

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

**ВОРОНЕЖСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ**

**Л.В. ГОЛУБЕВА, Л.В. ЧЕКУЛАЕВА
К.К. ПОЛЯНСКИЙ**

ХРАНИМОСПОСОБНОСТЬ МОЛОЧНЫХ КОНСЕРВОВ

**Воронеж
1999**

ББК Л965-9
УДК 637:133.7
Г 60

Голубева Л.В., Чекулаева Л.В., Полянский К.К.
Хранимospособность молочных консервов/Воронеж. гос. технол.
акад., – Воронеж; 1999. – 136 с.
ISBN 5-89448-075-2

В монографии впервые обобщены и систематизированы материалы по хранимospособности молочных консервов. Даны рекомендации по выбору оптимальных технологических режимов производства и хранения продуктов консервирования молока и молочного сырья, позволяющие получить высококачественные, стойкие при хранении и экономичные по затратам молочные консервы.

Книга предназначена для инженерно-технических работников молочной промышленности, сотрудников научно-исследовательских учреждений, специалистов служб стандартизации и сертификации молочных продуктов, учащихся и преподавателей техникумов и институтов, готовящих кадры для молочной промышленности.

Табл. 20. Ил.23. Библиогр.: 109 назв.

Печатается по решению
редакционно-издательского совета
Воронежской государственной технологической академии

Рецензенты: д-р с.-х. наук В.И.Манжесов, к.т.н. Н.М.Дегтярев

Г $\frac{4001120000}{ОК 2(03) - 99}$ – 38 *Без объявл.*

© Голубева Л.В., Чекулаева Л.В.,
Полянский К.К., 1999
© Воронеж. гос.технол. акад., 1999

Спонсор издания: ОАО “Молконсервы”, п.Олымский Курской обл
Директор В.И.Григоров

Предисловие

Молоко и молочные продукты занимают важное место в питании человека. Они обеспечивают организм благоприятно сбалансированными и легкоусвояемыми белками, жирами, углеводами, минеральными веществами и витаминами. Согласно рекомендациям Института питания Академии медицинских наук РФ ежедневное потребление молочных продуктов должно составлять 30 % общего количества пищи.

Однако молоко представляет собой высокопитательную среду для развития микроорганизмов и подвергается бактериальной и ферментативной порче. Срок хранения его, даже в охлажденном состоянии, исчисляется часами.

Производство продуктов консервирования молока, молочного сырья является важной отраслью хозяйства страны. Сгущенные и сухие молочные консервы обладают рядом функциональных свойств, которые делают их полезными и для непосредственного употребления, и при использовании в качестве основы для производства широкой гаммы продуктов из восстановленного молока, и в качестве компонентов для выработки разного рода комбинированным продуктов в пищевой, кондитерской и других отраслях промышленности. Они пригодны также для длительного хранения с последующим употреблением в пищу, удобны в транспортировке.

При производстве молочных консервов обязательно требуется удалить из молока воду, что является достаточно простой операцией. Однако природа исходного сырья, его отношение к высоким физическим температурам, способность подвергаться различным химическим и физическим превращениям в процессе обработки делают технологию производства молочных консервов наиболее сложной среди традиционных технологий.

Продукты консервирования молока, молочного сырья – это специально обработанное молоко, сливки, обезжиренное молоко, пахта, сыворотка, способные длительное время храниться без порчи, удобные для упаковывания, фасования, маркировки, длительного хранения, дальних перевозок,

высокотранспортабельные, высокопитательные, при растворении в воде легко восстанавливающиеся до исходного состояния.

В настоящей книге впервые обобщены и систематизированы материалы по хранимостпособности молочных консервов. При работе над книгой использованы материалы, опубликованные в отечественной и зарубежной литературе, а также результаты научно-исследовательских работ, выполненных авторами.

Книга предназначена для инженерно-технических работников молочной промышленности, сотрудников научно-исследовательских учреждений, специалистов служб стандартизации и сертификации молочных продуктов, учащихся и преподавателей специализированных техникумов и институтов, готовящих кадры для молочной промышленности.

Авторы выражают глубокую признательность рецензентам рукописи: заведующему кафедрой Воронежского государственного агроуниверситета, проф. Манжесову В.И., генеральному директору ЗАО "Воронежмолоко", к.т.н. Дегтяреву Н.М. за ценные советы и замечания, которые учтены при окончательном редактировании книги.

Замечания и предложения по книге просьба направлять по адресу: 394000 г. Воронеж, пр. Революции, 19, Воронежская государственная технологическая академия, Кафедра технологии молока и молочных продуктов.

Эта книга стала последней для выдающегося ученого в области производства молочных консервов – профессора **Лидии Васильевны Чекулаевой**. Вся ее жизнь была связана с молочноконсервной промышленностью. Она автор многочисленных публикаций, монографий, учебных пособий; соавтор учебников "Технология молока и молочных продуктов" для технологических вузов по молочной промышленности. В течение многих лет проф. Л.В.Чекулаева свой опыт и знания щедро отдавала студентам и аспирантам, подготовив высококвалифицированных специалистов, которые продолжают ее дело на предприятиях молочноконсервной промышленности, в научно-исследовательских институтах и вузах страны.

