

*О.В. Дымар, К.В. Объедков, Ю.М. Здитовецкая  
РУП «Институт мясо-молочной промышленности»*

## **РАЗРАБОТКА РАЦИОНАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ПОДСЫРНОЙ СЫВОРОТКИ**

*(Поступила в редакцию 22.02.2011)*

*Ввиду наращивания объемов производства сыров в Республике Беларусь все большую актуальность представляют вопросы переработки вторичного молочного сырья (подсырной сыворотки). Переработка подсырной сыворотки позволит повысить степень использования составных компонентов молока, а также экологическую безопасность работы сыродельных предприятий. Первичная переработка подсырной сыворотки, включающая отделение сырной пыли, сепарирование, пастеризацию, охлаждение, резервирование и хранение, позволит повысить эффективность ее последующей переработки на баромембранном оборудовании.*

**Введение.** Одним из самых значимых и ценных компонентов молока является молочный белок, поэтому белковым молочным продуктам, учитывая их высокую биологическую ценность, отводится первостепенная роль в организации правильного питания населения. Ввиду планируемого наращивания объемов производства сыров в Республике Беларусь [1], целесообразной является задача организации комплексной переработки подсырной сыворотки – вторичного молочного сырья, являющегося побочным продуктом производства ферментативных сыров.

В сыворотку переходит более 50% сухих веществ молока. На настоящий момент этот ресурс используется не полностью, кроме того, при сбросе сыворотки в сточные воды она представляет собой серьезную проблему для очистных сооружений ( $BPK_5 = 36000-40000$  мг/л). Теоретический выход молочной сыворотки составляет около 90% количества перерабатываемого сырья. Поэтому необходимость и целесообразность комплексной переработки молочной сыворотки не вызывает сомнений ввиду повышения экологической безопасности, экономической эффективности работы молокоперерабатывающих предприятий, повышения степени использования составных компонентов молока. При этом особое

внимание следует уделять первичной обработке молочной сыворотки, ввиду особенностей технологического процесса ее получения и последующей технологической переработки.

Мероприятия по сбору и промышленной переработке молочной сыворотки в различные пищевые, кормовые и технические продукты экономически выгодны и окупаются за сравнительно короткие сроки (1–3 года) [2–5].

**Материалы (объекты) и методы исследования.** Материалом исследования явилась сыворотка подсырная, получаемая на различных этапах технологического процесса, при производстве различных групп и видов ферментативных сыров. При выполнении исследовательских работ пользовались стандартные методики исследования физико-химических и микробиологических показателей подсырной сыворотки, специальную методику определения массовой доли сырной пыли в сыворотке.

**Результаты и их обсуждение.** С целью разработки рациональной технологической схемы первичной переработки подсырной сыворотки анализировали факторы, технологические операции, оказывающие влияние на хранимоспособность сыворотки. Молочная сыворотка является хорошей средой для развития микроорганизмов, поэтому в процессе сбора и хранения ее состав и свойства могут измениться, а качественные показатели – ухудшиться (в том числе – за счет ферментативного гидролиза лактозы). Этому способствует значительная контаминация молочной сыворотки молочнокислыми бактериями в процессе производства ферментативных сыров. К тому же температура сыворотки, которая поступает из основного производства, составляет 30 °С, что соответствует оптимальному режиму жизнедеятельности большинства микроорганизмов. Поэтому сыворотку после получения необходимо немедленно направить на переработку. Если это по каким-либо причинам сделать невозможно, то необходимо подвергать ее специальной обработке (пастеризации, охлаждению, консервированию) [2, 3].

Лактоза, как наименее устойчивый компонент, при хранении подсырной сыворотки подвергается ферментативному гидролизу. Фермент лактаза, образуемый бактериями, участвует в расщеплении лактозы, что приводит к повышению титруемой кислотности сыворотки и потерям лактозы. Изменяются также рН среды и мутность сыворотки. Кроме того, происходит гидролиз белков и жира, изменяется вкус сыворотки, мо-

гут накапливаться нежелательные и даже вредные вещества. Практически можно считать, что при хранении без обработки в течение 12 ч молочная сыворотка теряет 25% энергетической ценности. О потерях лактозы можно судить по нарастанию титруемой кислотности сыворотки [2–4]. Так, нарастание кислотности на 1 °Т соответствует потере 0,00855 г/л лактозы.

