Содержание

[Введение](#_Toc242542610)

[1. Отходы молочной промышленности](#_Toc242542611)

[2. Использование сыворотки за рубежом](#_Toc242542612)

[3. Использование сыворотки в россии](#_Toc242542613)

[4. Общие вопросы переработки вторичного молочного сырья](#_Toc242542614)

[4.1 Химический состав, физические свойства и биологическая ценность вторичного молочного сырья](#_Toc242542615)

[4.1.1 Химический состав](#_Toc242542616)

[4.1.2 Физические свойства](#_Toc242542617)

[4.1.3 Биологическая ценность](#_Toc242542618)

[4.2 Первичная обработка вторичного молочного сырья](#_Toc242542619)

[4.2.1 Пастеризация](#_Toc242542620)

[4.2.2 Сепарирование](#_Toc242542621)

[4.2.3 Консервирование](#_Toc242542622)

[4.3 Биологические методы обработки вторичного молочного сырья](#_Toc242542623)

[4.3.1 Обработка микроорганизмами](#_Toc242542624)

[4.3.2 Обработка протеолитическими ферментными препаратами](#_Toc242542625)

[Заключение](#_Toc242542626)

[Литература](#_Toc242542627)

## Введение

В процессе промышленной переработки молока на масло, сыр, творог получают побочные продукты - обезжиренное молоко, пахту и молочную сыворотку, так называемое "вторичное молочное сырье". По своим биологическим свойствам вторичное молочное сырье не уступает цельному молоку. В цельном и обезжиренном молоке, а также в пахте содержится одинаковое количество белков (азотистых веществ) - 3,2%, лактозы - 4,7% и минеральных веществ - 0,7%, в молочной сыворотке - соответственно 0,8; 4,8 и 0,5%. Наиболее ценными компонентами вторичного молочного сырья являются белки, молочный жир, углеводы, минеральные соли. В нем содержатся также витамины, ферменты, органические кислоты и другие вещества, которые переходят из молока.

В настоящее время большое внимание уделяется более полноценному и рациональному использованию всех составных частей молока в процессе его промышленной переработки. Это обусловлено рядом причин.

В большинстве случаев мероприятия, направленные на экономную, рациональную и глубокую переработку сельскохозяйственного сырья, в частности молока, экономически более выгодны, чем дополнительное получение эквивалентного количества этого сырья в сельском хозяйстве. Кроме того, в большинстве стран мира наблюдается дефицит пищевых белков. Наряду с количественным дефицитом все большую роль играет неполноценность их качества (в основном, аминокислотного состава).

Имеющиеся в природе разнообразные белки отличаются друг от друга различным содержанием аминокислот. Растительные белки, например, содержат недостаточное количество таких важных аминокислот, как лизин, лейцин, изолейцин, метионин, триптофан. Аминокислотный состав белков молока отвечает потребностям человеческого организма наиболее полно. Наряду с высокой биологической ценностью молочные продукты обладают полезными функциональными свойствами, улучшающими качество других пищевых продуктов. Сих помощью удается более рационально балансировать и использовать всю совокупность пищевых белков, в том числе белков растительного происхождения.

Наиболее полно требованию оптимального содержания ценных компонентов соответствуют маложирные продукты, полученные из обезжиренного молока, пахты и молочной сыворотки. Так, например, сухие вещества молочной сыворотки содержат 71,7% лактозы, 14% азотистых веществ, 7,7% минеральных веществ, 5,7% жира, 0,9% прочих веществ.

Отличительной особенностью молочных белков является также то, что при их расщеплении образуются пептиды и другие компоненты, которые всасываются непосредственно в кровь. Усвояемость молочных белков человеческим организмом практически полная. Растительные белки таким свойством не обладают. По аминокислотному составу белки молока равноценны белкам мяса, однако в отличие от них не содержат пуриновых оснований, избыток которых вредно влияет на обмен веществ в организме.

Значительные объемы, питательная и биологическая ценность обусловливают необходимость сбора и использования обезжиренного молока, пахты и молочной сыворотки. Полное и рациональное использование вторичного молочного сырья может быть достигнуто только на основе его промышленной переработки в пищевые продукты, медицинские препараты, кормовые концентраты и технические полуфабрикаты.

В нашей стране накоплен значительный опыт промышленной переработки и использования вторичного молочного сырья: уточнены и углублены данные по пищевой и биологической ценности вторичного молочного сырья и продуктов из него; разработаны основные технологические процессы выделения и использования молочного жира, производства сухих и сгущенных концентратов; отработаны некоторые направления биологической обработки вторичного молочного сырья на пищевые и кормовые цели; разработана технология выделения, обработки и сушки белков молока и их использования в колбасном и кондитерском производстве; создана технология концентрата из молочной сыворотки для производства безалкогольных прохладительных напитков; улучшена техника и технология производства молочного сахара. Расширяется производство разнообразных налитков из пахты и обезжиренного молока, выпуск низкожирной продукции, молочно-белковых концентратов.

Использование этих продуктов в народном хозяйстве позволяет сэкономить муку, свекловичный сахар, фруктовые соки, мясо, натуральное молоко, улучшить биологическую ценность и увеличить объемы выпуска пищевых продуктов. На ряде предприятий молочной промышленности страны внедрена безотходная технология переработки молока с комплексным использованием всех его составных частей.

Освоены и постоянно увеличиваются объемы выработки заменителей цельного молока (ЗЦМ) для молодняка сельскохозяйственных животных с использованием обезжиренного молока и молочной сыворотки.

Новые технологические процессы предусматривают полное использование всех составных частей молока, комплексную его переработку в различные пищевые и кормовые продукты и полуфабрикаты. На предприятиях создаются специализированные цехи и участки по переработке вторичного молочного сырья. Разрабатываются комплексы оборудования и технологические линии по переработке обезжиренного молока, пахты и молочной сыворотки с использованием традиционных и новых методов обработки, таких как электродиализ, обратный осмос, ультрафильтрация, ферментативный катализ. Новое в науке и технике учитывается при разработке типовых проектов или проектов реконструкции предприятий молочной промышленности.

За рубежом в последнее десятилетие наметилась четкая тенденция к увеличению производства и потребления низкожирных молочных продуктов, при выработке которых широко используется вторичное молочное сырье. Из обезжиренного молока, пахты и молочной сыворотки вырабатывается разнообразный ассортимент налитков для непосредственного потребления и полуфабрикатов для изготовления десертов, пудингов, мороженого, желированных продуктов. Расширяются биологические методы обработки сыворотки, такие как гидролиз лактозы до более сладких моносахаров, что расширяет сферу ее применения в кондитерских изделиях, мороженом и напитках. На кормовые цели обезжиренное молоко и молочная сыворотка направляются в обработанном виде (сгущение, сушка, биологическая конверсия) преимущественно на производство заменителей цельного молока для молодняка сельскохозяйственных животных и комбикормов-стартеров.

Однако в целом проблема полного и рационального использования вторичного молочного сырья не решена как в нашей стране, так и за рубежом. Значительные объемы обезжиренного молока возвращаются для скармливания животным, а часть молочной сыворотки не используется.

Использование вторичных ресурсов сырья молочной промышленности является общегосударственной задачей, поскольку при их переработке может быть получено значительное количество полноценных пищевых продуктов, технических полуфабрикатов, кормовых изделий [1].

## 1. Отходы молочной промышленности

Основным отходом молочной промышленности является сыворотка, которая получается в результате переработки цельного и обезжиренного молока на сыр, творог и технический казеин. Химический состав сыворотки показан в табл.1. Его значительные колебания зависят от состава исходного сырья и способа отделения белка.

Таблица 1

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Сухого вещества,% | Белка,  % | Молочного сахара,  % | Жира,  % | Золы,  % | Калорийность 1 *кг, кал* |
| Сыворотка подсырная | 6,5 | 0.4 | 4,8 | 0,4 | 0,5 | 233 |
| Сыворотка творожная | 6,0 | 0,5 | 4,0 | 0,3 | 0,7 | 217 |

Основные компоненты сыворотки (жир, молочный сахар, белок, соли) особенно ценны тем, что находятся в мелкодиспергированном состоянии, вследствие чего наиболее легко усваиваются организмом. В сыворотке находятся легко усвояемые организмом белки - альбумин и глобулин, а также ценные для организма фосфолипиды и витамины. Если калорийность молока принять за 100%, то калорийность подсырной сыворотки составляет 37, а творожной 34%. В зависимости от вида и типа вырабатываемого продукта изменяется количество получающейся сыворотки:

|  |  |
| --- | --- |
| Вырабатываемый продукт | Количество получающейся сыворотки в среднем,% |
| Твердые сыры жирные | 81 |
| Твердые сыры полужирные | 76 |
| Твердые сыры тощие | 71 |
| Мягкие сыры | На 5 - 7% меньше, чем при выработке твердых сыров |
| Tворог тощий | Около 75 |

На основе расчета установлено, что предприятия молочной промышленности при производстве сыра, творога и казеина получают сыворотки около 4 млн. т*.* Кормовая ценность сыворотки составляет более 500 тыс. ткормовых единиц. [[1]](#footnote-1)

Основными причинами неполного использования сыворотки являются резкая сезонность в ее получении, быстрая порча и недостаточная стойкость выработанных из нее продуктов, удаленность получения сырья от мест сбыта этих продуктов, сравнительно высокая стоимость кормовой единицы сыворотки и затруднения, связанные с ее транспортировкой [2].