Глава 1. Общее понятие о хранимостпособности

Хранимостпособность пищевых продуктов следует рассматривать, как их способность оставаться неизменными по значениям исходных показателей состава и свойств на срок установленного для них хранения, характеризуемого теми или иными конкретными условиями. Изменения продукта могут быть как обратимыми, так и необратимыми, что зависит от многих причин, среди которых наибольшего внимания заслуживают изменения ферментативной природы.

По хранимостпособности из молочных продуктов к молочным консервам можно отнести те продукты, которые сохраняют свое исходное качество не в условиях холодильного хранения по меньшей мере 4 недели. Исходя из этого при консервировании используют те или иные способы, воздействующие на микроорганизмы.

Надежность сохранения пищевого продукта при его хранении, проявляющегося в неизменности сенсорных, химических или физических свойств и в исключении деятельности возбудителей болезней, обеспечиваются, главным образом, в результате интенсивного воздействия на микрофлору. Качество формируется в процессе производства, главным образом, при концентрировании, механической и тепловой обработках. Исходное качество должно сохраниться в норме требований во все сроки хранения. Неизменность качества характеризуется многими показателями и, прежде всего, сохранением способности восстанавливаться полностью до исходного состояния при соответствующем концентрированию растворении в воде. Одним из показателей качества является стойкость продуктов, характеризующая способность их сохраняться без порчи, без изменения исходного качества, в течение длительного времени.

Основным параметром консервирования пищевых продуктов является активность воды. Консервирование характеризуется как процесс создания в продукте комплекса условий недоступности воды для ферментов и микроорганизмов,

действие и существование которых зависят от наличия доступной для них воды.

Для отдельных пищевых продуктов, зная возможный качественный состав микрофлоры и потребность отдельных видов ее в воде, которая выражается через активность воды (a_w), возможно прогнозирование такого значения величины этого показателя, при котором жизнедеятельность микроорганизмов будет подавлена или полностью прекращена. С другой стороны, при необходимости получения продукта консервирования, например, молока цельного сгущенного с сахаром, который обладал бы текучестью по соответствующему ему значению показателя активности воды (a_w) можно заранее прогнозировать виды микроорганизмов, которые смогут развиваться и снижать качество продукта и жизнедеятельность каких будет надежно подавлена.

Активность воды позволила решить проблему модели пищевого продукта. Эта модель характеризуется такими показателями, как $V_{пр} = 25 \%$, $a_w = 0,85$. Этому требованию отвечают сгущенные молочные консервы, в частности молоко цельное сгущенное с сахаром (МЦСС). Зная a_w продукта и отношение к его значению различных видов микроорганизмов можно к началу хранения продукта уже сказать какие виды микроорганизмов будут жизнедеятельны, а какие даже при их присутствии (остаточная микрофлора), не будут жизнедеятельны, а, следовательно, их присутствие не вызовет порчи продукта.

В промышленном производстве используются следующие основные способы выработки консервов:

- концентрирование сгущением, концентрирование сгущением при одновременном растворении в воде, того или иного консервирующего средства, суммарно обеспечивающего наибольшее снижение активности воды;
- тепловая стерилизация предварительно сконцентрированных сгущением нормализованных смесей, обеспечивающая уничтожение микроорганизмов как в вегетативной, так и в спорной формах;

- концентрирование предварительно сгущенного молока, нормализованных смесей и молочного сырья сушкой, обеспечивающей полное удаление всей свободной, доступной для микроорганизмов воды.

Растворение пищевых веществ в воде консервируемого молока, нормализованных смесей и молочного сырья характеризуется как химическое, а сгущение и последующая сушка – как физическое обезвоживание. Обработка в процессе консервирования придает молочным консервам способность в течение длительного времени в определенных условиях сохраняться без порчи и при последующем растворении в воде, соответствующем кратности концентрирования, восстанавливаться до исходного состояния.

При получении молочных консервов, независимо от приемов обработки, изменения исходных свойств и соотношений между составными частями сухого вещества должны быть минимальными. И действительно, в таких, например, продуктах, как молоко цельное сгущенное с сахаром, молоко цельное сухое, молоко сгущенное стерилизованное практически сохранены натуральные соотношения между отдельными составными частями сухого вещества, в частности соотношения между массовой долей жира и массовой долей сухого обезжиренного молочного остатка в них.

Консервировать можно только такое молоко цельное, которое при его концентрировании, тепловом и механическом воздействии того или иного назначения в процессе консервирования, и далее, при установлении условий хранения, не утрачивает способности восстанавливаться до исходного состояния.

Прогнозирование устойчивости пищевых продуктов в хранении необходимо для получения представления о тех или иных изменениях состава и свойств, которые возможны в условиях установленного и выбранного для каждого из них режима гарантийного хранения (срок, температурно-влажностные условия, герметичность упаковывания продукта в тару и др.). Прогнозирование следует рассматривать как одно из условий обеспечения гарантийного качества продукта. В

прогнозировании устойчивости качества нуждаются все молочные продукты длительного хранения, в том числе и молочные консервы. При прогнозировании необходимо экспериментально устанавливать значения основных показателей, которые в наибольшей степени отражают и направление изменения качества продукта в зависимости от условий хранения.

