

УДК 66.081.6

## ПРОМЫШЛЕННАЯ ПЕРЕРАБОТКА ВТОРИЧНОГО МОЛОЧНОГО СЫРЬЯ

**В. Ю. Богомолов, С. И. Лазарев**

*ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов*

*Рецензент д-р техн. наук, профессор В. И. Кочетов*

**Ключевые слова и фразы:** вторичное сырье; мембрана; переработка; рациональное использование; сыворотка.

**Аннотация:** Представлен обзор наиболее распространенных методов промышленной переработки вторичного молочного сырья. Указаны их достоинства, недостатки и пути оптимизации.

Повышение эффективности промышленной переработки молока в агропромышленном комплексе, особенно в условиях рыночной экономики, непосредственно связано с полным и рациональным использованием всех его компонентов на принципах безотходной технологии. В процессе промышленной переработки молока появляются побочные продукты – обезжиренное молоко, пахта и молочная сыворотка, которые относятся ко вторичным сырьевым ресурсам отрасли с обобщающим феноменологическим термином [1].

Молоко и молочные продукты традиционно играют значимую роль в питании людей. Одним из наиболее популярных, питательных и калорийных пищевых продуктов переработки молока является сыр. Питательная ценность его обусловлена высокой концентрацией белка и жира, наличием незаменимых аминокислот, витаминов, солей кальция и фосфора, необходимых для нормального развития организма человека. В России на производстве масла и сыра специализируются немногим более 150 заводов, а около 100 выпускают только сыр. По оценке представителей Министерства сельского хозяйства, производственные мощности отечественных сыроваренных предприятий сегодня используются, как максимум, на одну треть [2].

На территории Тамбовской области располагается несколько сыродельных заводов, наиболее крупными из которых являются ОАО «Орбита»

---

Богомолов Владимир Юрьевич – аспирант кафедры «Прикладная геометрия и компьютерная графика»; Лазарев Сергей Иванович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Прикладная геометрия и компьютерная графика», e-mail: geometry@mail.nnn.tstu.ru, ТамбГТУ, г. Тамбов.

и ОАО «Бондарский сыродельный завод». Учитывая сельскохозяйственную направленность региона, можно с уверенностью сказать, что производство сыра и других продуктов переработки молока в Тамбовской области будет расти.

При сепарировании молока, производстве сметаны, сливочного масла, натуральных сыров, творога и молочного белка по традиционной технологии получают нормальные побочные продукты – обезжиренное молоко, пахту и молочную сыворотку, которые в настоящее время имеют условный обобщающий термин – молочное белково-углеводное сырье, синонимами которого являются термины: вторичное, побочное или нежирное молочное сырье. При разделении молока нетрадиционными методами получают ультрафильтрат и бесказеиновую фазу, которые по аналогии причисляют к молочной сыворотке [3].

Традиционные способы разделения молока, основанные на биотехнологии (с добавлением закваски, ферментов) и использовании химических реагентов (кислот, щелочей, солей), обеспечивают получение подсырной (сладкой), творожной (кислой) и казеиновой сывороток. Процесс производства сыра упрощенно сводится к свертыванию сырной массы из молока. Однако масса сыра, творога и казеина составляет 10 – 20 % массы молока, в то время как 80 – 90 % приходится на молочную (подсырную) сыворотку, которая и является основным отходом сыродельных производств [3].

Помимо больших удельных объемов образования подсырной сыворотки следует также отметить, что сыворотка является продуктом биологически активным и легко поддается брожению, что становится особенно актуальным в теплое время года. Эти факторы и обуславливают основные проблемы обращения с отходами сырных производств. При производстве сыров в сыворотку переходит в среднем 50 % сухих веществ молока, в том числе большая часть лактозы и минеральных веществ, что делает возможным ее использование для получения вторичных продуктов. Степень перехода основных компонентов молока во вторичное молочное сырье показана в табл. 1 [3].