## 2. Использование сыворотки за рубежом

Использование отходов молочной промышленности за рубежом в разных странах различно. Наибольший интерес представляет опыт использования отходов в США, ФРГ и некоторых других странах.

В штате Висконсин (США), в котором получают наибольшее количество сыворотки, в 1953 г.29% от годового ее количества, составляющего 2633 т,переработано на молочным сахар и сгущенную или сухую сыворотку. Запрещение спуска сыворотки в канализацию способствовало увеличению количества перерабатываемой сыворотки.

Такому направлению в использовании отходов молочной промышленности способствовали концентрация производства на более крупных заводах и значительный технический прогресс в области совершенствования оборудования, применяемого для производства побочных продуктов из отходов молочной промышленности. ыпарные аппараты, работающие с принудительной циркуляцией, обеспечивают высокую скорость испарения, гарантируют продукт от пригорания к поверхности нагрева и работают с минимальными потерями на унос.

На крупных предприятиях обычно устанавливаются выпарные аппараты непрерывного действия. В США также широко распространена сушка на пленочных двухвальцовых сушилках.

Тоннельный способ сушки сыворотки используется для производства корма для животных и заключается в сгущении сыворотки под вакуумом до содержания 70%, сухих веществ, внесения затравки и выдерживания ее для кристаллизации молочного сахара с последующей сушкой его и размолом.

На заводе фирмы Foremost (США) молочную сыворотку сушат в закрытой системе с минимальными потерями сухого продукта. Сгущенную сыворотку насосом подают в сушильную башню (диаметр 6,1 м) распылительной сушилки при скорости вращения турбины 13 тыс. об/мин. Количество подаваемого воздуха составляет около 420 м3/мин при температуре 114 - 147°С. Сухой продукт с содержанием 15% влаги из башни поступает на вибрирующие лотки, расположенные в двух камерах для досушивания, куда подается воздух с температурой 114 - 120°С (расход воздуха составляет около 100 м3/мин). Из камер продукт поступает через циклон на мельницу, откуда направляется в два сборных коллектора, на виброконвейер, сито и на расфасовку.

Пыль из отработанного воздуха из башни и камер досушивания улавливается через систему циклонов, направляется в резервуар с водой и используется для кормовых целей.

Из сгущенной сыворотки вырабатывают сухую, содержащую 92 - 94% сухих веществ, 6 - 8 влаги, 65 - 68 молочного сахара и 4 - 5% жира. Сухие молочные продукты можно непосредственно скармливать скоту, однако целесообразнее при их высушивании добавлять отруби, свекловичный жом, барду, овощную стружку и др. Можно изготовлять полутвердый корм (в бочках), а также сухой в порошке или брикетах.

При выработке жидкого корма сыворотку пастеризуют при 65 - 72°С, затем сгущают до содержания в ней 30-35% сухих веществ и смешивают с отрубями, при этом содержание сухих веществ доводится до 60 - 65%.

При выработке сухого корма сыворотку сгущают до концентрации 60-65% сухих веществ, а затем помещают в сушилку, перемешивают с отрубями, обезвоживают. Отруб вносятся из расчета получения в корме 90% сухих веществ. Сухие сывороточные отруби содержат белка 14; жира 2 - 3,5; углеводов 56 - 60; клетчатки 6 - 8; золы 6 - 8 и влаги до 10%.

В Англии сыворотка используется на выработку лактозы, применяемой в фармацевтической промышленности, и на производство сухой сыворотки.

В Норвегии сгущенная сыворотка вырабатывается в виде концентрата (блоков) с содержанием 91,7% сухих веществ в том числе. Брикетированный корм может долго храниться. Из сыворотки изготовляют ацидофильную бактериальную массу - концентрат клеток ацидофильной палочки или других молочнокислых культур, которые применяются как стимуляторы жизнедеятельности в сельском хозяйстве сцелью получения дополнительных привесов молодняка, и используются также для лучшего сохранения силосованных кормов.

Разработана технология изготовления ацидофильной бактериальной массы, а также специальных биологических препаратов. Сыворотка может использоваться как среда для выращивания кефирных грибков. По данным польских исследователей, оптимальные условия для их выращивания следующие: температура культивирования 25°С, рН среды 6,5. Для нейтрализации молочной кислоты в сыворотку добавляют мел (СаСО3). В этих условиях использование сухого вещества сыворотки составляет 16, лактозы - 23%. Выход биомассы кефирных грибков (на сухое вещество) - 11 г/л сыворотки. Белки сыворотки могут быть использованы как главный питательный компонент в концентрированных кормах.

В Дании белок из сыворотки выделяется центрифугированием по следующей схеме. Свежая сыворотка из приемника засасывается в вакуум-камеру, в которой поддерживается вакуум 408 - 535 *мм* рт. ст. Для удаления углекислого газа и воздуха. Затем сыворотку специальным насосом подают в трехсекционный пластинчатый аппарат, где она нагревается последовательно до 65, а далее до 93°С. Горячая сыворотка выдерживается в приемнике в течение 20 мин. при непрерывном перемешивании. Выделившиеся за это время затвердевшие белки отделяются в автоматически разгружающейся центрифуге.

В Румынии сгущенную сыворотку направляют в специальные ванны, где обрабатывают острым паром для осаждения альбумина и фильтруют. Затем сыворотка повторно поступает в вакуум-аппарат и сгущается до требуемой для последующей кристаллизации концентрации. При этом представляется возможность полностью использовать все побочные продукты на кормовые цели.

По исследованиям Польского института молочной промышленности при производстве молочного сахара из сыворотки для консервирования последней применяли сернистый газ, причем консервировали ее сразу после выработки. Установлено, что при обработке 0,22% сернистого газа почти полностью прекращается распад молочного сахара в сыворотке, хранившейся при 8 - 18°С в течение 3 - 14 дней, а при добавлении 0,1%, сернистого газа распад молочного сахара тормозится в значительной степени как летом, так и зимой.

По окончании срока хранения сыворотка насосам перекачивается в чан, нагревается и подкисляется концентрированной серной кислотой до 22°SN. Затем путем добавления 30% -ного раствора NaOH кислотность ее понижается до 12°SH. При этом белок в виде крупных зерен выпадает в осадок. Осветленная сыворотка сгущается в вакуум-аппарате и кристаллизуется. Молочный сахар из консервированной сыворотки вырабатывается тем же методам, что и из неконсервированной. Выход сахара одинаковый.

В Канаде разработан способ повышения питательной ценности сыворотки при внесении в нее дрожжей Candida pseudotropicalis. Сбраживание осуществляется в вакуум-котлах в течение 48 час. Полученный продукт освобожден от лактозы. После высушивания его на вальцовой сушилке получается порошок, содержащий 39% белка,19% жира, 30% золы, 12% безазотистых экстрактивных веществ и некоторое количество тиамина и рибофлавина.

По данным американских исследователей, при выращивании дрожжей на сыворотке можно ускорить процесс применением увеличенного количества засевных дрожжей Saccharomyces fragilis - 25 - 30% от веса сахара и добавлением дополнительного питания в виде 0,5% (NH4) 2SО4; 0,5% К2НРО4 и 0,1% экстракта Difco. При этом лактоза полностью сбраживается в течение 3 - 4 час, а выход дрожжей - 23 г/л, что составляет 85% от теоретического. При таком быстром размножении дрожжей отпадает необходимость в предварительном удалении белка из сыворотки и ее осветлении, а также ее стерилизации.

В Швеции к сыворотке добавляют (NH4) 2SO4, КН2РО4 и сушеные пивные дрожжи, доводят рН до 5,5 - 5,7, перемешивают среду при интенсивном аэрировании при температуре 20°С в течение 4 час. Потребление кислорода - 0,5 кг на 1 кг лактозы. В процессе выращивания дрожжей 35% лактозы окисляется до углекислоты и воды, а 65% ассимилируется пивными дрожжами. Выход сухой биомассы с содержанием 60% протеина составляет 0,44 кг на 1 кг лактозы.