Прогнозирование сроков хранения пищевых продуктов осуществляется с учетом:

- факторов, воздействующих на устойчивость продуктов при хранении: химическая природа и структура продукта, влажность воздуха и температура хранения, вид упаковки;
- процессов, протекающих в продуктах при хранении: химических, физических, биохимических, микробиологических;
- факторов, наиболее объективно (или субъективно) определяющих изменения качества: вкус, запах, цвет, консистенция, количество окисленных веществ и т.д.

Основными исходными данными для прогнозирования являются узаконенные требования стандарта на каждый продукт. При наличии нормативных (стандартных) допусков, значений органолептических, физико-химических и микробиологических показателей в производственных условиях требуется выбирать такие партии закупаемого молока, при консервировании которого будет обеспечено получение хранимospособных продуктов стандартного состава и свойств.

Продукты консервирования молока рассчитаны на длительное хранение. Их исходное качество должно остаться в норме стандартных требований на протяжении установленного для них срока хранения. Сроки хранения, как гарантийные, устанавливаются и научно обосновываются с учетом возможных изменения исходного качества в зависимости от условий хранения – температуры и относительной влажности воздуха в хранилищах.

Изменение качества и даже порча продуктов консервирования молока могут происходить под влиянием многих факторов, а поэтому протекают по-разному. При полном

соблюдении режимов и параметров технологии, а также установленных условий хранения, как правило, все продукты консервирования молока сохраняют качество в норме стандартных требований на протяжении гарантийных сроков хранения. При соблюдении установленных режимов хранения продуктов, изменение их качества при хранении возможно под влиянием того, что исходное молоко имело разные показатели состава и свойств.

Глава 2. Технологические факторы, влияющие на стойкость продуктов консервирования молока

2.1 Влияние состава молока на хранимоспособность молочных консервов

При производстве продуктов консервирования к молоку предъявляются повышенные требования, так как отклонения в органолептических свойствах сырого молока не только полностью сохраняются в готовых продуктах, но и усиливаются в результате концентрации сухих веществ и удалении воды при сгущении в 2 -- 2,5 раза. Качество продуктов консервирования молока при этом резко ухудшается и любая обработка или переработка некачественного молока не позволяет получить высококачественные продукты.

Многие исследователи [4,13,29.30,104] подчеркивали, что хорошее качество сырого молока является наиболее важным условием производства стойких продуктов консервирования молока.

Под качеством молока в производстве молочных консервов подразумевается его химический состав, физические свойства, соотношение отдельных компонентов, микробиологические и органолептические показатели, а в отдельных случаях его способность не коагулировать под воздействием высоких температур [72,73].

Консервируют молоко, в котором (массовые доли) 87,47 % воды, 4,08 % жира, 8,75 % СОМО, в том числе 3,52 % белка,

4,5 % лактозы, 0,73 % золы. Соотношение Ж/СОМО колеблется в пределах 0,4 -- 0,69 [101].

Состав и свойства молока непостоянны и зависят от периода лактации, кормления, возраста, породы коров, климатических и географических условий. По данным [2,43,44,59,71,76,102], массовые доли основных компонентов молока уменьшаются весной. Максимальная массовая доля сухих веществ, жира наблюдается осенью и зимой, а белка летом и осенью.

Весной и летом белки молока более диспергированы, средний размер частиц казеина на 10 % меньше, по сравнению с размером частиц казеина в молоке, полученном в зимний период. При увеличении массовой доли кальция, а также тепловом воздействии мицеллы укрупняются, казеиновый комплекс постепенно становится менее устойчивым, что при концентрировании может привести к его коагуляции [53,103].

При подборе молока для консервирования необходимо учитывать содержание в нем сывороточных белков. Молозиво, сывороточных белков в котором в 20 – 25 раз больше, чем в нормальном молоке, непригодно для выработки продуктов консервирования по причине снижения тепловой стойкости. Поэтому согласно требованиям технологических инструкций для производства молочных консервов нельзя использовать молоко раньше чем через 7 дней после отела. По этой же причине не допускается выработка продуктов консервирования молока из стародойного молока.

Углеводная часть молока представлена в основном лактозой, на долю которой приходится около 90 % всех сахаров. Лактоза в молоке растворена, содержание ее колеблется незначительно, а из возможных при консервировании изменений заслуживают внимания только перенасыщение и связанная с ним кристаллизация.

Молочный сахар или лактоза в химическом отношении представляет собой дисахарид, состоящий из двух остатков гексоз-глюкозы и галактозы и является специфическим углеводом, присутствующем только в молоке, формула которого

$C_{12}H_{22}O_{11}$ [35]. Структура лактозы определена и ее точное химическое название – 4-β-Д-галактопиранозил-Д-глюкоза.

В коровьем молоке массовая доля лактозы колеблется от 4,5 до 5,2 % и составляет в среднем 4,7 % [7,39].

Микроэлементы, входящие в состав молока, влияют на его технологические свойства. Добавление в рационы коров кобальта и меди повышает стойкость продуктов консервирования.

В молоке присутствуют карбонильные соединения, в среднем их масса составляет (мг/л): формальдегид 0,002, ацетальдегид 0,0–15, ацетон 0,15, бутанон 0,07, пентанон-2 0,008, гексанон 0,005. От содержания карбонильных соединений зависит формирование вкуса и аромата продуктов консервирования молока.