Охлаждение в значительной мере предотвращает развитие нежелательных микробиологических процессов при временном хранении сырья и продуктов, в частности в случаях, когда их переработка, использование или реализация задерживаются. Охлаждение необходимо проводить немедленно после получения молочной сыворотки или после ее сепарирования, не допуская обсеменения посторонней микрофлорой. Однако наилучшие результаты дает охлаждение в сочетании с предварительной пастеризацией и сепарированием. Центробежные методы (сепарирование, декантирование) используются для выделения из молочной сыворотки жира, сырной пыли, коагулированных сывороточных белков [2, 3].

Сепарирование молочной сыворотки используют на двух этапах ее промышленной переработки: для выделения молочного жира и сырной пыли и для отделения коагулированных сывороточных белков (осветление). Молочный жир и сывороточные белки являются важными в энергетическом и биологическом отношении компонентами молочной сыворотки. Их извлекают и используют, прежде всего, для пищевых целей. Так, в некоторых технологических процессах промышленной переработки молочной сыворотки удаление жира и белков необходимо для обеспечения качества получаемого продукта (производство напитков, молочного сахара). Кроме того, существует оборудование, на котором операции удаления сырной пыли и жира происходит одновременно (например, технологическое оборудование фирмы Westfalia).

Содержание молочного жира в сыворотке, полученной при производстве сычужных сыров, составляет обычно 0,2–0,6% от массы сыворотки. Эта величина зависит от вида вырабатываемого сыра, физико-химических показателей сырья, а также от факторов, определяющих ход технологического процесса. Независимо от жирности подсырной сыворотки наибольшее число жировых шариков имеет диаметр 1–2 мкм, а основной объем жира заключен в шариках размером 2–6 мкм. Резкое меха-

ническое воздействие с разрушением структуры сычужных сгустков при производстве ферментативных сыров, а также интенсивное нагревание приводят к повышенному отходу жира в сыворотку, в том числе крупных жировых шариков, что снижает выход и качество готового продукта.

Кроме молочного жира в сыворотке содержится и другая дисперсная фаза – частицы сырной пыли размером менее 1,2 мкм в количестве 0,2–1,6% от массы вырабатываемого сыра. Содержание сырной пыли в подсырной сыворотке зависит от ряда технологических факторов, в первую очередь от интенсивности механического воздействия на сырное зерно. После извлечения из сыворотки жира и сырной пыли она представляет собой кинетически устойчивую систему, практически не подвергающуюся расслоению.

Исходя из состава и свойств сыворотки как гетерогенной системы, можно считать, что в процессе сепарирования необходимо выделить жировые шарики диаметром более 1,5 мкм и частицы сырной пыли эквивалентным диаметром 12 мкм [2, 3].

Сырную пыль можно извлекать из сыворотки отстоем, фильтрацией и центробежными методами (сепарирование, декантирование) (рис. 1). Для извлечения сырной пыли отстоем сыворотку выдерживают в резервуарах в течение 2–3 ч, затем верхний слой сливают. Недостатки этого способа: требуются специальные резервуары, он длителен по времени, изменяются состав и свойства сыворотки в результате брожения, снижается качество сырной пыли.