Выращивание дрожжей предусматривается на передвижной установке, смонтированной на автомашине, на которой размещаются теплообменник для поддержания постоянной температуры среды, два фильтра, сборник фильтрата, приемник лактоальбумина и дрожжей и устройство для их сушки. Этот способ рекомендуется применять на всех сыродельных заводах. Решается проблема биологической очистки остающегося фильтрата.

В Чехословакии был внедрен способ переработки сыворотки с получением кормовых дрожжей. Для аэрации массы применяли самовсасывающую турбинную мешалку типа Вальдгофа. При переработке сыворотки с содержанием 4 - 5% лактозы выход сухой биомассы дрожжей из 1 м3 сыворотки составляет 16 - 21 кг. Производительность цеха - 50 м3 сыворотки в сутки с получением в год 300 т сухих кормовых дрожжей.

В ФРГ из молочной сыворотки приготовляют сывороточные белок, сироп, пасту и крем, пиво, сухую сыворотку и др. Сывороточный крем, например, получают путем выпаривания сыворотки с добавлением цельного молока.

В Японии разработан метод получения из подсырной сыворотки питательного продукта. Сыворотку пропускают последовательно через катионит амберлит IR-120 в Н-форме и анионит IRA-400 в ОН-форме для удаления содержащихся в ней неорганических солей. Затем массу стерилизуют при 75°С в течение 15 мин и концентрируют под вакуумом до получения продукта, содержащего около 40% сухих веществ. При температуре 40 - 50°С к концентрату добавляют водные растворы хлористого железа и натриевой соли гексаметафосфорной кислоты, после чего массу высушивают на распылительной сушилке и получают готовый продукт.

*Синтетические полимеры.* Из сыворотки путем брожения получают молочную кислоту, а способом полимеризации путем дегидратации последней акриловую кислоту, которую используют для получения акриловых смол. Выход молочной кислоты из сыворотки - 90 - 95% от количества молочного сахара.

В водном растворе спонтанная полимеризация молочной кислоты протекает при комнатной температуре. В результате получаются лактилмолочная кислота, лактиды и лактил-лактилмолочная кислота в равновесном состоянии. При конденсации молочной кислоты образуется метиловый лактат. Молочная кислота и ее полимеры при реакции с жирными спиртами или многовалентными ионами металлов образуют полимеры, которые применяют для покрытий. При последующей этерификации получаются пластификаторы для виниловых смол. Сыворотку, частично ферментированную, применяют для эмульсионных красок, сухую сыворотку - как стимулятор роста растений, а также для предотвращения мозаичных вирусных заболеваний злаковых растений.

Смесь сыворотки с клеем или с другими химикалиями применяют в качестве связующих веществ при изготовлении сухой штукатурки, гипса или гипсового картона [2].

## 3. Использование сыворотки в россии

Из большого разнообразия пищевых, кормовых и технических продуктов, получаемых из молочной сыворотки, наибольший интерес для наших условий представляют следующие: сухая и сгущенная сыворотка, молочный сахар-сырец, сывороточный сироп, рафинированный молочный сахар, сывороточная паста и сыры из сыворотки по типу шведских (мюзеост), а также кормовые дрожжи.

Сухая молочная сыворотка может быть использована в хлебопекарном производстве либо в качестве компонента теста, либо при производстве жидких дрожжей. Наиболее эффективно использование молочной сыворотки при производстве молочного сахара, в том числе рафинированного, который находит широкое применение для изготовления продуктов детского питания. До настоящего времени производство молочного сахара и России развивалось по пути организации специализированных цехов при паро-механизированных сыродельных заводах. В этих цехах перерабатывается в основном подсырная сыворотка данного завода, поэтому такие цехи относительно мелки и малопроизводительны. Необходимо организовать производство так, чтобы использовать сыворотку глубинных сыродельных заводов, для чего нужно создать сироповарочные цехи, продукция которых должна поступить на специальный завод молочного сахара или на центральный сыродельный завод с крупным цехом молочного сахара. Сывороточный сироп хранится длительное время и его можно доставлять на центральный завод о зависимости от потребности.

Целесообразно использовать сыворотку на получение молочного сахара в количестве, потребном для медицинской промышленности, с целью полного прекращения импорта его, а также на выработку пищевых продуктов - киселя, кваса, шипучих напитков, сывороточной пасты и сыра, т.е. наиболее полно использовать ценные сухие вещества сыворотки для пищевых целей.

*Витаминные препараты.* В Ленинградском технологическом институте пищевой промышленности была разработана технология производства сухой обогащенной рибофлавином молочной сыворотки. Она заключается в следующем. К сыворотке при рН 5,5 - 6,5 прибавляют 1% глюкозы и 0,5 - 1% дрожжевого автолизата. Смесь пастеризуют при температуре 95°С в течение 15 - 20 мин. Затем среду охлаждают до 28 - 30°С и инокулируют дрожжеподобным микроорганизмом Eremathecium Ashlyii, синтезирующим витамин В2 (рибофлавин) в виде 1% -ной суспензии мицелия 2 - 3-суточной культуры, выращенной на сусло-агаре. Культуру выращивают в ферментаторах глубинным методом при аэрации в течение 4 - 5 дней. По окончании ферментации массу высушивают и получают сухой обогащенный рибофлавином препарат, который можно использовать как корм или для обогащения ряда пищевых продуктов.

По разработанному во ВНИМИ методу на основе молочной сыворотки получают поливитаминный концентрат путем выращивания пропионовокислых бактерий, ацидофильной палочки и дрожжей. Биосинтез указанными микроорганизмами комплекса различных витаминов (в особенности B12, пантотеновой и никотиновой кислоты), а также биологически активных соединений типа стимуляторов и антибиотиков позволяет получить препарат, обладающий ценными биологическими свойствами и используемый для витаминизации молока и молочных продуктов.

Микроорганизмы культивируют раздельно, а затем смешивают их в равных количествах и высушивают. Пропионовокислые бактерии культивируют при 30°С в течение трех суток на молочной сыворотке, куда добавляют 5% гидролизованного молока и 0,5% дрожжевого автолизата.

Культуру ацидофильной палочки выращивают в течение 16 час на стерильном обезжиренном молоке при 37°С. Выращивание дрожжей на молочной сыворотке проводят в течение трех суток при 30°С.

В полученном препарате содержание витамина В12 составило от 13,5 до 44 мкг/кг, фолиевой кислоты - 1027 мкг/кг, B1 - 15,41 мг/кг, В2 - 1080 мг/кг. Препарат находит широкое применение как при витаминизации молочных продуктов, так и в медицине и животноводстве в качестве профилактического и лечебного средства при желудочно-кишечных и других заболеваниях.

Белково-витаминные концентраты. На молочной сыворотке выращивают кормовые дрожжи, а также получают белково-витаминный концентрат, имеющий следующий химический состав,% к сухому веществу: белков - 32, жиров - 5, молочного сахара - 25, безазотистых экстрактивных веществ - 32, минеральных веществ (кальция, фосфора: И Др.) - 16, молочной кислоты - 4. В порошкообразном концентрате содержится большое количество витаминов: В1 - 7,2, В2 - 42-49; РР - 123-193, В12 *-* 0,22, пантотеновой кислоты - 84 - 99; биотина - 0,11; пиридоксина - 8,2 мг/кг.

Выработка концентрата проводится по технологической схеме, разработанной Лефрансуа (Франция). Молочная сыворотка хранится в трех баках, откуда насосом подается на пастеризацию, после чего поступает в баки для смешивания с питательными солями. Из баков производится питание двух ферментаторов, где осуществляется непрерывное выращивание специальной культуры дрожжей, утилизирующих содержащиеся в сыворотке в первом баке лактозу, а во втором - молочную кислоту при непрерывной аэрации среды.

В ферментаторах постоянный уровень жидкости (эмульсии) поддерживается с помощью специального устройства, включаемого в действие импульсом от давления воздуха в трубопроводах, которое соответствует давлению столба жидкости в каждом аппарате.

Смесь, обогащенная дрожжами, поступает из обоих ферментаторов в двухкорпусный выпарной аппарат, где она сгущается до содержания 20 - 25% сухих веществ. Сгущенный продукт насосом подается в распылительную сушилку и в виде светло-желтого порошка - концентрата с содержанием 5% влаги и поступает на упаковку.

По такой схеме смонтированы комплектные установки на Острогожском, Вильнюсском и Знаменском маслодельных заводах с переработкой на каждой до 40 м3 сыворотки и получением до 2 т концентрата в виде порошка.