Таблица 1

**Степень перехода основных компонентов молока  
во вторичное молочное сырье, % от исходного**

Компонент молока	Вторичное молочное сырье		
	Обезжиренное молоко	Пахта	Молочная сыворотка
Молочный жир	1,4	14	5,5
Белок, всего	100	100	24,3
В том числе:			
казеин	100	100	22,5
сывороточные белки	100	100	95
Лактоза	100	100	96
Минеральные соли	100	100	98
Сухое вещество	70,4	72,8	52

Состав подсырной сыворотки зависит от вида вырабатываемого сыра и его жирности. Среднее содержание в ней основных компонентов, %: сухие вещества – 6,5; лактоза – 4,5; белковые вещества – 0,7; минеральные соли – 0,5. Содержание белков в молочной сыворотке зависит от способа коагуляции белков молока, принятого при получении основного продукта. Сывороточные белки, содержащиеся в своем составе больше незаменимых аминокислот, чем казеин, являются полноценными белками, которые используются организмом для структурного обмена, в основном для синтеза клеток печени, образования гемоглобина и плазмы крови. В подсырную сыворотку переходят практически все соли и микроэлементы молока, а также водорастворимые витамины [4].

Обезжиренное молоко и пахта являются белково-углеводным сырьем (50 % в сухом веществе), а молочная сыворотка – углеводным (70 % в сухом веществе). Кроме основных компонентов в обезжиренное молоко, пахту и молочную сыворотку переходят минеральные соли, небелковые азотистые соединения, витамины, ферменты, гормоны, иммунные тела, органические кислоты, то есть практически все составные части сухого остатка молока и вода [4].

В целом, подсырная сыворотка оказывает положительное влияние на пищеварительную, нервную, сердечно-сосудистую системы человека и на сопротивляемость организма заболеваниям. Сыворотка, полученная при переработке пастеризованного молока с соблюдением санитарно-гигиенических условий, считается готовой к употреблению. Однако при хранении состав и свойства сыворотки изменяются вследствие действия молочнокислых бактерий и обсеменения микрофлорой. Лактоза, как наименее устойчивый компонент, подвергается ферментативному гидролизу, также изменяются рН среды и мутность сыворотки. Кроме того, происходит гидролиз белков и жира, изменяется вкус сыворотки, могут накапливаться нежелательные и даже вредные вещества. Поэтому в промышленности сыворотка подвергается переработке [3, 4].

Существуют различные методы переработки подсырной сыворотки. Тепловые методы используются для охлаждения сыворотки в целях сохранения ее качества при временном хранении, методы подогрева – при пастеризации для выделения сывороточных белков, проведения некоторых других технологических операций.

Центробежные методы (сепарирование, центрифугирование) используются для выделения из сыворотки жира, казеиновой пыли, коагулированных сывороточных белков, отделения кристаллов сахара, некоторых других технологических процессов. Для сохранения первоначальных свойств сыворотки и некоторых полуфабрикатов помимо пастеризации и охлаждения применяются различные способы консервирования [4].

Для сохранения исходного качества молочной сыворотки ее подвергают тепловой обработке (пастеризации, охлаждению) или вносят консерванты, разрешенные органами здравоохранения. Такая обработка позволяет успешно сохранить качество сыворотки в течение 24...36 ч [4].

Наиболее перспективными, по мнению многих исследователей [3 – 21], на сегодняшний момент являются мембранные методы перера-

ботки подсырной сыворотки. Именно это направление сегодня принято приоритетным на ОАО «Бондарский сыродельный завод».

В последние годы значение мембранных процессов в промышленной биотехнологии значительно возросло. Это связано с возможностью разделения в мембранном процессе белков, основываясь на размере их молекул и/или их заряде, что позволяет получать белки высокой чистоты и качества [6 – 9].

Применение мембранных методов позволяет осуществлять концентрирование сыворотки в 6–7 раз до содержания сухих веществ 11,5 % с возвратом ее в качестве заменителя молока в производство мягких сыров, либо наладить производство сухого концентрата сывороточного белка с содержанием 80 % (КСБ-УФ-80) [4].

В зависимости от размера пор мембран концентрирование подразделяют на микрофильтрацию, ультрафильтрацию, нанофильтрацию и обратный осмос. Изменение состава и свойств молочной сыворотки при ультрафильтрации приведено в табл. 2 [4].

Теоретически степень концентрации отдельных компонентов молочной сыворотки ультрафильтрацией может быть доведена, % в сухом веществе: белки – 83; лактоза – 15; молочная кислота – 1; минеральные соли – 1. Общее содержание сухих веществ в концентрате повышается с 5 до 25 % [4].

Эффективен и ионный обмен, который на синтетических смолах по схеме ( $H^+ - OH^-$ )-ионирования обеспечивает глубокое обессоливание молочной сыворотки и возможность направленного регулирования ее минерального состава. Эффективность деминерализации молочной сыворотки на ионитах, взятых в оптимальных соотношениях КУ-2 + АВ-16Г, показана в табл. 3 [5].

