1. **ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МОЛОЧНОМ САХАРЕ.**

**1.1. ПРИРОДА И СИНТЕЗ ЛАКТОЗЫ.**

Лактоза (молочный сахар) по современной номенклатуре углеводов относится к классу олигосахаридов, а именно дисахаридов (биоз).

Первые сведения о молочном сахаре как составной части молока встречаются в работе итальянского ученного Фабрицио Бертоллети (1633 год). Выпаривая молочную сыворотку он получил из нее «важнейшую соль молока», которое писал под названием «манна» - кашице – образная масса. Молочным сахаром полученное вещество назвал Шель (1780 год) установил, что молочный сахар относится к углеводам, и внес его в этот ряд под названием лактоза. Химическая формула лактозы С12Н22О11, структурная

## Н Н

**НО – С С**

**Н – С – ОН Н – С – ОН**

**О О О**

**НО – С – Н НО – С – Н**

**Н – С НО – С – Н**

**Н – С Н – С**

**СН2ОН СН2ОН**

Лактоза содержит 12 связанных атомов углеродов 22 атома водорода, 9 гидроксильных атомов, 1 эфирный и 1 карбоксильный. Лактоза может синтезироваться химическим и биологическим путем. Теоретический химический синтез лактозы может быть осуществлен по равенству **С6Н12О6 + С6Н12О6 ⇔ С12Н22О11 + Н2О**

**глюкоза галактоза лактоза вода**

Механизм биологического образования лактозы в организме лактирующего животного до конца еще не выяснил. Если предложить, что лактоза синтезируется в организме, то единственным источником синтеза ее является глюкоза крови, приносимая к вымени. Глюкоза пространственной перестройкой (галактозогенезом) превращается в галактозу. В молоке, кроме лактозы, содержится другие углеводы и их производные. Из моносахаридов (моноз) молока важное значения имеет глюкоза и галактоза, являющиеся структурными элементами молекулы лактоза и ее гидролиза.

* 1. **ХИМИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ**

**СВОЙСТВА ЛАКТОЗЫ.**

Лактоза относится классу активных (восстанавливающих, редуцирующих углеводов). Обладая слабыми кислотными свойствами, она связывает приблизительно 2 моля едкого натра на 1 моль сахара. Различные функциональные группы в структуре лактозы обуславливают ее большую химическую активность. Циклическая форма лактозы может переходить в альдегидную.

Гликозидная связь между монозами в лактозе может быть гидролизована химические или ферментотивно. Химический гидролиз лактозы может быть вызван действием сильных кислот (например соляной). 1 г. лактозы, нагретый до 100° С, полностью гидролизуется на глюкозу и галактозу в течении 1 ч в 100 мл 10 % - ной серной кислоты. Гидролиз соляной кислотой может протекать при низкой температуре (ниже 10° С) и при нагревании. Гидролиз лактозы осуществляется труднее гидролиза сахарозы, на практике считают, что лактоза устойчива в кислых растворах.

В щелочных растворах лактоза окисляется до сахариновых кислот, а затем осмоляется – буреет. Щелочной распад лактозы носят энольный характер а скорость его зависит от температуры. В результате нагревания лактоза и его водные растворы значительно изменяются, что определяет химизм технологических режимов. Кристаллы α – гидрата при нагревании до 87° С начинают плавится, при 100° С постепенно теряет кристаллизационную воду, а при 110° С становится безводными.

Повышение температуры, щелочная реакция среды, увеличение концентрации, наличие ионов меди и железа ускоряют образования меланоидинов из сахара, в том числе и из лактозы.

При производстве молочного сахара мелоноидиновая реакция должна быть по возможности исключена.

Лактоза сравнительно легко подвергается воздействию ферментов продуцируемых микроорганизмами. Распад лактозы осуществляется под действием лактазы, продуцируемой стенками кишечника и микроорганизмами, при чем фермент действует на α – и β формы лактозы.

