quad (1)$$

где B – массовая доля белка в осветленной сыворотке, %; $B_{исх}$ – массовая доля белка в исходном сырье, %.

Максимальная степень выделения белков при различных дозах внесения обезжиренного молока приведена на рис. 1.

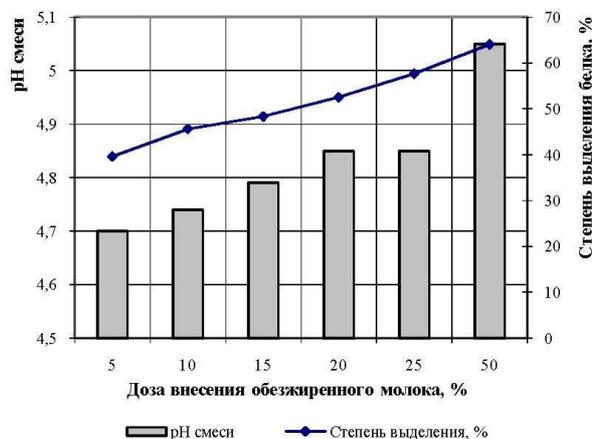


Рис. 1. Максимальная степень выделения белков при различных дозах внесения обезжиренного молока

Анализ графических зависимостей показывает, что максимальная степень выделения белков достигается при содержании в смеси 50 % обезжиренного молока и при pH смеси, равной 5,05.

На основании предварительных результатов исследований были сформулированы параметры двухфакторного эксперимента по изучению совместного влияния технологических факторов (X_1

– активная кислотность смеси «подсырная сыворотка – обезжиренное молоко», pH; X_2 – количество обезжиренного молока в смеси, %) на степень выделения казеина и сывороточных белков (Y). Пределы изменения исследуемых параметров приведены в табл. 1. Результаты эксперимента были обработаны на ПЭВМ с помощью программы «Fisher».

Таблица 1

Пределы изменения исследуемых параметров

Уровни планирования	Пределы изменения факторов	
	X_1 , pH	X_2 , %
Нижний уровень (-1)	3	10
Верхний уровень (+1)	9	50
Основной уровень (0)	6	30
Звездное плечо (-1,414)	1,76	1,72
(+1,414)	10,24	58,28

Математическая модель, описывающая влияние факторов X_1 и X_2 на степень выделения белка имеет вид

$$Y = 53,036 - 6,047 \cdot X_1 - 32,325 \cdot X_1^2 - 8,235 X_1 \cdot X_2 \quad (2)$$

Анализ уравнения показывает, что на степень выделения белка большее влияние оказывает активная кислотность смеси «подсырная сыворотка – обезжиренное молоко», а массовая доля обезжиренного молока является значимой только в межфакторном взаимодействии. По полученному уравнению регрессии была построена графическая модель процесса, позволяющая определить области оптимума входных факторов (рис. 2). Максимальное выделение белка из молочной сыворотки может быть достигнуто при любом значении массовой доли обезжиренного молока (X_2), а оптимум pH смеси (X_1) находится в интервале 4,0–6,5.

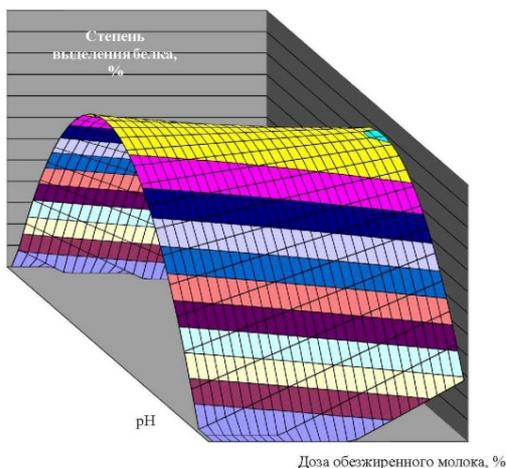


Рис. 2. Поверхность отклика выходного параметра Y (степень выделения белка)

На следующем этапе исследований было изучено влияние на процесс коагуляции различных способов подкисления обезжиренного молока. Изоэлектрическое состояние белков создавали путем добавления в свежую подсырную сыворотку обезжиренного молока кислотностью 130 °Т в количестве 20 %. Титруемую кислотность обезжиренного молока регулировали следующими методами: химическим, с использованием лимонной и соляной кислоты; биологическим, с использованием заквасок на чистых культурах: *Lactococcus lactis subsp. lactis*, *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricum*, *Lactobacillus acidophilus*. Результаты эксперимента представлены в табл. 2.