Наблюдается значительное обессоливание, повышение доброкачественности. Снижение лактозы связано с разбавлением сыворотки буферной водой [5].

Таблица 2

**Изменение состава и свойств молочной сыворотки при ультрафильтрации**

Показатели	Исходная сыворотка	Продукты ультрафильтрации	
		Фильтрат	Сывороточный концентрат
Массовая доля, %:			
сухих веществ	6,04	5,10	6,20
общего белка	0,76	0,20	1,84
лактозы	4,80	4,40	5,00
зола	0,55	0,28	0,60
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	1023	1018	1028
Кислотность, °Т	11,0	6,00	11,0

Таблица 3

**Эффективность деминерализации молочной сыворотки**

Сыворотка, очищенная от белков	Номер фракций	Массовая доля, %			Доброкачественность, %
		лактозы	золы	сухих веществ	
Исходная	–	5,39	0,810	6,20	84,0
После деминерализации	1	4,77	0,029	4,81	99,0
	2	5,16	0,038	5,22	98,6
	3	5,20	0,042	5,30	98,0
	4	5,52	0,126	5,67	97,4
	5	5,46	0,314	5,82	94,0
	6	5,52	0,520	6,12	90,2

Отечественные исследователи отмечают эффективность электродиализа для переработки молочной сыворотки. При этом отмечается, что этим методом обеспечивается возможность переработки не только подсырной сыворотки, но и более сложных в технологическом плане ее видов – творожной и казеиновой [13]. Электродиализ через ионитовые мембраны в специальных установках – электродиализаторах позволяет направленно регулировать минеральный состав молочной сыворотки. Процесс наиболее эффективен при максимуме электропроводности сыворотки, которая значительно изменяется от содержания сухих веществ [5].

Сухая молочная сыворотка, полученная с использованием метода электродиализа (СДС-ЭД), содержит 2,0 – 2,5 % зола в сухом веществе (вместо 10 – 14 % в сухой сыворотке) [5].

Эффективность применения электродиализа в лабораторных условиях показана в работе [15]. Однако следует учитывать, что проведение электромембранного процесса в промышленных масштабах неразрывно связано с выделением значительного количества теплоты, вследствие различной проводимости компонентов системы. А влияние избыточного тепла на молочные продукты может привести к нежелательному сбраживанию.

Из вышесказанного следует, что извлечение неорганических ионов из концентрата возможно совместить со стадией ультрафильтрации, при условии проведения процесса в электробаромембранном аппарате с наложением электрического поля. В таком случае, неорганические анионы и катионы направленно движутся к соответствующим электродам и удаляются с потоками пермеата. Таким образом, достигается сокращение технологической схемы концентрирования сыворотки до стадии грубой механической предочистки и непосредственного концентрирования в мембранном аппарате.

Однако при проведении электробаромембранного процесса в промышленных условиях следует учитывать потери тепла при прохождении через систему электрического тока, так как сыворотка активно подвергается брожению при повышении температуры раствора. Повышение температуры в процессе мембранного разделения в ряде случаев ведет к интен-

сивному нагреванию самих мембран, которые, в зависимости от природы, могут не только показывать высокую чувствительность к рабочей температуре, но и разрушаться под ее влиянием. Высокая значимость температуры при мембранном концентрировании молочного сырья отмечается и в работе [21]. Однако следует отметить, что в некоторых работах, например [18], показано повышение эффективности мембранного процесса с увеличением температуры.

Из вышесказанного следует, что при рассмотрении параметров процессов мембранного разделения с наложением электрического поля необходимо учитывать теплоперенос. Отходом мембранного процесса является пермеат – раствор, в котором содержится около 82 % лактозы. Этот раствор после концентрирования и/или сушки может быть использован для производства молочного сахара-сырца, лактулозы (лечебно-профилактического препарата, используемого для лечения заболеваний печени и нормализации работы желудочно-кишечного тракта), в качестве основы питательных сред на фармацевтических заводах, а также при производстве различных напитков [3].

Различные способы мембранной обработки молочной сыворотки и их сочетания позволяют получать концентраты, состав которых показан в табл. 4 [4].