Теоретически по количеству молочной кислоты в молоке можно судить о степени разложении лактозы. Направленный гидролиз лактозы до моноз осуществляется так же ферментом β – галактозидазой. Лактоза не расщепляется ферментом пивных и хлебных дрожжей. На реакции брожения лактозы основа на производство кисломолочных продуктов, сыров. При получении молочного сахара брожения необходимо исключить.

**1.3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОЛОЧНОГО САХАРА.**

Вырабатываемый промышленностью молочный сахар используют при приготовлении медицинских препаратов и в пищевой промышленности. В зависимости от потребителей молочная промышленность производить молочный сахар трех видов:

для медицинских препаратов рафинированный ;

для антибиотиков, на технические цели и для рафинации – сахар – сырец;

для пищевой промышленности – очищенный, или пищевой.

# Использование при производстве

**медицинских препаратов.**

При изготовлении медицинских препаратов молочного сахара используют в качестве инертного наполнителя, разбавителя или активного компонента. В этом случае совершенно чистый ингредиент – рафинированный, не влияющий на лечебные свойства препарата. Требования качеству оговариваются в специальной статье Государственной фармакопеи.

Содержание лактозы можно определить расчетным путем (сухие вещества минус примеси, без учета содержания глюкозы): для выработки медицинских препаратов желательно, что бы лактоза поступала в полиэтиленовых мешках в размолотом виде и без посторонних примесей, бактериально чистой: общее количество клеток в 1 г., не более 1000 сапрофитных бактерий; титр кишечной палочки не ниже 3 г., отсутствие бактерий группы салмонелла и анаэробов.

**Составление сред для ферментации.**

При производстве антибиотиков одним из главных компонентов сред для ферментации является молочный сахар – сырец или кристаллизат молочного сахара (45 % лактозы). Такое применение молочного сахара обусловлено тем, что он, медленно сбраживаясь, поддерживает реакцию среды, желательную для развития антибиотиков. Сахар должен быть стойким при хранении и иметь стандартный состав без посторонних включений и примесей (особенно белков и солей тяжелых металлов).

**Использование в пищевой промышленности.**

Молочный сахар в пищевой промышленности применяют при производстве некоторых видов карамели, помадки, шоколада и других кондитерских изделий. Лактоза стабилизирует и улучшает их окраску, вкус и запах.

В молочноконсервной промышленности лактозу применяют в качестве затравки для кристаллизации при производстве сгущенного молока. Используют «рафинированный молочный сахар, тщательно измельченный в тонкий порошок, который просеивают через сито не меньше чем 200 меш, т.е. с 80 ячейками на 1 пог. сита».

Доказано, что существует обратная зависимость между количеством затравки и размером кристаллов лактозы в сгущенном молоке.

Рафинированная лактоза для производства сгущенных молочных консервов должна отвечать следующим требований:

|  |  |
| --- | --- |
| Показатели | Характеристика |
| Вид | Рафинированная пудра |
| Цвет | Белый |
| Запах | Без запаха |
| Содержание, % не более  Воды | 0,5 |
| Золы | 0,2 |
| Хлоридов | 0,1 |
| Сульфатов | 0,1 |
| Кальция | 0,1 |
| Молочной кислоты | 0,1 |
| Солей меди, олова, свинца | Не допускается |
| Размер кристаллов, мкм, не более | 3 – 4 |

Размер кристаллов для затравки до 3 – 4 мкм обусловлен тем, что максимальные кристаллы лактозы в молочных консервах равны 10 – 25 мкм.

**II. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ПОЛУЧЕНИЯ МОЛОЧНОГО САХАРА.**

Технологические схемы получения каждого вида молочного сахара включают совокупность приемов и методов по удалению из сыворотки несахаров (балластных веществ). Для выделения молочного сахара необходимо пересыщенные растворы лактозы, что достигается путем сгущения сыворотки. Кристаллизация лактозы с обезвоживанием полученных кристаллов центрифугированием и сушкой обеспечивает получения готового продукта. При необходимости проводят повторную кристаллизацию лактозы либо улучшают очистку на стадиях технологического процесса.