Анализ данных табл. 2 показывает, что наибольшая степень выделения белка достигается с применением соляной кислоты. Но этот способ не является экологически чистым. Поэтому лучше использовать сквашивание обезжиренного молока ацидофильной или болгарской палочкой, при этом степень выделения белка сопоставима со значениями, достигаемыми при кислотной коагуляции. Следовательно, этот способ ввиду его высокой эффективности и экологической чистоты может быть рекомендован в технологии казеино-альбуминовых концентратов как безреагентный.

На следующем этапе исследований («ноу-хау») было изучено влияние кислотности и количества обезжиренного молока на степень выделения белка в смеси «подсырная сыворотка – сквашенное обезжиренное молоко». Кислотность обезжиренного молока изменяли от 30 до 120 °Т. Количество обезжиренного молока в составе смеси варьировали с целью получения белкового комплекса с различным соотношением фракций молочных белков. Данные о максимальной степени выделения белков при различных дозах внесения обезжиренного молока приведены в табл. 3.

Таблица 2

Влияние различных способов регулирования кислотности обезжиренного молока на эффективность выделения белка (С) из смеси «подсырная сыворотка – сквашенное обезжиренное молоко»

Способ подкисления	Массовая доля сквашенного обезж. молока, %	Кислотность сквашенного обезж. молока, °Т	Кислотность смеси, °Т	pH смеси	Массовая доля белка в осветл. сывор., %	С, %
Лимонная кислота	20,0	130,0	54,0	4,84	0,53	41,94
Соляная кислота	20,0	130,0	56,0	4,76	0,41	55,9
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	20,0	131,0	57,0	4,62	0,48	48,39
<i>Lactobacillus bulgaricum</i>	20,0	128,0	55,0	4,8	0,51	45,16
<i>Lactococcus lactis</i>	20,0	125,0	50,0	4,92	0,63	32,25

Таблица 3

Максимальная степень выделения белков при различных дозах внесения обезжиренного молока

Массовая доля коагулянта в смеси, %	Кислотность обезжиренного молока, °Т	pH смеси	Степень выделения белка, %
10	120	5,32	44,04
30	120	4,74	59,26
50	120	4,61	58,52

Анализ полученных экспериментальных данных показывает, что наиболее эффективная коагуляция белков происходит при внесении 30 % обезжиренного молока с кислотностью 120 °Т, что соответствует pH 4,74.

На основании полученных зависимостей была проведена оптимизация параметров совместной безреагентной коагуляции казеина и сывороточных белков в присутствии казеиновой пыли и молочного жира. Для исследования совместного влияния различных факторов на процесс коагуляции белков подсырной сыворотки и обезжиренного молока было проведено математическое планирование эксперимента. Параметры эксперимента при использовании в качестве коагулянта сквашенного обезжиренного молока и кислой подсырной сыворотки приведены в табл. 4 и 5.

Таблица 4

Параметры эксперимента для обезжиренного молока

Уровни варьирования	Факторы	
	X ₁	X ₂
«0»	30	105
«-1»	15	95
«+1»	45	115
λ	15	10
«-1,4»	9	91
«+1,4»	51	119

Таблица 5

Параметры эксперимента для подсырной сыворотки

Уровни варьирования	Факторы	
	X ₁	X ₂
«0»	70	60
«-1»	55	50
«+1»	85	70
λ	15	10
«-1,4»	49	46
«+1,4»	91	74

Примечание. X₁ – доза внесения компонента, %, X₂ – кислотность, °Т, выходной параметр Y – степень выделения белков %.

По результатам двухфакторных экспериментов получены уравнения регрессии:

– при использовании сквашенного обезжиренного молока:

$$Y = 60,426 + 3,905 \cdot X_1 + 9,495 \cdot X_2 - 5,006 \cdot X_1^2 - 10,109 \cdot X_2^2 \quad (3)$$

– при использовании кислой сыворотки:

$$Y = 36,000 - 13,640 \cdot X_1 - 5,323 \cdot X_2 + 4,825 \cdot X_1^2 \quad (4)$$

С целью оптимизации процесса по полученным уравнениям регрессии построены поверхности отклика выходного параметра, позволяющие определить область оптимума входных факторов (рис. 3 и 4).