За последние два десятилетия разработано множество новых мембранных модулей и систем, специально предназначенных для удовлетворения потребностей в области промышленной биотехнологии [6, 8]. Практически все мембранные процессы могут быть использованы для извлечения белков из молочного сырья, но наибольший интерес представляют микро-, ультра- и нанофильтрация [1 – 5, 10 – 12]. Вероятно, это связано с достаточно большим диаметром пор в соответствующих мембранах, позволяющим задерживать крупные белковые молекулы и удалять с пермеатом неорганические и иные нежелательные примеси.

Отмечается, что микрофильтрационные мембраны особенно хорошо подходят для разделения частиц в диапазоне размеров 0,1...10,0 мкм. Также ультрафильтрационные мембраны с размером пор 1...100 нм способны обеспечить эффективное отделение белков и других макромолекул [6 – 7].

Таблица 4

**Сравнительная эффективность различных способов мембранной обработки молочной сыворотки**

Способ обработки	Доля основных компонентов в составе концентрата, %			
	Белок	Лактоза	Зола	Жир
Гельфильтрация	54	25	14	2
Ультрафильтрация	30...70	20...55	3...5	4...5
Электродиализ	20...35	45...60	3...18	2...4
Ионный обмен	15	78	1	1
Ионный обмен + ультрафильтрация	76	16	1	4

Другая эффективная технология – нанофильтрация – позволяет отделять растворенные вещества на основе их заряда и размера. Опубликовано несколько исследовательских статей о применении нанофильтрации для фракционирования на основе эффекта молекулярного сита, пептидов в модельных системах аминокислот и пептидов [10 – 12].

Все вышесказанное стимулирует развитие мембранных технологий в пищевой промышленности и в первую очередь в молочной индустрии. Развитие промышленных мембранных технологий в этой области тесно связано и с прогрессом в мембранных методах: появление асимметричных и органических мембран в конце 1960-х гг., композитных неорганических – в начале 1980-х гг., пористых керамических мембран с многоканальной конфигурацией в начале 1990-х гг. Сегодня распространены исследования процессов концентрирования молочной сыворотки на керамических мембранах [17]. Однако следует учитывать, что промывка керамических модулей требует применения химических реагентов, что не всегда приемлемо при проведении мембранного процесса в пищевой индустрии.

Одним из наиболее широко используемых мембранных процессов в мировой молочной промышленности на сегодня является ультрафильтрация. В зарубежной практике часто ее применение связано именно с концентрированием молочной сыворотки. Однако в отечественной молочной промышленности этот метод нашел наибольшее применение лишь в процессах стандартизации молока по содержанию наиболее ценного компонента – белка [13].

Помимо метода ультрафильтрации широко развивается микрофильтрация, что, вероятно, связано со способностью сохранять, частично или полностью, микроорганизмы, казеиновые мицеллы и жировые шарики.

Широкое применение получила и нанофильтрация благодаря промежуточной селективности, в частности, для деминерализации, деионизации и очистки сывороточного белка [14, 18]. Кроме того, в отечественной практике отмечается большая эффективность сушки концентратов, полученных методами нанофильтрации, по сравнению с концентратами, полученными иными мембранными методами [19].

В отличие от зарубежной практики, отечественные исследователи [16, 17, 20] часто рассматривают многостадийные процессы концентрирования с различными комбинациями мембранных методов, позволяющими достичь наибольшей эффективности процесса. Однако следует отметить, что по результатам таких экспериментов, в некоторых случаях [16], наибольшая эффективность достигается в многоступенчатых процессах ультрафильтрации или нанофильтрации без комбинирования с другими методами.

Таким образом, при правильном подборе оборудования и условий проведения процесса мембранные методы переработки вторичного молочного сырья наиболее выгодны с точки зрения экономики, экологии и технологии. При проектировании таких систем следует обращать внимание на проблемы нагревания раствора и необходимость деминерализации сыворотки.

*Работа выполнена при поддержке федеральных целевых программ «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 гг. и «Повышение научного потенциала высшей школы», а также при поддержке ФГБУ «Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере».*