По этой схеме из 1 т сыворотки можно получить 45 - 48 кг концентрата, в том числе 13 - 15 дрожжей, 10 - 12 молочного сахара, 13 недрожжевых белков и других веществ и 8 кг солей.

На выработку 1 кг концентрата расходуются: 8 г фосфорной кислоты (в пересчете на фосфорный ангидрид. Р2Ог5); 35 г аммиачного азота в виде мочевины и сульфата аммония; не более 0,52 квт электроэнергии; 12 кг пара; менее 100 л воды; 200 г мазута. Обслуживают установку два человека. Применение концентрата снижает расход кормов при увеличении привеса.

Во ВНИМИ разработан способ получения из сыворотки жидких кормовых дрожжей - белково-витаминного продукта, содержащего до 25% белка. Такой продукт вполне заменяет обезжиренное молоко при выпойке телят. Примерная стоимость установки производительностью 300 тыс. т перерабатываемой сыворотки в год - 12 тыс. руб. Необходимо усовершенствовать технологию и оборудование и широко внедрить в промышленность метод получения из сыворотки кормовых дрожжей.

При использовании только половины сыворотки на выращивание кормовых дрожжей можно получить дополнительно 60 тыс. т мяса в год.

*Сывороточный сироп.* В производственных условиях из сыворотки вымораживанием получен концентрированный сироп, содержащий 11,8% сухих веществ (сгущение в 2,3 раза).

Сыворотку, полученную при выработке творога, кислотностью 65°Т с содержанием 5,2% сухих веществ вымораживали при температуре - 4°С на фризере ОФН до сметанообразной консистенции. Полученную массу отфильтровывали через фильтросетку и помещали на пресс-тележку для отделения сывороточного сиропа от кристаллов льда. Потери сухих веществ в отпрессованной и промытой массе составляли 1,4%.

При двух - или трехкратном вымораживании сыворотки можно получить более концентрированный сироп с содержанием 25 - 30% сухих веществ. Концентрированный сироп может быть использован для получения молочного сахара, молочной кислоты, сгущенной и сухой сыворотки, а также в хлебопекарной промышленности.

На предприятиях молочной промышленности Воронежской области изготовляют сухой препарат ЗЦМ, применяемый для выпойки телят с целью сокращения расхода цельного молока. Его вырабатывают из обезжиренного молока, дезодорированного саломаса, фосфатидного концентрата, витаминов и солянокислого биомицина по технологии, разработанной ВНИИ жиров и ВНИИ животноводства.

Биологический препарат СКР получают, высушивая подсгущенное обезжиренное молоко, заквашенное специальными культурами молочнокислых бактерий. Он используется при силосовании кукурузы, кормовых бобов, сахарной свеклы и других кормовых культур.

Биологический препарат БАК получают также путем сушки обезжиренного молока или молочной сыворотки, заквашенных ацидофильными культурами молочнокислых бактерий с добавлением микроэлементов (солей кобальта, меди, цинка, железа) и витаминов (A, В1, B12, С, D2). Этот препарат применяют для профилактики и лечения желудочно-кишечных заболеваний, а также для улучшения роста и развития молодняка сельскохозяйственных животных и птицы.

Низин. Из молочной сыворотки методом вымораживания получают концентрат, содержащий антибиотические вещества типа низина. Последний обладает бактериостатическими свойствами. Из концентрата после обработки спиртом (или ацетоном) и сушки при 30°С получают нативный низин. Установлено, что как концентрат, так и раствор нативного низина (2000 мг/л) пригодны дли обработки мясных полуфабрикатов.

Подвергнутые обработке полуфабрикаты полностью сохраняли органолептические качества после 24-часовой выдержки при температуре около 20°С, тогда как необработанные полуфабрикаты пришли в полную негодность.

В последнее время работают над увеличением содержания белка во многих пищевых и кормовых продуктах.

Творожную сыворотку получают на низовых заводах, находящихся на значительном отдалении от сельхозхозяйствах, что создает затруднения в ее транспортировке [2].

## 4. Общие вопросы переработки вторичного молочного сырья

## 4.1 Химический состав, физические свойства и биологическая ценность вторичного молочного сырья

## 4.1.1 Химический состав

Основными и наиболее ценными компонентами вторичного молочного сырья являются белки, липиды (молочный жир) и углеводы (лактоза). Кроме основных компонентов во вторичное молочное сырье переходят минеральные соли, небелковые азотистые соединения, витамины, ферменты, гормоны, иммунные тела, органические кислоты, т.е. почти все соединения, обнаруженные в настоящее время в молоке. Содержание основных компонентов в обезжиренном молоке, пахте и молочной сыворотке в сравнении с цельным молоком (в %) приведено в табл.1.

Таблица 1.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Компоненты | Цельное  молоко | Обезжиренное молоко | Пахта | Молочная сыворотка |
| Массовая доля,% сухого вещества | 12,3 | 8,8 | 9,1 | 6,3 |
| В том числе:  молочного жира | 3,6 | 0,05 | 0,5 | 0,2 |
| белков | 3,2 | 3,2 | 3,2 | 0,8 |
| лактозы | 4,8 | 4,8 | 4,7 | 4,8 |
| минеральных  веществ | 0,7 | 0,75 | 0,7 | 0,5 |

Особенностью молочного жира вторичного молочного сырья является высокая степень дисперсности. Кроме молочного жира обезжиренное молоко, молочная сыворотка и особенно пахта содержат фосфатиды (лецитин, кефалин, сфингомиелин) и стерины (холестерин и эргостерин).

К белковым азотистым соединениям, содержащимся в обезжиренном молоке, пахте и молочной сыворотке, относятся казеин, лактоальбумин, лактоглобулин, автоглобулин и псевдоглобулин. Они содержат все незаменимые аминокислоты, а также аланин, аспарагиновую кислоту, глицин, глютаминовую кислоту и др. Некоторые незаменимые аминокислоты, например, лейцин, изолейцин, метионин, лизин, треонин триптофан, представлены в белках молочной сыворотки даже в большем количестве, чем в белках молока (казеине). Во вторичном молочном сырье и особенно в молочной сыворотке присутствуют также небелковые азотистые вещества в виде мочевины, мочевой кислоты, гиппуровой кислоты, креатина и пуриновых оснований.

В обезжиренном молоке, пахте и молочной сыворотке углеводы представлены главным образом молочным сахаром (лактозой) и продуктами его гидролиза (глюкозой и галактозой). Имеются сведения о незначительных количествах пентозы (арабинозы) и лактулозы.

Минеральные вещества присутствуют во вторичном молочном сырье в виде органических и неорганических соединений. Состав минеральной части обезжиренного молока, пахты и сыворотки представлен катионами калия, натрия, магния, кальция и анионами лимонной, фосфорной, молочной, соляной, серной и угольной кислот. В сыворотке минеральных веществ несколько меньше, чем в обезжиренном молоке и пахте, так как некоторая часть солей переходит в основной продукт (сыр, творог, казеин).

В состав вторичного молочного сырья входят также микро - и ультрамикроэлементы: железо, кобальт, мышьяк, йод, кремний, германий.

Органические кислоты во вторичном молочном сырье представлены лимонной, молочной и нуклеиновой, витамины - водорастворимыми (С, В1, В2, В12, РР, пантотеновая и аскорбиновая кислоты) и жирорастворимыми (А, Д, Е).

Ферменты, содержащиеся во вторичном молочном сырье, можно разделить на гидролазы и фосфорилазы, ферменты расщепления, окислительно-восстановительные ферменты, ферменты переноса и ферменты изомеризации. При тепловой обработке обезжиренного молока, пахты или сыворотки при температуре выше 75°С ферменты обычно разрушаются [3].

## 4.1.2 Физические свойства

Обезжиренное молоко. В результате сепарирования цельного молока происходит его разделение на сливки (жировую часть) и обезжиренное молоко (нежировую часть). Обезжиренное молоко отличается от цельного большим содержанием сухого обезжиренного молочного осадка (СОМО) и меньшим количеством жира. Так, если в цельном молоке наодну часть жира приходится 2,2-2,4 СОМО, то в обезжиренном - 90 - 170.

Содержание сухих веществ в обезжиренном молоке зависит от содержания их в цельном и может колебаться от 8,2 до 9,5%.

Основные физические свойства обезжиренного молока характеризуются следующими данными: плотность 1030 - 1035 кг/м3, вязкость (1,71 - 1,75).10-3 Па. с, теплоемкость 3,978 кДж/ (кг. К), теплопроводность 0,429 Вт/ (м. К). В связи с незначительным содержанием жира плотность обезжиренного молока выше плотности цельного молока, составляющей в среднем 4028 - 1032 кг/м3, а вязкость меньше вязкости цельного молока примерно на 8-15%. Энергетическая ценность обезжиренного молока меньше по сравнению с цельным в 2 раза вследствие малого количества содержащегося в нем жира.