В молоке постоянно присутствуют такие ферменты, как пероксидаза, каталаза, редуктаза, фосфатаза и в незначительном количестве липаза и амилаза. В целях повышения стойкости сгущенных молочных консервов режимы обработки при консервировании должны обеспечить инактивацию всех ферментов.

Исходя из сущности консервирования, для получения стойких молочных консервов молоко, используемое для их производства, должно быть бактериально чистым. Количественный и качественный состав микрофлоры сырого молока колеблется в широких пределах и зависит от многочисленных факторов. При получении молока на ферме почти на 90 % состав микрофлоры формируется за счет микрофлоры оборудования. Как правило, это молочнокислые стрептококки (50 – 95 %), бактерии группы кишечной палочки (около 10 %), микрококки (до 10 %).

Молоко сырое обладает бактерицидными свойствами. Они сохраняются при 0 °С – 48 часов, а при 30 °С – всего лишь 3 часа.

Таким образом, состав и свойства основных компонентов молока, поступающего на молочноконсервные комбинаты, подвержены значительным сезонным изменениям и существенно влияют на стойкость молочных консервов.

2.2 Сахароза, как консервирующее средство

При производстве сгущенных молочных консервов с сахаром в качестве консервирующего средства используется сахароза. Ее применение не оказывает неферментативного влияния на качество продуктов. Она не вступает в реакцию с составными частями сухого вещества молока. Роль сахарозы сводится только к регулированию доступности воды для микроорганизмов.

Сахароза применяется в виде сахара-песка (или рафинада). Как известно, в сахарном песке должно быть не менее 99,75 % сахарозы, не более 0,05 % редуцирующих веществ и не более 0,14 % воды. Только при таких показателях состава сахарный песок может быть использован для консервирования молочного сырья, так как в этих условиях исключено изменение качества продукта как неферментативной, так и ферментативной природы. При наличии в сахаре инвертного сахара выше установленной нормы, уже в процессе производства создаются благоприятные условия для образования меланоидинов с последующим ухудшением качества продукта в целом. Избыточная против нормы влажность сахара способствует жизнедеятельности самых разнообразных видов микроорганизмов.

Растворение сахарозы в воде сопровождается гидратацией молекул. В растворах часть воды остается свободной и чем раствор концентрированнее, тем меньше в нем свободной воды, необходимой для жизнедеятельности микроорганизмов. Именно этим явлением и объясняются консервирующие свойства сахаров.

Активность воды, равная 0,83 – 0,85, обеспечивается в молоке цельном сгущенном с сахаром при массовой доле сахарозы в воде продукта 62,5 – 63,5 %. Таким образом, расходуется много сахара-песка. Наряду с сахаром-песком допускается использование сахара-рафинада (ГОСТ 22) и жидкого сахара (ТУ 10.04-800), но все же наиболее распространено в молочной промышленности использование сахара-песка (ГОСТ 21).

Отличительной особенностью сахарозы является то, что она остается в продукте инертной, не вступает ни в какие

реакции с составными частями сухого вещества молока, полностью растворена и, главное, продукт при этом не утрачивает текучести.

Активность воды молока цельного сгущенного, равную 0,83 – 0,85, теоретически вполне можно обосновать и при растворении в его воде других пищевых компонентов, таких, например, как поваренная соль, глюкоза, фруктоза, глюкозо-фруктозные смеси. Эти компоненты, также как и сахароза, связывают часть свободной воды в продукте и она становится недоступной для микроорганизмов. Но соль не обеспечит надлежащих вкусовых качеств, а другие сахара будут выпадать в кристаллы и вступать в реакции с составными частями сухого вещества молока.

На молочноконсервных комбинатах (МКК) сахар-песок преимущественно хранится в мешках, однако, весьма перспективным является хранение в специальных емкостях или бункерах. При хранении в мешках снижается оборачиваемость мешкотары, усложняется уход за сахаром, возникают большие потери его, возможно загрязнение воздуха складских помещений плесенью и дрожжами. Исходя из этого строго нормируется относительная влажность воздуха: при хранении в мешках она должна быть не более 70 %, а температура – не более 20 – 22 °С. Бункерное же хранение осуществляется при следующих режимах: температура не более 20 °С, относительная влажность воздуха не более 65 %. Помещение для хранения сахара-песка должно быть изолировано от остальных помещений, также сахар следует предохранять от насекомых: пчел, муравьев и др.

Сахар-песок в мешкотаре с полиэтиленовыми вкладышами можно хранить длительное время без потерь качества в неотапливаемых помещениях. Полиэтиленовая пленка надежно защищает сахар-песок от влаги. Нормируемая массовая доля влаги в сахарном песке не должна превышать 0,14 %. Увлажнение сахара сопровождается образованием и накоплением редуцирующих веществ, образованием меланоидинов, изменением цветности и уменьшением содержания аминного азота. Особенно опасно увлажнение, когда в сахарном песке массовая доля инвертного сахара более 0,05 %.

При увлажнении сахара создаются благоприятные условия для жизнедеятельности микроорганизмов. Следует заметить, что существует тесная взаимосвязь между ростом микрофлоры и накоплением в сахаре редуцирующих веществ.