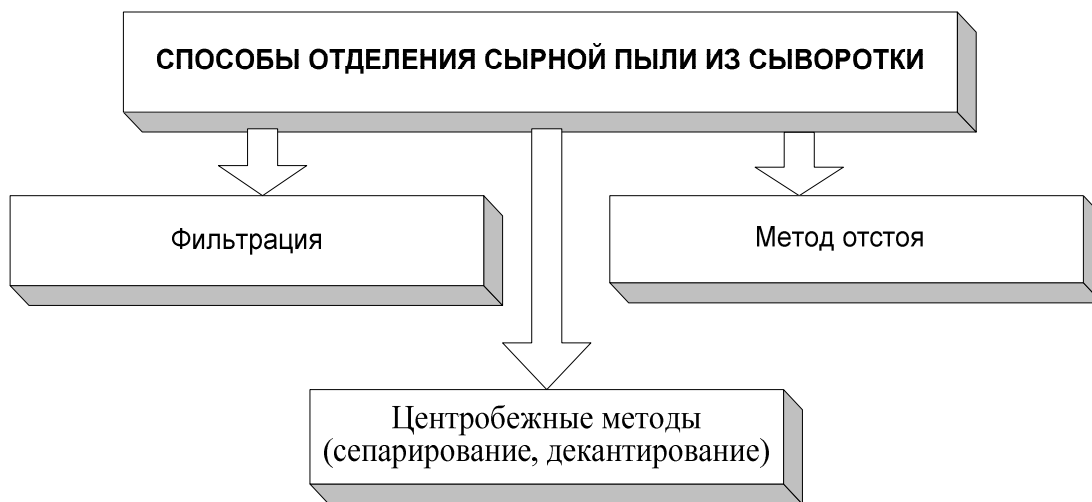


Рисунок 1 – Основные способы отделения сырной пыли из сыворотки

Фильтр представляет собой в простейшем варианте открытую или закрытую емкость вместимостью от 5 до 20 л, в которой установлен фильтрующий элемент с возможностью быстрого извлечения, обычно изготовленный из лавсановой ткани. По мере наполнения фильтра сырной пылью его разгружают. Удаление сырной пыли фильтрацией затруднительно, так как частицы забивают поры фильтров и трудно отделяются от фильтровальной ткани.

Однако в настоящее время разработано более совершенное оборудование для улавливания сырной пыли из сыворотки, производством которого занимаются как зарубежные, так и отечественные компании. Так, специалистами фирмы Westfalia Separator Food Tec GmbH (Германия) разработана технологическая линия переработки сыворотки, на котором отделение сырной пыли объединяется с процессом извлечения жира из сыворотки. Центробежные осветлители сыворотки способны снизить содержание сырной пыли в подсырной сыворотке до значений, меньших 0,01%. Сырная пыль удаляется в процессе частичной или полной выгрузки шлама, в сочетании с заданной программой безразборной мойки может оптимизировать процесс очистки сыворотки. Продолжительность процесса, а также периодичность выгрузки осадка задаются в зависимости от конкретных технологических требований.

Молочную сыворотку, по возможности, следует сепарировать при 35–40 °С непосредственно после удаления ее из сыроизготовителя, то есть без предварительного подогревания. Допускается хранение подсырной сыворотки перед сепарированием не более 24 ч при температуре 8–10 °С. В этом случае перед сепарированием сыворотку вновь рекомендуется подогревать до 35–40 °С. Сливки, полученные в результате сепарирования, немедленно охлаждают до температуры 3–5 °С.

Установлено, что все виды подсырной сыворотки (сыворотка, получаемая на стадии первого ее отбора из сыроизготовителя и на стадии второго ее отбора – из вибрационных лотков) подлежат комплексной технологической переработке с выделением их на первой стадии сырной пыли. Использование вибрационных или ротационных улавлива-

телей сырной пыли является наиболее оптимальным и целесообразным, позволяет проводить наиболее полное разделение суспензии сыворотка-сырная пыль на составные части, обеспечивает непрерывность процесса, увеличивает производительность труда, ликвидирует ручные операции и дает возможность в последующем вырабатывать на основе сырной пыли сырные полуфабрикаты с требуемым содержанием сухих веществ. Данное оборудование является оптимальным из всех видов центробежных сепараторов для сыворотки ввиду наибольшей эффективности выделения сырной пыли. Улавливание сырной пыли с помощью ротационных и вибрационных фильтров позволяет получить и использовать для пищевых целей из 100 т подсырной сыворотки до 180 кг (0,18%) сырной пыли (в пересчете сухих веществ сырной пыли 45%).