В результате анализа полученных зависимостей установлено, что при использовании в качестве коагулянта подсырной сыворотки с титруемой кислотностью 42–68 °Т требуемая степень выделения белка из сыворотки 65–75 % достигается при дозе внесения коагулянта 49–53 %.

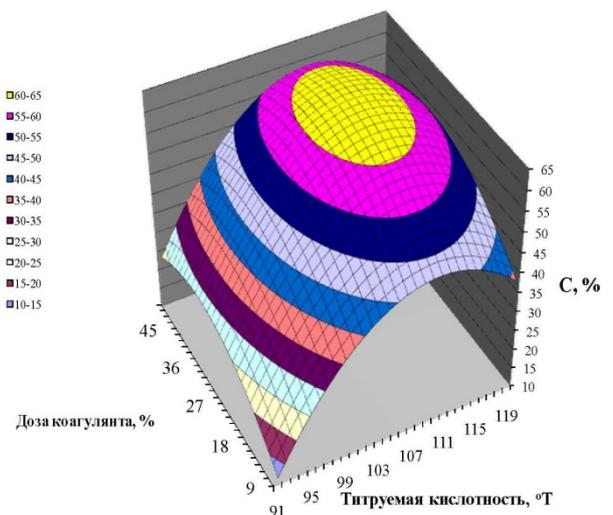


Рис. 3. Зависимость степени выделения белков от кислотности обезжиренного молока и дозы коагулянта

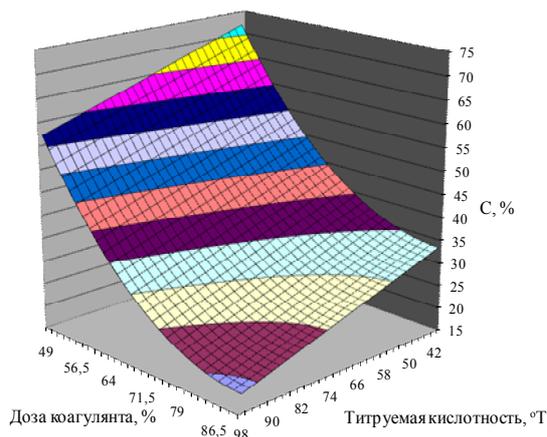


Рис. 4. Зависимость степени выделения белков от кислотности подсырной сыворотки и дозы коагулянта

При проведении совместной коагуляции белков молока под действием сквашенного обезжиренного молока максимальный выход белка 60–65 % можно получить в широком интервале кислотности коагулянта 103–115 °Т и дозе внесения 24–48 %. Полученные результаты использованы при разработке технологической платформы и технической документации на производство липидно-белкового концентрата из вторичного молочного сырья с брендом «ЛипКА» (липиды + казеин + альбумин).

Состав и показатели качества концентрата приведены в табл. 6.

В целом анализ полученных результатов показывает, что варьирование количества обезжиренного молока в составе смеси позволяет получать белковые концентраты с различным соотношением казеина и сывороточных белков. Таким образом, регулируя соотношение молочной сыворотки и обезжиренного молока в смеси, можно получить белковый концентрат с заданным аминокислотным составом для питания детерминированных групп населения. Полученный продукт имеет четко обозначенную функциональную направленность.

В работе также изучен состав и свойства т. н. осветленной сыворотки, полученной при совместной коагуляции белков подсырной сыворотки и сквашенного обезжиренного молока. Результаты исследований приведены в табл. 7.

Изучение состава и свойств осветленной сыворотки показали, что жир практически полностью переходит в белковую массу. Аналогично – казеиновая пыль. Следовательно, можно исключить процесс сепарирования. Содержание сухих веществ уменьшается на 1–1,1 % за счет удаления азотистых веществ, молочного жира и, возможно, части минеральных веществ. В процессе совместной коагуляции из сыворотки удаляется 40–50 % азотистых веществ, в том числе белкового азота 80–90 %, причем в основном это азот сывороточных белков.