Установлено соотношение основных видов микрофлоры максимально увлажненного сахара-песка (рис.2.1) и зависимость роста количества микроорганизмов в 1 г сахара от степени его увлажнения (рис. 2.2) [42,53].

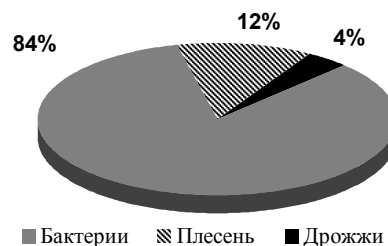


Рис. 2.1.
Количественное соотношение микроорганизмов в сахаре-песке

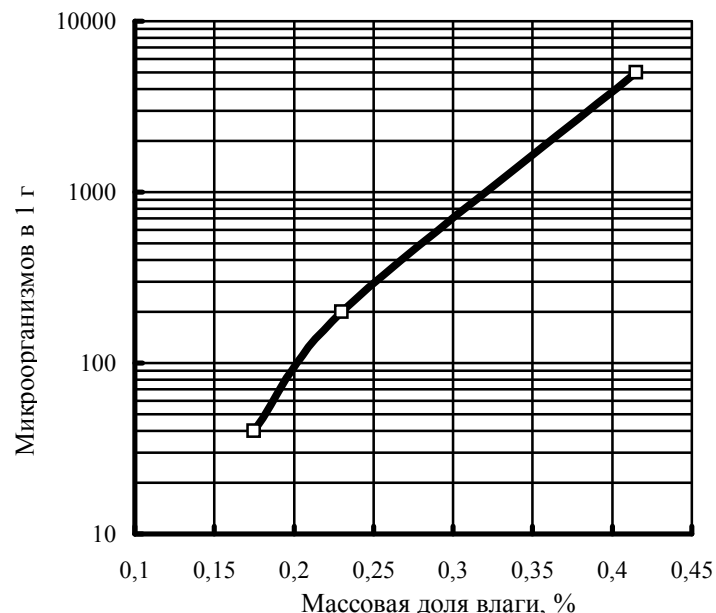


Рис. 2.2. Рост количества микроорганизмов в зависимости от массовой доли влаги сахара-песка

Сахар может быть источником загрязнения продукта самыми разнообразными видами микроорганизмов, в том числе термофильными. Более того, сахар-песок является основным источником попадания в продукт термофильных анаэробных микроорганизмов, споры которых обладают исключительно высокой термоустойчивостью и сохраняются даже при стерилизации. Исследования показали, что если в сахарном песке были обнаружены бактерии рода лейконосток и они не были уничтожены по ходу технологического процесса, то в молоке цельном сгущенном с сахаром, для которого использовался этот сахарный песок, отмечается декстрановое брожение, сопровождающееся сильным загустеванием продукта [23,24]. Температура 30 °С оказалась оптимальной для

жизнедеятельности бактерии рода лейконосток, только при 5 °С их развитие несколько приостанавливается [53,104]. Также в сахаре-песке часто встречаются микрококки. Сахарный песок – источник обсемененности дрожжами молока цельного сгущенного с сахаром. Только в увлажненной среде возникают процессы инверсии и создаются условия для развития дрожжей. Основным источником проникновения дрожжей на завод являются мешки с сахаром-песком (мешкотара). Зародыши дрожжей и плесени находятся на поверхности мешков и в их ткани. От основного источника дрожжи распространяются по заводу воздушными потоками, флягами, одеждой и руками рабочих. При стандартной относительной влажности воздуха в сахаре-песке дрожжи отсутствуют.

Поскольку сахарный песок не является стерильным продуктом, то, чтобы исключить возможность загрязнения молока цельного сгущенного с сахаром его микрофлорой, необходима и обязательна соответствующая его обработка. Технически более доступна и достаточно эффективна тепловая обработка раствора сахара. Для растворения сахара может быть использована как питьевая вода, так и вода молока. При периодическом способе производства продукта, когда сгущение производится в циркуляционных, периодически действующих вакуум-аппаратах, преимущественное распространение получило растворение сахара-песка в питьевой воде, т.е. приготовление водных сахарных сиропов. Для непрерывно-поточного способа производства предусмотрено растворение сахара-песка в молоке цельном до прибавления к нему компонента нормализации по Жм/СОМОм.

2.3 Сырье для новых видов молочных консервов

Для производства новых видов молока сгущенного с сахаром “Олымское”, “Верховское” и др. используется молоко цельное сухое по ГОСТ 4495 [25]. По физико-химическим, органолептическим и микробиологическим показателям молоко цельное сухое должно отвечать требованиям действующего на него стандарта. Массовая доля влаги и кислотность

нормируются в зависимости от способа сушки и вида тары. В герметически упакованном продукте распылительной сушки массовая доля влаги не должна превышать 4 %. Растворимость продукта высшего сорта распылительной сушки, упакованного в потребительскую тару, не более 0,2 см³ сырого осадка.