На основании анализа современных систем и оборудования по переработке сыворотки, была разработана рациональная технологическая схема первичной переработки подсырной сыворотки (рис. 2).

Технологический процесс первичной переработки подсырной сыворотки заключается в следующем (рис. 3). Подсырную сыворотку, получаемую при выработке ферментативных сыров в сыроизготовителях 2, собирают в емкости для промежуточного хранения 3 (отдельно резервируют сладкую и соленую сыворотки), откуда в последующем центробежным насосом ее подают на отделители сырной пыли вибрационного или ротационного типа 5. При этом температура сыворотки составляет 25–40 °С. После извлечения сырной пыли сыворотку резервируют в промежуточные емкости 7, откуда в последующем она поступает на сепаратор для отделения молочного жира 9.

После обезжиривания сыворотка охлаждается на пластинчатой пастеризационно-охладительной установке 12, откуда поступает на резервирование и промежуточное хранения в резервуар 13. При необходимости длительного сохранения качественных показателей подсырной сыворотки ее подвергают предварительной пастеризации с последующим охлаждением на пластинчатой пастеризационно-охладительной установке 12.

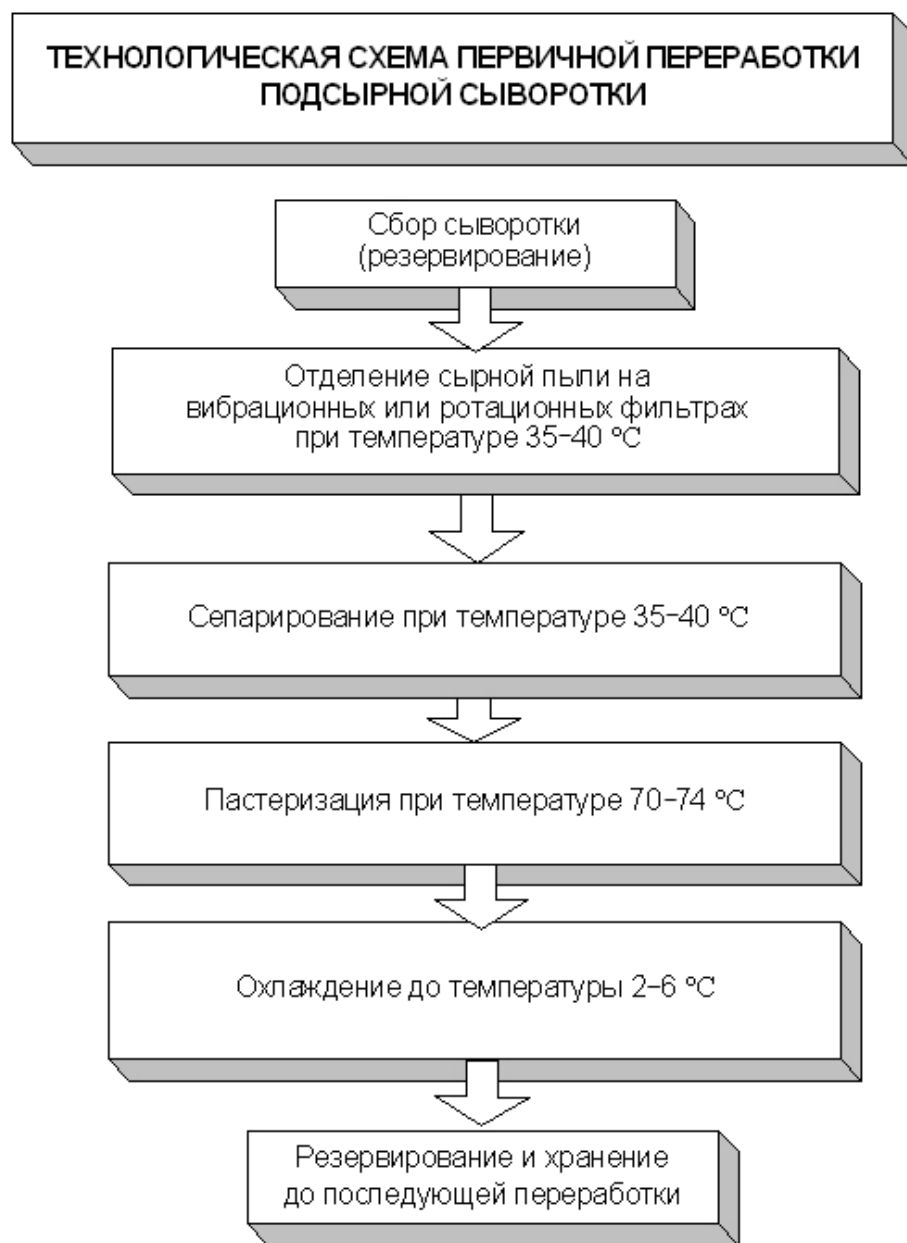
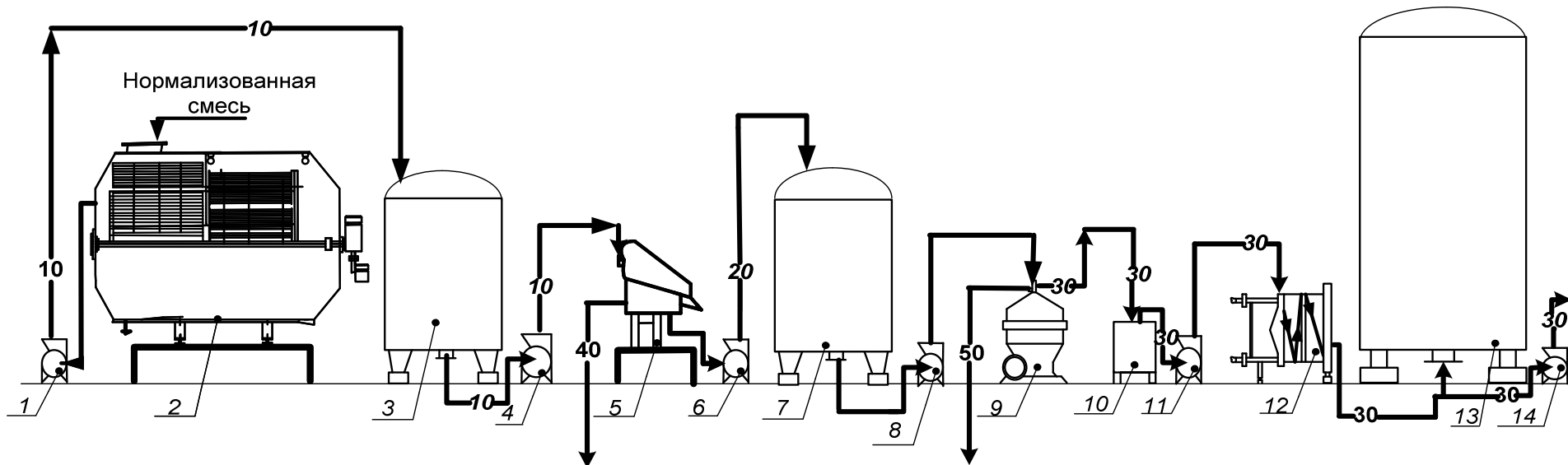


Рисунок 2 – Схема технологических процессов первичной переработки подсырной сыворотки



09

**Условные обозначения трубопроводов:**

- 10 – сыВОротка подсырная;
- 20 – сыВОротка подсырная, очищенная от сырной пыли;
- 30 – сыВОротка подсырная просепарированная;
- 40 – сырная пыль;
- 50 – подсырные сливки