Таблица 6

Состав и свойства липидно-белковых концентратов

Показатель	Номер образца		
	1-й	2-й	3-й
Массовая доля сухих веществ, % в том числе:	20,0	20,7	21,33
жира	4,0	3,5	3,0
лактозы	1,5	1,4	1,2
общего азота, в пересчете на белок, в том числе:	11,98	12,78	15,25
небелкового азота	1,86	1,84	1,84
неказеинового азота	8,35	8,32	6,86
казеинового азота	3,63	4,36	8,39
азота сывороточных белков	6,49	6,48	5,02
Титруемая кислотность, °Т	122	124	142
Массовая доля влаги, %	80	79,3	78,67
Органолептические показатели:			
Вкус	Чистый, молочный, слегка сладковатый	Чистый, кисломолочный	Чистый, кисломолочный
Консистенция	Однородная, мажущаяся	Однородная, мажущаяся	Однородная, с наличием мягкой крупчатости

Таблица 7

Состав и свойства осветленной молочной сыворотки

Показатель	Исходная сыворотка	Сыворотка, осветленная способом совместной коагуляции, при дозах внесения обезжиренного молока		
		24 %	30 %	48 %
Массовая доля сухих веществ, %	6,5	5,3	5,5	5,8
в том числе:				
жира	0,4	0,1	0,1	–

Показатель	Исходная сыворотка	Сыворотка, осветленная способом совместной коагуляции, при дозах внесения обезжиренного молока		
		24 %		
лактозы	4,5	4,5	4,5	4,5
общего азота, в том числе:	1,029	0,61	0,36	0,42
небелкового азота	0,073	0,054	0,054	0,055
неказеинового азота	0,686	0,272	0,19	0,33
казеинового азота	0,343	0,338	0,17	0,09
азота сывороточных белков	0,613	0,218	0,136	0,275
Титруемая кислотность, °Т	12	21	24	44
pH	6,19	4,9	4,8	4,56
Плотность, кг/м ³	1023	1023	1023	1021

Методом электрофореза на агарном геле в барбиталовом буфере были изучены образцы натуральной подсырной и творожной сыворотки, а также осветленной методом совместной коагуляции сывороточных белков и казеина. Исследованы четыре образца: 1 – натуральная подсырная сыворотка; 2, 3, 4 – осветленная подсырная сыворотка при внесении 24, 30, 48 % сквашенного обезжиренного молока соответственно. Результаты исследований приведены на рис. 5.

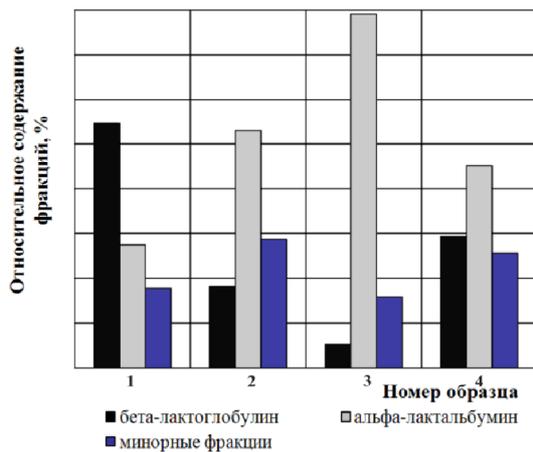


Рис. 5. Относительное содержание белковых фракций в натуральной и осветленной подсырной сыворотке

В осветленной сыворотке остаются термоустойчивые (минорные) фракции – протеозо-пептоны и, вероятно, небольшая часть α-лактальбумина и иммуноглобулины. Термолабильные фракции – β-лактоглобулин, альбумин сыворотки крови удаляются более эффективно в сравнении с α-лактальбумином. Осветленная молочная сыворотка полностью соответствует уровню очистки кислотно-щелочным способом и мембранной фильтрации для получения молочного сахара (лактозы) пищевой категории качества по способу «Эколакт» [5].

По результатам исследований установлены следующие сроки хранения при температуре 8–10 °С: жидкого – не более 3 суток, липидно-белкового концентрата – не более 5 суток.

Полученные экспериментальные и опытно-промышленные данные использованы для разработки стандарта организации «Концентраты липидно-

белковые на основе молочного сырья», а также технологической платформы производства липидно-белковых концентратов (рис. 6).