Вне зависимости от способа сушки, вида тары и сорта нормируются массовая доля жира (не менее 20 % и не менее 25 %), чистота продукта (не ниже второй группы), соли тяжелых металлов. Слабый кормовой привкус и отдельные пригорелые частицы не допускаются в продукте высшего сорта. Не допускаются: патогенные микроорганизмы, бактерии группы кишечной палочки (в 0,1 г продукта). Общее количество микроорганизмов нормируется в зависимости от сорта.

Для производства молока цельного сгущенного с сахаром “Олымского” и “Верховского” дополнительной технологической операцией является восстановление сухого цельного молока. Растворение сухого цельного молока в воде и получение восстановленного осуществляется в емкостях с мешалками. Сухое молоко растворяют в воде с температурой от 40 до 60 °С, затем пропускают через металлическую сетку с размером ячеек 3×3 мм для освобождения от крупных нерастворившихся комочков.

Восстановленное молоко немедленно охлаждают до температуры (6 ± 2) °С и хранят при этой температуре четыре часа с целью набухания белков, устранения водянистого привкуса и достижения требуемой плотности.

Выпуск широкого ассортимента продуктов консервирования обусловлен также использованием различных наполнителей, добавок и ароматизаторов [18,19,22,21,62,92,98].

2.4. Хранимоспособность молочных консервов, обусловленная технологией

Отличительная особенность технологии молочных консервов – исключение возможных необратимых изменений состава и свойств как молока цельного и других видов молочного сырья в процессе изготовления, так и многочисленных продуктов

их консервирования, как минимум, в сроки их гарантийного хранения. Это означает, что при растворении в воде, количество которой полностью соответствует кратности их концентрирования сгущением (для сгущенных) или сгущением и сушкой (для сухих), должно быть обеспечено и обеспечивается восстановление исходных к началу технологической обработки показателей состава и свойств молока.

Для всех видов сгущенных молочных консервов технологическая схема следующая:

- оценка качества и учет массы молока;
- очистка молока;
- охлаждение молока в связи с резервированием;
- кратковременное резервирование в целях отбора пробы от массы молока на варку, исследование этой пробы, отбор пробы и оценка качества компонента нормализации по O_m и внесение его в молоко, перемешивание полученной нормализованной смеси, выполнение расчетов массы сахара и сахарного сиропа на варку;
- тепловая обработка нормализованной смеси;
- резервирование перед сгущением;
- сгущение выпариванием нормализованной смеси с сахарным сиропом и частные технологические операции;
- приготовление сахарного сиропа;
- охлаждение молока цельного сгущенного с сахаром;
- фасование продукта.

На рис. 2.3 представлена технологическая схема производства сгущенных молочных консервов с сахаром.

2.4.1. Приемка и оценка качества сырья

Молоко коровье сразу после выдаивания, в течение непродолжительного времени находится в состоянии естественной хранимости, т.е. так называемой бактерицидной фазе. Эти свойства сохраняются: при 0 °С – 48 часов, а при 30 °С – всего лишь 3 часа. В этот период молоко полностью сохраняет все естественные составные части. Необратимых или обратимых изменений состава и свойств молока и отдельных составных

частей его не происходит. Но этот срок очень непродолжителен. Чтобы продлить сроки хранимособности натурального молока необходимо соответствующим образом его обработать.



Рис.2.3. Технологическая схема периодического способа производства сгущенных молочных консервов с сахаром

Оценка качества принимаемого молока производится в полном соответствии с требованиями стандарта на закупаемое молоко, стандартов и технологических инструкций на вырабатываемые продукты. Обязательно определяют плотность, чистоту, микробиологическую обсемененность молока (по редуктазной пробе) и массовые доли жира, сухого молочного остатка и сухого обезжиренного молочного остатка. Для контроля используют стандартные методы [28].

Подача молока на дальнейшую обработку предусмотрена в потоке, чаще всего с помощью центробежных насосов. Они просты по устройству, легко разбираются для промывки, обеспечивают равномерную подачу молока без каких-либо изменений его исходного качества и надежно создают требуемый напор.

2.4.2. Очистка молока

Молоко, предназначенное для консервирования, должно быть очищено от посторонних примесей и микроорганизмов, которые снижают качество продуктов и затрудняют дальнейшую обработку молока механическими и тепловыми приемами. Предварительное выделение микроорганизмов из молока значительно повышает эффективность последующего воздействия режимов обработки на оставшуюся микрофлору, в том числе тепловой обработки молока перед выпариванием, и обеспечивает улучшение качества готового продукта.

Очистка – обязательная операция технологического процесса. Оседая на поверхностях, соприкасающихся с молоком, примеси и микроорганизмы увеличивают гидравлические и теплообменные сопротивления, сокращают продолжительность непрерывной работы аппаратов, усложняют санитарно-техническое обслуживание технологического оборудования и молокопроводов. Для очистки молока на предприятиях применяют фильтрование и центрифугирование. Очистка должна быть высокоэффективной, так как при хранении молочных консервов в мелкой жестяной таре, как правило, без их

периодического переворачивания, по закону гравитации частицы нерастворимых посторонних примесей осядут на дно или поднимутся в верхние слои продукта, и следовательно, при употреблении продукта могут быть обнаружены, снижая тем самым его потребительскую ценность, не говоря уже о том, что при хранении не исключены также и те или иные биохимические изменения с участием возможных механических примесей и микроорганизмов.