Пахта. Пахта образуется на стадиях сбивания или сепарирования сливок при производстве сливочного масла и представляет собой жидкую несбиваемую часть сливок. В зависимости от метода выработки масла различают следующие виды пахты: пахта, получаемая при производстве сливочного масла методом сбивания сливок - СC на маслоизготовителях периодического и непрерывного действия; пахта, получаемая при производстве сливочного масла методом преобразования высокожирных сливок - ЛВС.

Способом выработки сливочного масла во многом определяются состав и свойства шахты. Кроме того, в зависимости от вида вырабатываемого масла различают пахту, получаемую при производстве сладкосливочного масла, и пахту, получаемую при производстве кислосливочного масла.

Физические свойства пахты характеризуются следующими данными: плотность 1029 - 1035 кг/м3, вязкость (1,65 - 1,7) 10-3 Па. с, теплоемкость 3,936 кДж/ (кг. К), теплопроводность 0,452 Вт/ (м. К).

Молочная сыворотка. Молочная сыворотка является побочным продуктом при производстве сыров, творога, казеина. В зависимости от вида вырабатываемого продукта получают подсырную, творожную или казеиновую сыворотку. В процессе производства сыров, творога и казеина в молочную сыворотку переходит около 50% сухих веществ молока. Степень перехода основных компонентов молока в молочную сыворотку определяется главным образом размерами их частиц. Состав и свойства молочной сыворотки обусловлены видом основного продукта и особенностями технологии его получения.

Основным компонентом в составе сухих веществ молочной сыворотки является лактоза, которая составляет более 70%. В молочной сыворотке в среднем на 100 мл содержится 0,135 мг азота, около 65% которого входит в состав белковых азотистых соединений и около 36% в состав небелковых. Содержание белковых азотистых соединений в сыворотке колеблется от 0,5 до 0,8% и зависит от способа коагуляции белков молока, принятого при получения основного продукта (творог, сыр, казеин).

Состав углеводов молочной сыворотки аналогичен углеводному составу молока: моносахара, олигосахара и аминосахара. Основной углевод - лактоза. Из моноз в сыворотке обнаружены глюкоза и галактоза. В творожной сыворотке содержится 0,7-1,6% глюкозы, что обусловлено гидролизом лактозы при производстве творога.

В молочной сыворотке содержится 0,05-0,5% жира, что обусловлено содержанием его в исходном сырье и технологией выработки основного продукта. В сепарированной сыворотке содержание жира составляет 0,05-0,1%. Молочный жир в сыворотке диспергирован больше, чем в цельном молоке, что положительно влияет на его усвояемость.

В молочную сыворотку переходят почти все соли и микроэлементы молока, а также соли, вводимые при выработке основного продукта. Абсолютное содержание основных зольных элементов в сыворотке следующие: калий 0,09-0,19%, магний 0,009-0,02, кальций 0,04-0,11, натрий 0,03-0,05, фосфор 0,01-0,1, хлор 0,08-0,11%.

Минеральные вещества в сыворотке находятся в форме истинного и молекулярного растворов и в коллоидном состоянии, в виде солей органических и неорганических кислот. В состав неорганических солей входит 67% фосфора, 78% кальция и 80% магния. Количественное содержание анионов (5,831 г/л) и катионов (3,323 г/л) в молочной сыворотке аналогично содержанию микроэлементов в цельном молоке. Из катионов в сыворотке преобладают калий, натрий, кальций, магний и железо; из анионов - остатки лимонной, фосфорной, молочной и соляной кислот.

В подсырную сыворотку переходит 23-75% сычужного фермента, введенного в молоко. При производстве казеина сыворотка содержит некоторое количество минеральных кислот - соляной или серной.

Молочная сыворотка имеет следующие основные показатели: плотность 1022 - 1027 кг/м3, вязкость (1,55 - 1,66) 10-3 Па. с, теплоемкость 4,8 кДж/ (кг. К), рН 4,4 - 6,3, буферная емкость то кислоте 1,72 мл и по щелочи 2,32 мл, мутность 0,15 - 0,25 см-1. Энергетическая ценность сыворотки несколько ниже, чем цельного молока, а биологическая - примерно та же, что обусловливает возможность и целесообразность ее использования в диетическом питании [3].

## 4.1.3 Биологическая ценность

Биологическая ценность вторичного молочного сырья обусловлена содержанием в нем молочных белков (казеина, сывороточных белков), углеводов, жира, минеральных солей, витаминов, микро - и ультрамикроэлементов и других веществ, необходимых для нормального роста и развития организма человека и животных.

Молочный жир в обезжиренном молоке, пахте и молочной сыворотке находится в состоянии высокой степени дисперсности. Размер жировых шариков составляет 0,06 - 1 мкм, что способствует более легкому эмульгированию, омылению и усвояемости (94 - 96%) жира.

Усвояемость молочного сахара живым организмом достигает 98 - 99,7%. Наряду с энергетическими функциями лактоза выполняет функции структурного углевода. Кроме того, медленнее всасываясь, она способствует поддержанию жизнедеятельности молочных бактерий. Молочная кислота, продуцируемая из лактозы, угнетает деятельность гнилостной микрофлоры желудка, что обусловливает диетические свойства простокваши, кефира и других кисломолочных продуктов.

Больше всего в молочном белке содержится лизина. Так как в белках злаковых растений лизина содержится недостаточно, то молочный белок может существенно восполнить этот недостаток. Если принять биологическую ценность белка куриного яйца за 100 (тест белка), то для комплекса молочных белков этот показатель составит 92 (для казеина - 73, а для сывороточных белков - 110). Биологическая ценность смеси, состоящей из 76% молочного белка и 24% белка пшеницы, равняется 105 - 112, что превосходит биологическую ценность белка пшеницы (56) и превышает биологическую ценность самого молочного белка. Смесь концентрата сывороточных белков с другими растительными белками дает еще больший эффект.

Белковые вещества молочной сыворотки по своей природе близки к белкам крови (альбумин, глобулин), некоторые фракции их обладают иммунными свойствами. Небелковые азотистые соединения, особенно аминокислоты, в том числе незаменимые, представляют собой ценность для питания организма.

Вторичное молочное сырье является продуктом с естественным набором жизненно важных минеральных соединений. По минеральному составу вторичное молочное сырье идентично цельному молоку. Особую ценность представляют соединения, содержащие фосфор, кальций, магний, а также микро - и ультрамикроэлементы. В целом комплекс минеральных солей вторичного молочного сырья как по своему широкому спектру, так и по составу соединений представляется с биологической точки зрения наиболее оптимальным. Ферменты, витамины, фосфолипиды и другие биологически активные вещества обезжиренного молока, пахты и молочной сыворотки играют важную роль.

Энергетическая ценность обезжиренного молока и пахты почти в 2 раза, а сыворотки почти в 3,5 раза меньше, чем цельного молока, а биологическая ценность их примерно одинаковая. Это обусловливает целесообразность использования вторичного молочного сырья в диетическом питании людей в нынешний период, когда физические нагрузки значительно снизились, появляется тенденция к избыточной массе тела, возросли нервно-психические перегрузки и в питании имеет значение не столько его энергетическая ценность, сколько высокая биологическая полноценность [3].

## 4.2 Первичная обработка вторичного молочного сырья

## 4.2.1 Пастеризация

Процесс пастеризации вторичного молочного сырья обусловлен необходимостью подавить развитие нежелательной микрофлоры. Кроме того, три пастеризации подсырной сыворотки инактивируются остатки сычужного фермента, присутствие которого в ряде случаев при дальнейшей переработке молочной сыворотки нежелательно.

Пастеризация обезжиренного молока и пахты проводится на оборудовании и при режимах, принятых для цельного молока, но в ряде случаев режимы пастеризации (температура и продолжительность) обусловлены специальными требованиями технологического процесса производства продукта пли полуфабриката. Пастеризацию сыворотки рекомендуется проводить "низкотемпературную", т.е. при температуре 63 - 66 °С с выдержкой 30 мин.

Пастеризация осуществляется на современных установках трубчатого и пластинчатого типов с автоматическим поддерживанием температуры нагрева.

Наибольшее распространение получили автоматизированные пастеризационно-охладительные установки пластинчатого типа производительностью от 3000 до 25 000 л/ч. В состав установки типа входят уравнительный бак с клапанно-поплавковым устройством для регулирования уровня молока в баке, центробежный насос для молока, пластинчатый аппарат, сепаратор-молокоочиститель, выдерживатель, возвратный клапан, центробежный насос для горячей воды, пароконтактный нагреватель для нагревания воды и пульт управления [4].