**Спецификация оборудования:**

- 1, 4, 6, 8, 11 – центробежные насосы;
- 2 – сыроизготовитель;
- 3 – резервуар для сыВОротки;
- 5 – отделитель сырной пыли;
- 7 – резервуар для сыВОротки, очищенной от сырной пыли;
- 9 – сепаратор-сливкоотделитель;
- 10 – промежуточный бачок;
- 12 – пластинчатая пастеризационно-охладительная установка;
- 13 – резервуар для охлажденной сыВОротки

Рисунок 3 – Рациональная технологическая схема поточно-механизированной линии первичной переработки подсырной сыВОротки в аппаратурном оформлении



Данная схема позволяет подготовить подсырную сыворотку к ее последующей комплексной технологической переработке, в первую очередь предусматривая извлечение из нее сырной пыли на отделителях, молочного жира – на сепараторах-сливкоотделителях при температуре слива сыворотки из сыродельного оборудования (ванн или сыроизготовителей), что обеспечивает сокращение технологических операций, связанных с тепловой обработкой сыворотки.

Охлаждение и резервирование подсырной сыворотки на конечной стадии позволяет обеспечить ее сохранность до последующей технологической переработки.

В последующем подсырную сыворотку рекомендуется направлять на комплексную технологическую переработку на установках ультра- и нанофильтрации для выработки различных продуктов на ее основе.

**Заключение.** Разработана рациональная технологическая схема первичной переработки подсырной сыворотки, включающая следующие технологические этапы: сбор подсырной сыворотки (резервирование), отделение сырной пыли на вибрационных или ротационных фильтрах (декантирование) при температуре 35–40 °С, сепарирование при температуре 35–40 °С, пастеризация при температуре 70–74 °С, охлаждение до температуры 2–6 °С, резервирование и хранение до последующей переработки. Первичная обработка сыворотки по предложенной схеме позволит получать подсырную сыворотку, очищенную от сырной пыли и жира, что способствует повышению эффективности ее последующей переработки. Пастеризация с последующим охлаждением способствует поддержанию микробиологической чистоты и, как следствие, сохранности лактозы на протяжении периода хранения.

Разработка и внедрение на сыродельных предприятиях технологий как первичной, так и комплексной переработки подсырной, а также всех видов молочной сыворотки, будет способствовать повышению экономической эффективности их работы за счет:

- повышения степени использования составных компонентов молока;
- обеспечения ресурсосбережения;
- повышения экологической безопасности работы молокоперерабатывающих предприятий;
- повышения эффективности последующей переработки сыворотки.

## Литература

1. Республиканская программа развития молочной отрасли в 2010–2015 годах: утв. Постановлением Совета Министров Респ. Беларусь, 12.11.2010, №1678. – Минск, 2010.
2. Храпцов, А.Г. Технология продуктов из молочной сыворотки: учеб. пособие / А.Г. Храпцов, П.Г. Нестеренко. – Москва: ДеЛи принт, 2004. – 592 с.
3. Храпцов, А.Г. Рыночная концепция полного и рационального использования молочной сыворотки / А.Г. Храпцов // Молочная промышленность. – 2006. – № 6. – С. 7–12.
4. Дымар, О.В. Альтернативные варианты переработки сыворотки / О.В. Дымар // Молочная промышленность. – 2006. – №6. – С. 16–17.
5. Опыт переработки подсырной сыворотки / А.И. Ходос [и др.] // Молочная промышленность. – 2008. – № 2. – С. 72–74.

*O. Dymar, K. Objedkov, J. Zditovetskaya*

### **WORKING OUT OF THE RATIONAL TECHNOLOGICAL SCHEME OF THE CHEESE WHEY PRIMARY PROCESSING**

#### **Summary**

Because of the cheeses manufacture volumes escalating in the republic of Belarus, secondary dairy raw materials (cheese whey) processing aspects represent the increasing urgency. Cheese whey processing will allow to raise degree of use of milk components, to raise ecological safety of cheese-making enterprises work. Cheese whey primary processing (including cheese dust extraction, separation, pasteurisation, cooling, reservation and storage) will allow to raise the efficiency of its subsequent processing with the membrane equipment.