#### *Список литературы*

1. Храмов, А. Г. Рациональное использование обезжиренного молока, пахты и молочной сыворотки : науч.-техн. рекомендации / А. Г. Храмов, С. В. Василисин. – Ставрополь : [б. и.], 2011. – 105 с.
2. Храмов, А. Г. Технология продуктов из молочной сыворотки / А. Г. Храмов, П. Г. Нестеренко. – М. : ДеЛи принт, 2004. – 587 с.
3. Кунижев, С. М. Новые технологии в производстве молочных продуктов / С. М. Кунижев, В. А. Шуваев. – М. : ДеЛи принт, 2004. – 203 с.
4. Храмов, А. Г. Молочная сыворотка / А. Г. Храмов. – М. : Агропромиздат, 1990. – 240 с.
5. Полянский, К. К. Деминерализация молочной сыворотки электродиализом / К. К. Полянский, В. А. Шапошник, А. Н. Пономарев // Молоч. промышленность. – 2004. – № 10. – С. 48 – 49.
6. Baker, R. W. Membrane Technology and Applications / R. W. Baker. – Chichester : Wiley, 2004. – 552 p.
7. Blanch, H. W. Biochemical Engineering / H. W. Blanch, D. S. Clark. – New York : Marcel Dekker, 1996.
8. Nagarale, R. K. Recent Developments on Ion-Exchange Membranes and Electro-Membrane Processes / R. K. Nagarale, G. S. Gohil, V. K. Shahi // Adv. Colloid. Interface. Sci. – 2006. – Vol. 119, No. 2–3. – P. 97 – 130.
9. Saxena, A. Electrochemical Membrane Reactor: Single Step Separation and Ion Substitution for the Recovery of Lactic Acid from Lactates Salt / A. Saxena, G. S. Gohil, V. K. Shahi // Ind. Eng. Chem. Res. – 2007. – No. 46(4). – P. 1270 – 1276.
10. Zeman, L. J. Microfiltration and Ultrafiltration: Principles and Applications / L. J. Zeman, A. L. Zydney. – New York : Marcel Dekker, 1996.
11. McGregor, W. C. Membrane Separation in Biotechnology / W. C. McGregor. – New York : Marcel Dekker, 1986. – 386 p.
12. Bowen, W. R. Quantitative Predictive Modelling of Ultrafiltration Processes: Colloidal Science Approaches / W. R. Bowen, P. M. Williams // Adv. Colloid. Interface. Sci. – 2007. – Vol. 134–135. – P. 3 – 14.
13. Мембранные процессы в молочной промышленности – эффективно, современно, надежно / М. С. Золоторева [и др.] // Сыроделие и маслоделие. – 2012. – № 4. – С. 70 – 73.
14. Membrane Fractionation of Milk: State of the Art and Challenges / G. Brans [et al.] // J. Membr. Sci. – 2004. – P. 263 – 272.
15. Дымар, О. В. Применение процесса электродиализа при переработке молочной сыворотки / О. В. Дымар, М. В. Зублик, И. В. Миклух // Актуальные проблемы животноводства, ветеринарной медицины, переработки сельскохозяйственной продукции и товароведения : материалы Междунар. науч.-практ. конф. / редкол.: В. И. Котарев [и др.]. – Воронеж, 2010. – С. 290 – 291.
16. Гаврилов, Г. Б. Закономерности мембранного концентрирования сывороточных белков / Г. Б. Гаврилов, Б. Г. Гаврилов // Техника и технология пищевых производств. – 2009. – № 1. – С. 26 – 29.
17. Лазарев, В. А. Разработка линии переработки молочной сыворотки баромембранными методами / В. А. Лазарев, В. А. Тимкин // Eurasia Green : мате-



риалы Междунар. конкурса науч.-исслед. проектов молодых ученых и студентов / отв. за вып. М. В. Фёдоров, Э. В. Пешина, Г. Ю. Пахальчак. – Екатеринбург, 2013. – С. 40 – 41.

18. Закономерности концентрирования творожной сыворотки методом нанофильтрации / Д. М. Костюков [и др.] // Молочнохозяйств. вестн. – 2012. – № 1(5). – С. 32 – 36.

19. Исследование процесса сушки наноконцентратов творожной сыворотки / Д. М. Костюков [и др.] // Молочнохозяйств. вестн. – 2012. – № 3(7). – С. 72 – 75.

20. Комплексная переработка молочной сыворотки / А. Е. Агаджанян [и др.] // Хим. журн. Армении. – 2011. – Т. 64, № 3. – С. 417 – 428.

21. Ультрафильтрация молочного сырья на аппаратах рулонного типа / С. П. Бабёнышев [и др.] // Науч. журн. КубГАУ. – 2012. – № 78(04). – С. 217–226.

### References

1. Храмцов А.Г., Vasilisin S.V. *Racional'noe ispol'zovanie obezzhirennogo moloka, paxty i molochnoj syvorotki* (Rational Use of Skim Milk, Buttermilk and Whey), Scientific and Engineering Recommendations, Stavropol', 2011, 105 p.