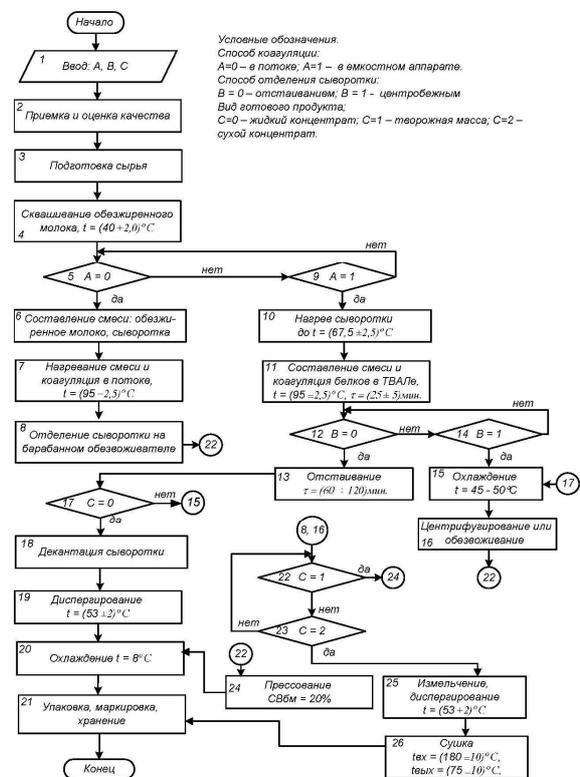


Рис. 6. Логистическая блок-схема алгоритма технологической платформы производства липидно-белковых концентратов бренда «ЛипКА»

Экологический мониторинг разработанной технологии подтвердил ее безопасность. Определены риски и критические контрольные точки с использованием принципов ХАССП. Проведен мониторинг и анализ опасных факторов по каждой критической контрольной точке. В принципе, липидно-белковые концентраты могут являться основой для получения микропартикулятов белковых фракций молочного сырья в оптимизированном соотношении. Этот процесс требует специального рассмотрения. Процесс совместной коагуляции сывороточных белков и казеина в несепарированной молочной сыворотке реализован также в бренде «Термо» и при производстве сырной массы «Кавказ» [4].

Маркетинг концентратов показал актуальность и необходимость получения продуктов, содержащих в своем составе ценные и полезные сывороточные белки молочной сыворотки в комплексе с казеином

и жиром. Оценка экономической эффективности разработанной технологии подтвердила ее рентабельность и конкурентоспособность. Процесс ждет масштабирования.

Список литературы

1. Чеботарев, Е.А. Сепарирование молока и молочного сырья: история, теория и практика / Е.А. Чеботарев. – Ставрополь, Изд-во СКФУ. – 299 с.
2. Дудникова, О.А. Разработка технологии липидно-белкового концентрата из молочной сыворотки: дис. ...канд. техн. наук / Дудникова О.А. – Ставрополь: СКФУ, 2011. – 162 с.
3. Суюнчев, О.А. Разработка ресурсосберегающих технологий мягких сыров и других продуктов из коровьего и козьего молока: дис. ... д-ра техн. наук / Суюнчев О.А. – Ставрополь: Северо-Кавказский государственный технический университет, 2006. – 330 с.
4. Осинцев, А.М. Развитие фундаментального подхода к технологии молочных продуктов / А.М. Осинцев. – Кемерово, 2004, – 152 с.
5. Храпцов, А.Г. Феномен молочной сыворотки / А.Г. Храпцов. – СПб.: Профессия, 2011. – 804 с.

Северо-Кавказский федеральный университет,
355029, Россия, г. Ставрополь, просп. Кулакова, 2.
Тел.: 8 (8652) 23-58-32,
e-mail: hramtsov@stv.runnet.ru

SUMMARY

A.G. Hramtsov

FORMATION LOGISTICS OF TECHNOLOGICAL PLATFORM FOR OBTAINING LIPID AND PROTEIN BIO-CLUSTERS FROM WHEY

Formation parameters of the technological platform for protein-lipid concentrate («LipKA») from the mixture of whey and skim milk are provided. The value of lipid compound of whey is emphasized. The unicity of casein fines and whey protein complex is shown. The possibility of non-reagent protein complex coagulation, combined with lipid sorption is shown. The target product is characterized by unique composition and attractive peculiar consistency. Clarified whey may be utilized for obtaining lactose (milk sugar) of edible grade. Principles of wasteless technology are realized.

Whey, skim milk, coagulation, technological platform.

North Caucasus Federal University,
2, pr. Kulakova, Stavropol, 355029 Russia.
Phone: 8 (8652) 23-58-32,
e-mail: hramtsov@stv.runnet.ru

Дата поступления: 11.04.2014