**2.1 ПРОИЗВОДСТВО МОЛОЧНОГО САХАРА – СЫРЦА ИЗ ОЧИЩЕННОЙ СЫВОРОТКИ.**

Первоначальная технологическая схема получения молочного сахара – сырца включала огневую выпарку сыворотки с последующим выделением и отделением кристаллов путем прессования. Для осуществления процесса использовали котел и рычажный пресс. Затем Г. Кутырин [78] внедрил схему с выпариванием сыворотки в открытых котлах с кристаллизацией лактозы в ушатах, отделением кристаллов отслоением и сушкой их в сушилках с огневым подогревом. Процесс усовершенствовали Чебатарев (1934) и сотрудники Ленинградского химико-технологического института молочной промышленности, внедрив выпаривание в концентраторах А. Фиалкова.

А. Розанов [34] разработал промышленную схему производства сахара – сырца с включением специального оборудования: подогревателей, вакуум-аппаратов, центрифуг, фильтр – прессов и вакуум-сушилок. По результатам разработки поточно-механизированной линии производства молочного сахара-сырца (А. Фиалков и И. Нейштадт, 1959) были созданы ванны для отваривания альбумина, сушилки, кристаллизаторы.

*Внесение реагентов* осуществляют для коагуляции белков. Их вносят в нагретую сыворотку для подкисления подсырочной сыворотки до 30 - 35° Т и раскисления ее до творожной сыворотки до 10 – 15° Т.

Сыворотку подкисляют молочной кислотой, которая образуется в процессе брожения лактозы. Кислотность специально приготовленной кислой сыворотки достигает 150 – 200° Т, или 1500 *г* молочной кислоты на 100 *л*. Для подкисления можно так же использовать соляную и трихлоруксусную кислоту. Серная кислота образуется с солями кальция нерастворимые соединения, что снижает эффективность выпаривания.

Подкисление кислой сыворотки и соляной кислотой по эффективности удаления белка равноценны. Однако кислую сыворотку следует предварительно приготовить и на образование молочной кислоты расходуется лактоза, что ухудшает выход готового продукта. Для подкисления 1 *т* перерабатываемой сыворотки требуется 150 – 200 *л* кислой. Подкисление 1 т сыворотки кислой, исходя из потерь лактозы, обходится в 1 р. 70 к. (Л. Соколова, 1955). Кроме того, емкость ванн или танков для приготовления кислой сыворотки составляет обычно 5 – 10 т, т.е. они занимают значительную площадь.

При подкислении соляной кислотой на 1 т сыворотки требуется более двух литров (33%-ной концентрации). Ее стоимость (Угличский производственно – экспериментальный завод) составляет 8 коп. При использовании соляной кислоты не расходуется молочный сахар. Широкое распространение соляной кислоты в промышленности, несмотря на ее явное преимущество перед кислой сывороткой, сдерживается затруднениями при ее внесении в сыворотку, что связанно с токсичностью кислоты.

Под сырную сыворотку можно подкислять мелассой, полученной от предыдущих выработок (Кобринский завод Брестской области, И. Гнатюк). При этом не требуется специальных реагентов и используется часть лактозы, содержащейся в мелассе. Желаемая кислотность сыворотки после подкисленния мелассой равна 20 – 25° Т.

Сыворотку раскисляют растворами щелочей NaOH, Ca(OH)2, Na2CO3.

При раскислении углекислым натрием сыворотка в процессе переработки сильно вспенивается, что ограничивает его применения в промышленности. Гидроокись кальция также не нашла широкого распространения в промышленности, что объясняется трудоемкостью приготовления известкового молока. Кроме того, в этом случае кристаллизат имеет тенденцию к загустению, а на греющей поверхности вакуум – аппарата появляется значительный осадок в виде молочного камня.