2. Храмцов А.Г., Nesterenko P.G. *Texnologiya produktov iz molochnoj syvorotki* (Technology of Products from Whey), Moscow: DeLi print, 2004, 587 p.

3. Kunizhev S.M., Shuvaev V.A. *Novye texnologii v proizvodstve molochnykh produktov* (New Technologies in the Production of Dairy Products), Moscow: DeLi print, 2004, 203 p.

4. Храмцов А.Г. *Molochnaya syvorotka* (Whey), Moscow: Agropromizdat, 1990, 240 p.

5. Polyanskij K.K., Shaposhnik V.A., Ponomarev A.N. *Molochnaya promyshlennost'*, 2004, No. 10, pp. 48–49.

6. Baker R.W. *Membrane Technology and Applications*, Chichester: Wiley, 2004, 552 p.

7. Blanch H.W., Clark D.S. *Biochemical Engineering*, New York: Marcel Dekker, 1996.

8. Nagarale R. K., Gohil G. S., Shahi V. K. *Adv. Colloid. Interface. Sci.*, 2006, vol. 119, no. 2–3, pp. 97–130.

9. Saxena A., Gohil G. S., Shahi V. K. *Ind. Eng. Chem. Res.*, 2007, no. 46(4), pp. 1270–1276.

10. Zeman L.J., Zydney A.L. *Microfiltration and Ultrafiltration: Principles and Applications*, New York: Marcel Dekker, 1996.

11. McGregor W.C. *Membrane Separation in Biotechnology*, New York: Marcel Dekker, 1986, 386 p.

12. Bowen W.R., Williams P.M. *Adv. Colloid. Interface. Sci.*, 2007, vol. 134–135, P. 3–14.

13. Zolotoreva M.S., Volodin D.N., Golovkina M.V., Topalov V.K., Klepker V.M., Evdokimov I.A., Anisimov G.S., Veziryan V.A. *Syrodelie i maslodolie*, 2012, no. 4, pp. 70–73.

14. Brans G., Schroen C.G.P.H, Van der Sman R.G.M., Boom R.M. // *J. Membr. Sci.*, 2004, pp. 263–272.

15. Dymar O.V., Zublik M.V., Miklux I.V. *Aktual'nye problemy zhivotnovodstva, veterinarnoj mediciny, pererabotki sel'skoxozyajstvennoj produkcii i tovarovedeniya* (Actual Problems of Animal Husbandry, Veterinary Medicine, Agricultural Processing and Merchandising), Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, Voronezh, 2010, pp. 290–291.

16. Gavrilov G.B., Gavrilov B.G. *Texnika i texnologiya pishhevyx proizvodstv*, 2009, no. 1, C. 26–29.

17. Lazarev V.A., Timkin V.A. *Eurasia Green*, Proceedings of the International Competition of Research Projects of Young Scientists and Students, Ekaterinburg, 2013, pp. 40–41.

18. Kostyukov D.M., Kulenko V.G., Dykalo N.Ya., Kostyukov E.M., Shokhalov V.A., Shevchuk V.B. *Molochnokhozyaistvennyi vestnik*, 2012, no. 1(5), pp. 32–36.

19. Kostyukov D.M., Kulenko V.G., Dykalo N.Ya., Kostyukov E.M., Shokhalov V.A., Shevchuk V.B., *Molochnokhozyaistvennyi vestnik*, 2012, no. 3(7), pp. 72–75.

20. Aghajanyan A.E., Tsaturyan A.O., Hovhannisyan G.Zh., Eghiyani K.I., Saghyan A.S. *Chemical Journal of Armenia*, 2011, vol. 64, no. 3, pp. 417–428.

21. Babenyshev S.P., Zhidkov V.Y., Mamay D.S., Utkin V.P. *Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University*, 2012, no. 78(04), pp. 217–226.

---

### **Industrial Processing of Secondary Raw Milk**

**V. Yu. Bogomolov, S. I. Lazarev**

*Tambov State Technical University, Tambov*

**Key words and phrases:** management; membrane; recycling; secondary raw materials; whey.

**Abstract:** An overview of the most common methods of industrial processing of secondary raw milk has been made. The strengths, weaknesses and ways of optimization have been identified.

---

© В. Ю. Богомолов, С. И. Лазарев, 2014

*Статья поступила в редакцию 16.07.2013 г.*