Следует помнить, что предварительное выделение из молока микроорганизмов способствует значительному повышению эффективности последующей тепловой обработки нормализованных смесей перед выпариванием в вакуум-выпарных аппаратах и обеспечивает получение продукта консервирования молока требуемого качества. Обязательным становится микробиологический контроль эффективности очистки принимаемого молока, формируемого отдельными партиями (варками).

В настоящее время наиболее распространено применение сепараторов-молокоочистителей, к очистке молока в которых применяют предварительный подогрев молока до 35 – 40 °С или без подогрева. При использовании молокоочистителей, частота вращения барабана которых составляет 8000 об/мин, при 33 °С, из молока выделяется до 48 % микроорганизмов. Эффективность очистки молока при температуре 5 – 10 °С – наименьшая. Использование специального сепаратора-молокоочистителя А1-ОХО для очистки холодного молока снижает затраты на энергоресурсы и не оказывает отрицательного воздействия на составные части молока [47].

В результате центробежной очистки получается молоко I группы чистоты, количество бактерий снижается на 50 – 80 % и качество молока повышается на один класс по редуктазной пробе [43,44]. Центробежной очисткой на сепараторах-молокоочистителях нельзя добиться полного удаления из молока цельного микроорганизмов. Эффект бактериальной очистки молока до 99,9 % дает его бактофугирование после пастеризации при 70 – 72 °С с выдержкой 15 с [15].

2.4.3. Охлаждение и резервирование молока

В случае если очищенное без подогрева молоко синхронно и без задержки подвергается очередной обработке по ходу процесса, то необходимости в его охлаждении не возникает, поскольку возможность образования свободной молочной кислоты в результате жизнедеятельности микрофлоры практически невелика. Однако в промышленных условиях, как правило, молоко после очистки резервируют, поэтому следующим общим очередным приемом обработки молока является его охлаждение в целях подавления жизнедеятельности микроорганизмов.

Режимы охлаждения устанавливаются в зависимости от срока резервирования, но учитывая при этом качественный состав его микрофлоры. Известно, что в молоке преобладают микроорганизмы, образующие молочную кислоту, поэтому при резервировании, не превышающем 10 часов, в молочноконсервной промышленности предусмотрено охлаждение до 4 – 8 °С. При таком режиме значительно подавляется жизнедеятельность всех микроорганизмов.

В результате охлаждения молока сырого в нем изменяется содержание аминного азота, увеличивается вязкость, снижается термоустойчивость.

Обработка молока охлаждением необходима и для более полного сохранения исходных химического состава и физико-химических свойств. Отдается предпочтение поточному охлаждению молока. При выдержке при 3 – 5 °С через 1 сутки отмечалось, что термостойкие микроорганизмы подавляются; кишечная палочка увеличивается в 4 раза; энтерококки растут, но медленно; кислотность молока не изменяется или увеличивается на 0,5 °Т; молоко остается термоустойчивым. Через 3 суток – не отмечаются существенные изменения количества микроорганизмов и увеличения титруемой кислотности, но разрушаются витамины на 30 %, нарушается физико-химическое равновесие в молоке, создаются благоприятные условия для жизнедеятельности психротрофных микроорганизмов, если они

окажутся в составе микрофлоры, а присутствие стафилококков может сделать молоко опасным для здоровья человека.

Резервирование молока при 10 °С в течение 1 – 3 суток сопровождается увеличением свободных жирных кислот, появлением окисленного и прогорклого привкуса. Температура охлаждения считается критической, хранение при этой температуре не более 24 ч.

При охлаждении молока в потоке липолиз молока слабее, чем при охлаждении в емкости. Мягкий жир более чувствителен к липолитическим изменениям, чем жир более твердой консистенции.

Следует особо остановиться на хранении молока сырого, имеющего температуру ниже 10 °С. Такая температура способствует развитию холодоустойчивых бактерий, чаще всего видов *Pseudomonas* и *Achromobacter*, способных вызывать разложение белков и жира. При этом в молоке почти полностью отсутствуют молочнокислые бактерии.

В молочной промышленности часто резервируют молоко сырое до 2 – 3 суток после предварительного охлаждения его до 5 – 0 °С. В молоке отмечается подавление жизнедеятельности термостойких микроорганизмов и энтерококков. Через 1,5 суток и даже к исходу третьего дня хранения титруемая кислотность практически не изменяется, но отмечается разрушение витаминов, некоторое нарушение исходного физико-химического равновесия компонентов молока и, главное, интенсивное развитие психротрофных микроорганизмов, отличающихся высокой липолитической и протеолитической активностью. Образуются свободные жирные кислоты, частично гидролизуются белок, изменяется содержание аминного азота, увеличивается вязкость в результате образования межмолекулярных мостиков, снижается термоустойчивость, появляются посторонние, несвойственные свежему молоку, привкусы салостости, прогорклости. Активизируется деятельность ферментов прежде всего липазы.

Промежуточное резервирование очищенного и охлажденного молока необходимо только при периодическом способе производства. Оно обусловлено выполнением расчетов

нормализации и по продолжительности может различаться. При непрерывно-поточном способе производства молочных консервов необходимость в резервировании отпадает.