Испытание кислотно-щелочного способа (HCl+NaOH) очистки сыворотки, проведенные на Угличском производственно -экспериментальном заводе, ранее использовавшем кислотной (HCl) и соляно-известковый способы, показатели, что в качестве молочного сахара не снижается, а по сравнению с применением кислотного способа даже несколько улучшается. Кристаллизат сохраняет текучую консистенцию, уменьшаются отложения нагара на греющих поверхностях выпарных аппаратов.

Появление нагара зависит главным образом от наличия кальция, поэтому интересно проследить за его изменениями в процессе коагуляции белковой сыворотки.

При раскислении сыворотки известковым молоком количество кальция в очищенной сыворотке увеличивается. Следовательно, часть кальция, введенного в сыворотку, остается в растворе способствуя в дальнейшем выпаривания осадков на греющую поверхность вакуум-аппарата и загустеванию кристаллизата при хранении. Часть кальция остается в сыворотке после хлоркальциевого способа коагуляции.

Проведенные исследования подтверждают целесообразность кислотно-щелочного способа коагуляции с использованием для раскисления раствора едкого натра.

Для внесения щелочи рекомендуется использовать установку.

Количество реагентов, необходимых для изменения кислотной сыворотки, можно рассчитать по формуле:

Кп \* Кн

Кр= Кф

где Кр – количество реагентов для изменения кислотности сыворотки;

Кп – количество реагентов, на которую необходимо изменить кислотность сыворотки;

Кн – величина градусов, на которую необходимо изменить кислотность сыворотки;

Кф – величина градусов, на которую изменилась кислотность сыворотки а предварительной пробе.

*Очистка* сыворотки осуществляется после после обработки реагентами. Ее оставляют для отстоя хлопьев белка на 1 – 1,5 ч. Часть хлопьев белка всплывает (особенно при обработке свежей сыворотки), а часть оседает в конусную часть ванны. Об окончании отстоя судят по прозрачности сыворотки с учетом предыдущих выработок. Для контроля можно рекомендовать предварительно спускать сыворотку, наблюдая за цветом жидкости. Сливают сыворотку, постепенно опуская подвижную трубу или через патрубок, установленный на уровне отстоя альбуминного молока.

После отстоя сыворотку фильтруют через ткань или центрифугируют на очистителях [167]. Цикл работы очистителя зависит от степени предварительного отстоя (его определяют практически). Обычно через один очиститель производительность 5000 л/ч можно пропускать до 8 т отстоявшейся сыворотки (две ванны). Следует тщательно следить за смазкой очистителя, так как он работает при повышенных температурах (85 – 90° С).

Чистка сыворотки собирается в промежуточную емкость (танк) из нержавеющей стали или эмалированную, откуда направляется на сгущение.

*Сгущение* сыворотки осуществляют на вакуум-аппаратах. Аппарат для сгущения сыворотки под вакуумом должен быть герметичным с подводом тепла и удалением из него воздуха (разряжение) до требуемой температуры кипения. Степень разрежения выражают величиной абсолютного давления, или вакуума. Вторичный или соковый, пар, образующейся при кипении сыворотки, конденсируется при соприкосновении с холодной водой или стенкой, охлаждаемой водой. Воздух, поступающий в аппарат с сывороткой и через не плотности, удаляют паром паровыми и и механическими вакуум-насосами. Применяют выпарные аппараты только из нержавеющей стали.

*Кристаллизация* лактозы осуществляется с учетом качества сиропа по длительному (до 35 ч) или ускоренному (до 15 ч) режимам. Для контроля за уходом процесса можно воспользоваться температурами. О правильности проведения процесса можно судить по форме (пирамида) и размеру (в среднем 0,5 мм) кристаллов, содержанием лактозы в мелассе и консистенции кристаллизата.

Конструкция кристаллизатора обеспечивает выполнение всех технологических операций процесса выделения лактозы из сиропа.

Кристализзат, освобожденный от хлопьевидного белкового осадка и промытый водой, на центрифугирование на центрифуги фильтрующего типа, фактор разделения превышает 500. В производстве молочного сахара используют центрифугу ОЦС фильтрующего типа, периодического действия с ручной верхней выгрузкой осадка.