Техническая характеристика пастеризационно-охладительной установки А1-ОКЛ-10

|  |  |
| --- | --- |
| Производительность, л/ч | 10000 |
| Температура пастеризации молока, °С | 76 - 80 |
| Выдержка молока при температуре пастеризации, с | 25 |
| Температура охлаждения молока, °С | 2 - 6 |
| Коэффициент регенерации тепла,% | 85 - 87 |
| Расход пара, кг/ч | 160 - 190 |
| Мощность электродвигателей, кВт | 16,5 |
| Габаритные размеры, мм | 5500 х 4200 х 2500 |
| Масса, кг | 3500 |



Рис. 1. Общий вид пластинчатого аппарата установки марки А1-ОКЛ-10:

1 – штуцер выхода молока из секции регенерации;

2 – станина; 3 – секция пастеризации; 4 – штуцер входа молока в секцию пастеризации; 5 – штуцер выхода молока из аппарата; 6 – штуцер входа ледяной воды;

7 – зажимной механизм; 8 – ножка; 9 – секция охлаждения; 10 – штуцер входа молока в секцию охлаждения;

11 – штуцер выхода молока из секции пастеризации;

12 – секция регенерации;

13 – штуцер входа сырого молока в секцию регенерации

## 4.2.2 Сепарирование

Из вторичного молочного сырья сепарированию подвергается только сыворотка. Сыворотку сепарируют с целью извлечения молочного жира и казеиновой пыли. Сепарирование сыворотки применяется также для выделения из нее сывороточных белков после их тепловой коагуляции при получении белкового продукта, а также при очистке от несахаров процессе производства молочного сахара. Содержание молочного жира в сыворотке, полученной при производстве сычужных сыров, составляет обычно от 0,2 до 0,6%. Содержание жира в творожной сыворотке зависит от вида вырабатываемого творога.

В сыворотке содержатся и частицы казеина в количестве 0,4 - 1%. После извлечения жира и казеиновых частиц сыворотка представляет собой кинетически устойчивую систему, практически не подвергающуюся расслоению.

Молочный жир и казеиновые частицы выделяются из сыворотки при сепарировании ее в сепараторах-сливкоотделителях. Молочный жир отделяется от сыворотки в виде подсырных сливок. Для извлечения жира и казеиновой пыли из сыворотки рекомендуется саморазгружающийся сепаратор А1-ОХС полузакрытого типа с двухсекционным барабаном. Конструкция барабана сепаратора обеспечивает центробежную пульсирующую частичную выгрузку осадка через определенные промежутки времени без прекращения подачи продукта.

Техническая характеристика сепаратора А1-ОХС

|  |  |
| --- | --- |
| Производительность, л/ч | 5000 |
| Частота вращения барабана, с-1 | 83,3 |
| Количество тарелок барабана, шт:  для осветления | 17 |
| для разделения | 82 |
| Диаметр осветлительной тарелки, мм:  максимальный | 318 |
| минимальный | 155 |
| Диаметр сниетительной тарелки, мм:  максимальный | 400 |
| минимальный | 155 |
| Угол наклони образующей тарелки, град. | 50 |
| Мощность электродвигателя, кВт | 17 |
| Габаритные размеры, мм | 11500 х 940 х 1690 |

Ниже показана принципиальная технологическая схема извлечения жира и казеиновой пыли из молочной сыворотки (схема 1).

Схема 1.



Молочную сыворотку сепарируют при 35 - 40 °С непосредственно после удаления ее из сыроизготовителя, т.е. без предварительного подогревания. Допускается хранение подсырной сыворотки перед сепарированием не более 24 ч при температуре 8 - 10 °С. Творожную сыворотку хранить не рекомендуется.

Физико-химические показатели сливок из сыворотки приведены в табл. 2.

Таблица 2.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Массовая доля жира в сливках,% | Норматив кислотности для сливок,% | |
| *подсырных* | *творожных* |
| 20 - 25 | 17 | 60 |
| 26 - 30 | 16 | 59 |
| 31 - 35 | 15 | 58 |

Полученные при сепарировании сыворотки сливки то составу и свойствам несколько отличаются от обычных. В них содержится на 3 - 4% меньше сухих обезжиренных веществ и практически отсутствует казеин. Подсырные сливки используют для нормализации смеси при выработке сыров, для выработки подсырного масла, для производства плавленых сыров и мороженого.



Рис. 2. Общий вид саморазгружающегося сепаратора А1-ОТС: 1 — гидроузел; 2 — коммуникации; 3 – крышка сепаратора; 4 — барабан; 5 - приемник осадка; 6 - станина

Для выделения из сыворотки скоагулированных белковых веществ может быть использован способ центрифугирования. Система сыворотка - хлопья белка представляет собой грубодисперсную суспензию, разделяемость ее довольно низкая, что можно объяснить значительной гидрофильностью частиц, Для выделения скоагулированных белков используют сепаратор А1-ОТС (рис.2) с периодической центробежной выгрузкой осадка.

Разделение рекомендуется проводить при температуре сыворотки 410 - 60 °С. Полученную белковую массу необходимо немедленно охлаждать или направлять на промышленную переработку [4].

## 4.2.3 Консервирование

Под консервированием понимается такая обработка молочных продуктов, в результате которой они сохраняются длительное время без разложения входящих в них белков, жиров, углеводов и других компонентов. Важно также полное сохранение природных свойств продукта при наименьших затратах.

Для сохранения качества молочной сыворотки при производстве молочного сахара можно применять формалин и перекись водорода. Формалин (формальдегид) вводится в количестве 0,025% 40% -ного раствора, перекись водорода - в количестве 0,03% 30% -ного раствора.

Известно, что (перекись водорода разлагается через 45 - 50 ч хранения сыворотки (с этого момента начинает увеличиваться ее кислотность). Формалин сохраняется в сыворотке более трех суток. При производстве молочного сахара перекись водорода инактивируется на стадии очистки сыворотки, а формалин отходит с межкристальной жидкостью (мелассой). Готовый продукт не содержит консервантов.

Возможно консервирование натуральной и сгущенной молочной сыворотки сорбиновой кислотой. В качестве консерванта можно использовать хлористый натрий (поваренную соль), который задерживает развитие основной микрофлоры сыворотки при концентрации 5-10%, а также этиловый спирт при концентрации 10%, сернистый ангидрид, аммиак и другие вещества.

Известны способы консервирования сыворотки путем сгущения и сушки. Аналогичные способы консервирования могут быть использованы для обезжиренного молока и пахты [4].

## 4.3 Биологические методы обработки вторичного молочного сырья

Целесообразность биологической обработки обезжиренного молока, пахты и в особенности молочной сыворотки обусловлена возможностью повышения питательной ценности этого сырья за счет обогащения полезными веществами. Основные направления биологической обработки: синтез белковых веществ дрожжами, использующими для своего роста и развития лактозу; гидролиз лактозы протеолитическими ферментами до более сладких моноз; микробный синтез витаминов, жира, ферментов и антибиотиков; переработка лактозы и молочную кислоту и этиловый спирт; расщепление молочных белков до свободных аминокислот [4].

## 4.3.1 Обработка микроорганизмами

Использование микроорганизмов является основным методом биологической обработки молочного сырья. На этом методе основано производство широкого ассортимента диетических кисломолочных продуктов (кефир, ацидофилин, простокваши, йогурт, кумыс, творог, напитки из пахты и сыворотки), (полуфабрикатов для пищевых целей (сыворотка сгущенная сброженная), кормовых (сыворотка обогащенная, закваска для силосования кормов, Био-ЗЦМ) и технических (этиловым спирт, молочная кислота, столовый уксус, низин и др.) продуктов.

При изготовлении молочнокислых продуктов в молочное сырье вносятся различные закваски, которые готовят на чистых культурах соответствующих видов микроорганизмов (молочнокислые бактерии, уксуснокислые бактерии, дрожжи). В результате молочнокислого брожения происходит расщепление лактозы до глюкозы и галактозы и далее до молочной 'кислоты:

С12Н22О11 + Н2О = 4СН3СНОНСООН

Лактоза Молочная кислота

Параллельно с молочнокислым брожением, как правило, протекают побочные процессы, которые обусловливают накопление продуктов распада лактозы - летучих кислот, спиртов, диацетила. Брожение прекращается самопроизвольно, когда микроорганизмы расщепляют лишь часть (около 20%) лактозы, поскольку образующаяся молочная кислота губительно действует на их дальнейшее развитие.

При внесении в молочное сырье вместе с молочнокислой закваской дрожжей идет спиртовое брожение, которое в общем виде можно представить следующим уравнением:

С12Н22О11 + Н2О = 4СН3СН2ОН + 4СО2

Лактоза Этиловый спирт Углекислота

Если протекают другие виды брожения (маслянокислое, углекислое, пропионовокислое), то они вызывают пороки молочного продукта.

Закваски - основная составная часть первичной микрофлоры кисломолочных продуктов.

Производится она в специализированных лабораториях. В настоящее время разработаны прогрессивные методы непрерывного культивирования молочнокислых бактерий с целью накапливания биомассы для приготовления концентрированных заквасок.

Принципиальная схема производства кисломолочных продуктов состоит из ряда общих технологических операций (схема 2).

Схема 2



Для приготовления некоторых кисломолочных налитков используют концентраты молочной сыворотки или белковые сывороточные концентраты, которые ускоряют процесс сквашивания, улучшают питательную ценность, органолептические и диетические свойства продуктов.

Для производства белково-углеводного концентрата (БУК) производится обработка подсырной сыворотки специальной закваской из штамма ацидофильной палочки 12б*.*

Сбражившше сыворотки проходит в ферментерах в течение 5 - 6 ч до кислотности 60 - 70°Т. Сброженная сыворотка досгущается до массовой доли сухих веществ 40 или 60%. БУК применяют при выпечке хлеба и хлебобулочных изделий.

Под действием молочнокислых микроорганизмов лактоза может сбраживаться до молочной кислоты. Молочная кислота может производиться из любого вида молочной сыворотки (подсырной, творожной, казеиновой). Технология молочной кислоты включает приготовление затора и закваски, сбраживание сыворотки, нейтрализацию, разложение лактата кальция, очистку и фильтрацию, отстой и декантацию молочной сыворотки.

Молочную сыворотку сгущают в 2-2,6 раза для того, чтобы содержание молочного сахара возросло до 10-12%. После пастеризации и охлаждения до 45°С затор засевают специальными видами молочнокислых бактерий, сбраживающих лактозу. Образующаяся в результате брожения молочная кислота периодически нейтрализуется известью или мелом, в результате чего получается лактат кальция:

2СН3СООНСООН + СаСО3 = Са (С3Н5О3) + Н2О + СО2.

Процесс брожения длится 2-2,5 суток. Сброженную сыворотку нейтрализуют известью, фильтруют и сгущают в 2-5 раз и зависимости от необходимой концентрации молочной кислоты (10 - 45%), после чего добавляют серную кислоту для разложения лактата кальция и выделения молочной кислоты:

Са (С3H5O3) + Н2SO4 = 2СН3CНОНСООН + СаSO4.

Процесс ведут при температуре 40-45°С. Затем молочную кислоту подвергают очистке активированным углем и фильтруют от гипса и активированного угля на специальном фильтре под вакуумом.

Получение этилового спирта из молочной сыворотки основано на сбраживании лактозы сыворотки специальными видами дрожжей до спирта и углекислоты:

С12Н22О11 + Н2О → СН3СНОН + 4СО2

На спирт расходуется до 95% молочного сахара, а 5% идет на образование дрожжевых клеток и побочных продуктов спиртового брожения. Суть технологии состоит в том, что исходную молочную сыворотку очищают от белков, вносят дрожжи и ведут процесс брожения при 33 - 34°С в течение 48-72 ч. Затем дрожжи отделяют от бражки, а последнюю подвергают дисцилляции. Выход спирта в условиях промышленного производства составляет 84%.

Побочными продуктами процесса получения спирта являются сывороточные белки, которые могут использоваться на пищевые цели, а также послеспиртовая бражка, которая может использоваться на корм сельскохозяйственным животным. Наряду с многими направлениями промышленного использования этиловый спирт может быть применен и в качестве сырья при производстве столового уксуса.

Производство обогащенной молочной сыворотки (кормовой добавки), использующейся для профилактики против желудочно-кишечных заболеваний молодняка сельскохозяйственных животных, основано на сквашивании сыворотки 3% -ной закваской ацидофильной палочки (штамм 12б), приготовленной на обезжиренном молоке. Культивирование указанной заквасочной культуры в сыворотке проводится в ферментерах 4-6 ч до кислотности 60-90°Т. В течение этого времени в сыворотке идет интенсивный рост биомассы молочнокислых бактерий, увеличивается количество их метаболитов и других биологически активных веществ, повышающих ее антагонистическую активность. Положительное действие обогащенной сыворотки на рост и развитие животных основано на том, что ацидофильная палочка способна легко приживаться в пищеварительном тракте животных и тормозить развитие гнилостных бактерий.

Бактериальная закваска для силосования кормов вырабатывается из молочной сыворотки путем введения специальной материнской бактериальной закваски, культивации при 30-32°С в течение 12-16 ч и охлаждения до 8-10°С. В результате применения бактериальной закваски при силосовании повышается питательная ценность кормов, их органолептические, физико-химические и микробиологические показатели. За счет активного развития молочнокислого процесса в силосе подавляется развитие маслянокислых и гнилостных микроорганизмов, а также бактерий группы кишечной палочки и плесеней.

В рецептуре Био-ЗЦМ главным компонентом является молочная сыворотка. На молочной сыворотке культивируется специальный штамм дрожжей, способный к быстрому росту и дающий высокий выход биомассы. Белок дрожжей, выращенных на молочной сыворотке, сходен с белком молока не только по наличию незаменимых аминокислот, но и по их содержанию. Важным свойством таких дрожжей является то, что они одинаково хорошо растут на всех видах сыворотки.

Для того чтобы полученная биомасса по своему составу приближалась к молочному белку, в сыворотку вносят минеральные соли: сернокислый аммоний, двузамещенный фосфорнокислый аммоний, двузамещенный фосфорнокислый калий, хлористый магний и мочевину. В процессе роста дрожжи, используя в качестве источника энергии лактозу сыворотки и молочную кислоту, превращают минеральные азотсодержащие соли в полноценный клеточный белок. При культивировании в молочной сыворотке дрожжи обогащают ее не только белком, но и витаминами группы В, провитамином D, микроэлементами и рядом других биологически активных веществ. По содержанию белка такая сыворотка приближается к обезжиренному молоку, а по содержанию витаминов и микроэлементов превосходит его. Обогащенная микробным белком и витаминами молочная сыворотка является основой Био-ЗЦМ для телят. Для дрожжевания применяют свежую творожную или подсырную сыворотку. Для лучших условий дрожжевания из нее удаляют белки, нагревая до 92-96°С. Процесс ферментации осуществляют в аппаратах, снабженных мешалкой и барбатером, при постоянном поступлении воздуха до полного использования лактозы. По окончании процесса молочная сыворотка содержит до 2,3% белка. Далее ее подвергают температурной обработке для инактивации живых клеток, сгущают до содержания сухих веществ 44-46% и попользуют при производстве Био-ЗЦМ [4].

## 4.3.2 Обработка протеолитическими ферментными препаратами

Ферменты - биологические катализаторы белковой природы, обладающие высокой активностью и специфичностью действия. Их применение значительно увеличивает скорость химических превращений, что позволяет сократить продолжительность многих технологических процессов. Спомощью ферментов может быть обеспечена также определенная направленность процессов при получении ценных компонентов продуктов питания.

Для гидролиза лактозы используют фермент β-галактозидазу. В результате гидролиза плохо растворимый и несладкий сахар-лактоза превращается в более сладкую и хорошо растворимую смесь моносахаров (глюкозы и галактозы), что позволяет широко использовать фермент для производства пищевых и кормовых продуктов. Уравнение гидролиза лактозы можно представить так:

C12H22O11 + H2O → С6H12О6 + C6H12О6.

Лактоза Глюкоза Галактоза

В результате гидролиза в моносахара превращается до 50-70% лактозы, увеличивается сладость и усвояемость готового продукта. Во многих странах пользуются популярностью кисломолочные продукты и налитки, вырабатываемые из молока с гидролизованной лактозой. Проводятся исследования по производству сыра из гидролизованного молока. Сыр, по сравнению с контрольными образцами, отличается более высокими вкусовыми качествами и ускоренным процессом созревания.

Особый интерес представляет возможность выработки продуктов и полуфабрикатов из молочной сыворотки с гидролизованной лактозой. Такие полуфабрикаты из сыворотки могут широко использоваться для приготовления различных напитков, пищевых сиропов и подслащающих веществ для кондитерской промышленности. Использование этих полуфабрикатов в хлебопечении позволяет добиться хорошей сбраживаемости опары хлебопекарными дрожжами, улучшить качество хлеба.

Сыворотку после гидролиза рекомендуется сгущать при температуре 55-65°С до массовой доли сухих веществ 40%. Продукт такой концентрации обладает сравнительно невысокой вязкостью, в нем не происходит кристаллизации лактозы.

В нашей стране и за рубежом проводятся работы по созданию и использованию иммобилизованных ферментов. Иммобилизованные ферменты - это нерастворимые вещества, в которых фермент связан с каким-либо носителем силами адсорбции или ковалентными связями, либо заключен в матрицы или микрокапсулы. Иммобилизованные ферменты сохраняют свою специфичность и активность, они могут быть легко удалены из конечного продукта, т.е. могут быть использованы многократно. Кроме того, иммобилизация повышает стабильность фермента, позволяет проводить гидролиз втечение продолжительного времени и без добавления чужеродных материалов в готовый продукт. Такие ферменты как пепсин, протосубтилин попользуются для производства сывороточного концентрата КОМС. Сывороточный концентрат КОМС вырабатывается путем сгущения подсырной или творожной сыворотки, предварительно обогащенной растворимыми азотистыми веществами и витаминами. Концентрат предназначается для производства безалкогольных напитков или напитков брожения.

Для обогащения сыворотки используют ее белковые вещества, оставшиеся после операции осветления. Белковые вещества в сыворотке диспергируют, если пропустить сыворотку через центробежный насос в течение 10 - 15 мин, ферментные препараты (пепсин, протосубтилин) готовят в виде раствора. В качестве активатора протеолитических процессов используют автолизированные пивные дрожжи. Одновременно они обогащают сыворотку витаминами группы В и аминокислотами.

Ферментацию сыворотки проводят при периодическом перемешивании в течение 3,5 - 4 ч при температуре 29°С или в течение 1 ч при 40°С. Обогащенную сыворотку нагревают до 93°С, охлаждают до 62°С, фильтруют через бязь и направляют па сгущение. Негидролизованный белок поступает на повторный гидролиз.

Ферментные препараты используются также при производстве молочного сахара-сырца улучшенного. Сущность технологии заключается в том, что в подсгущенную сыворотку для гидролиза остаточных азотистых соединений сиропа вносят ферментный препарат панкреатин при температуре 50 - 55°C [4].

5. Комплексное использование промежуточных продуктов производства молочного сахара на кормовые концентраты

Основным продуктом, вырабатываемым из подсырной сыворотки, является молочный сахар [5]. На его производство расходуется около 50% сыворотки, перерабатываемой в промышленности. При этом получаются промежуточные продукты данного производства (меласса и сывороточные белки), в которые переходит 2/3 сухих веществ сыворотки. Цикл переработки молока в плане использования всех его составных частей остается и этом случае незавершенным. Этот недостаток не исключает разрабатываемые в последние годы новые способы производства молочного сахара, такие, как способ Л.П. Фиалкова [6] с применением пороговой центрифуги и способ, основанный на гидролизе белков протеолитическими ферментами.

Производство сыра

Сепарирование сыворотки и выделение казеиновой пыли на сепараторе А1 - ОХС

Сыворотка несоленая

Сыворотка соленая

Жидкий ЗЦМ

Производство

молочного сахара

На корм скоту

Меласса

Сывороточные белки

Белковая масса

На пищевые цели

и на корм скоту

Производство ССК

На подкисление сыворотки

На корм скоту

Производство ЖСК

На корм скоту

По своему составу эти промежуточные продукты являются ценным сырьем для дальнейшей промышленной переработки.

В Северо-Кавказском филиале ВНИИМС в 1974 - 1976 гг. разработана технология получения на основе мелассы сухого сывороточного концентрата (ССК) для кормовых целей. Разработана и утверждена нормативно-техническая документация, технические условия ТУ РСФСР 49253-75 и цена (350руб. за 1т).

Данная технология внедрена на Александровском маслосырзаводе Ставропольского края с 1975 года [7]. В настоящее время на Александровском МСЗ при выработке молочного сахара используются все составные части молока. В сточные воды попадают загрязнения в незначительном количестве лишь при мойке оборудования.

Часть мелассы и сывороточных белков (альбуминного молока), которые нет возможности переработать на ССК, используются для выработки жидкого сывороточного концентрата - ЖСК [8]. Основные технико-экономические показатели поточной линии производства ССК

|  |  |
| --- | --- |
| Число агрегатов СДА-250, шт. | 2 |
| Производительность по готовому концентрату, кг/час | 34 |
| Расход пара, кг/час | 200 |
| воды, м3/сутки | 9,5 |
| Давление пара, МПа | 0,4 |
| Общая мощность установленных электродвигателей, квт | 33,6 |
| Занимаемая площадь, м2 | 25 |

Физическая экономическая эффективность производства ССК и ЖСК ми Александровском МСЗ характеризуется следующими данными.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | ССК | ЖСК |
| Себестоимость 1 т, руб. | 253,6 | 14,4 |
| Прибыль на 1 т, руб. | 96,4 | 10,6 |
| Рентабельность продукции,% | 38,8 | 73,6 |

Фенологический эксперимент по обмену веществ, использованию азота, кальция и фосфора, проведенный на фоне научно-хозяйственного опыта, показал, что перевариваемость питательных веществ была значительно выше у животных, получавших гранулы с добавлением ССК [9].

## Заключение

Исходя из всего вышесказанного, нельзя усомниться в важности рассмотренной проблемы, - вторичные молочные продукты находят применение в разнообразных областях хозяйства, но наиболее востребованы они в сельском хозяйстве. Для обеспечения сельского хозяйства дополнительными ресурсами дешевых высокобелковых витаминизированных кормов из отходов молочной промышленности необходимо решить следующие задачи: усовершенствовать технологические процессы основного производства с целью получения отходов в виде качественных кормов с полным сохранением их питательной ценности при продолжительном хранении; организовать комплексную переработку многих отходов с полным их использованием для получения белково-витаминных кормов, белковых препаратов и других отходов; освоить опытно-промышленные установки для получения дрожжевой сыворотки и совершенствовать технологию производства с целью повышения кормовой ценности биомассы и снижения себестоимости продукта; отработать технологию, оборудование и широко внедрить способ выращивания на сыворотке жидких кормовых дрожжей, исследовать и уточнить метод приготовления из сыворотки биологических препаратов и выявить эффективность их применения для силосования кормов и стимулирования роста животных; совершенствовать технологию переработки сыворотки на пищевые и кормовые продукты и пр. Таким образом, рациональное использование вторичных молочных продуктов предусматривает комплексный подход.

Считаю, что проблема, поставленная в курсовой работе - рассмотрение основных направлений разработки безотходных технологий при переработке отходов молочной промышленности в целом раскрыта.

## Литература

1. Промышленная переработка вторичного молочного сырья / А.Г. Храмцов, К.К. Полянский, С.В. Василисин, П.Г. Нестеренко. - Воронеж: Изд-во ВГУ, 1986. - с.3 - 7
2. И.Г. Лернер. Использование отходов молочной промышленности. М., 1964. С.3 - 16.
3. Промышленная переработка вторичного молочного сырья / А.Г. Храмцов, К.К. Полянский, С.В. Василисин, П.Г. Нестеренко. - Воронеж: Изд-во ВГУ, 1986. - с.8 - 15.
4. Промышленная переработка вторичного молочного сырья / А.Г. Храмцов, К.К. Полянский, С.В. Василисин, П.Г. Нестеренко. - Воронеж: Изд-во ВГУ, 1986. - с.31 - 45.
5. Храмцов А.Г. Молочный сахар. М., "Пищевая промышленность", 1972, 192 с.
6. Фиалков А.Н. Теоретические и экспериментальные исследования в целях комплексного решения проблемы рационального использования составных частей молока. Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. докт. наук. М., 1974, 39 с.
7. Босов В.М., Жилин Н.М., Нестеренко П.Г., Казьмина В.Д. Технология производства сухого сывороточного концентрата (ССК) на корм скоту. Инф. листок № 321 - 76 Ставроп. ЦНТИ, 1976, 4 с.
8. Жилин Н.М., Босов В.М., Нестеренко П.Г., Москаленко В.М., Волосевич Б.И. Технология производства жидкого сывороточного концентрата (ЖСК) на корм скоту. Инф. листок № 506 - 76 Ставроп. ЦНТИ, 1976, 2 с.
9. Нестеренко П.Г., Храмцов А.Г., Висилисин С.В., Ширяева Т.К., Жилин Н.М. И др. Комплексное использование промежуточных продуктов производства молочного сахара на кормовые концентраты / Труды ВНИИМСП / Вып.26. Ярославль, 1978, с.63 - 69.

1. «Молочная промышленность». М., Пищепромиздат, 1962, № 8, стр. 1. [↑](#footnote-ref-1)