Липолиз молока – серьезная проблема в молочной промышленности. Из-за липолиза молока, охлажденного до 2 – 6 °С с последующим хранением при этой температуре до 24 ч и более, происходят изменения в физико-химическом равновесии компонентов молока. Липолиз молока необходимо контролировать эталонным методом определения свободных жирных кислот в молоке.

Для предотвращения изменения качества закупаемого молока при резервировании необходимо проводить его термизацию молока. Сущность термизации состоит в том, что молоко предварительно пастеризуется при 60 – 63 °С в течение 15 с и только после этого оно охлаждается до 4 – 6 °С и хранится в течение 48 часов без существенного изменения.

2.4.4. Регулирование состава молока

Следующая стадия технологического процесса – регулирование состава молока или нормализация. На предприятиях молочноконсервной промышленности применяется только нормализация смешением. Расчет массы компонентов нормализации проводится на основании сравнения $J_{\text{м}}/\text{СОМО}_{\text{м}}$ и $J_{\text{пр}}/\text{СОМО}_{\text{пр}}$. В качестве компонента нормализации используются обезжиренное молоко и сливки. Включение допусков стандартных показателей состава продуктов консервирования молока в нормативные документы позволяет максимально сократить, а для отдельных продуктов почти полностью исключить необходимость регулирования состава молока цельного в том случае, если в сыром молоке отношение $J_{\text{м}}/\text{СОМО}_{\text{м}}$ близко к требуемому. Исключение процесса нормализации способствует кратковременному резервированию молока, положительно влияет на качество продукта и повышает эффективность производства [95,101].

Если в цельном молоке для производства молока цельного сгущенного с сахаром O_m больше или меньше $O_{пр}$, то проводится регулирование состава до $Ж_{пр}/СОМО_{пр} = 0,421$.

Особенностью проведения процесса нормализации при производстве молока цельного сгущенного с сахаром “Верховского” является получение в готовом продукте $Ж_{пр}/СОМО_{пр} = 0,425$.

За рубежом (Великобритания) исследователи утверждают, что оптимальный состав молока цельного сгущенного с сахаром для наибольшей хранимостпособности: $СОМО_{пр} = 23 \%$, $Ж_{пр} = 10 \%$, $САХ_{пр} = 39 - 42 \%$ или $Ж_{пр} = 9 \%$, $СОМО_{пр} = 22 \%$.

2.4.5. Гомогенизация нормализованных смесей

В производстве молочных консервов для повышения однородности и регулирования вязкостных свойств продукта, улучшения стойкости при гарантийном хранении находит все большее применение процесс гомогенизации [5,11,12].

Из всех видимых под микроскопом структурных элементов молока лучше других просматриваются жировые шарики. Они находятся во взвешенном состоянии в водных растворах молока и в совокупности составляют в нем молочный жир или самую крупную дисперсную эмульсионную систему. В молоке цельном сгущенном с сахаром молочный жир представлен большим количеством отдельных, независимых один от другого жировых шариков. Каждый из жировых шариков имеет собственную оболочку, которая не позволяет им слипаться в единую, сплошную массу.

Количество и размер жировых шариков в молоке непостоянны и зависят от породы, условий кормления и содержания, стадии лактации, возраста животного и целого ряда других факторов. В среднем в 1 мл молока цельного находится около 3 млрд. жировых шариков. Размеры жировых шариков колеблются в широких пределах: от 0,5 до 20 мкм [35,38]. При электронном микроскопировании установили, что размеры жировых шариков колеблются в пределах 0,1 – 15 мкм [78,88].

Считают, что жировые шарики имеют сферическую форму в то время как электронным микроскопированием установлено [78], что они могут быть и овальными, и в форме эллипсоидов вращения.

Жировые шарики несут на своей поверхности электрический заряд, поэтому они способны перемещаться в определенном направлении под действием электрического поля. Изменение состава молочной плазмы может влиять на свойства оболочек жировых шариков, а следовательно, и на стабильность жировой дисперсии [16,85]. Отмечается [40], что в зависимости от значения активной кислотности среды заряд поверхности жирового шарика может иметь различную величину. При более высоких рН этот заряд отрицательный, при более низких – положительный. Подвижность жировых шариков в электрическом поле постоянного тока колеблется в пределах $2,51 - 2,56 \cdot 10^4$ см²/В при 25 °С. Кроме того, было установлено, что после гомогенизации подвижность жировых глобул возрастает.

Молоко, поступающее на предприятия молочной промышленности, всегда содержит дестабилизированный жир массой от 0,34 до 0,79 г на 1 кг молока [80,81].

В процессе производства молока цельного сгущенного с сахаром молочный жир в основном сохраняет свои исходные состав и свойства. Концентрирование сухого вещества, в том числе и жира, тепловое и механическое воздействие не вызывает существенных изменений жировой фазы молока. Степень дисперсности жировой фазы в продукте после выработки практически остается той же, что и в исходном молоке, преобладают жировые шарики размером 1 – 3 мкм, количество их в 1 г продукта колеблется в пределах 6 – 40 млрд [70].

Известно, что повышение степени дисперсности компонентов жидкой неоднородной системы во всех случаях способствует ее большей устойчивости к расслоению независимо от того, естественным или искусственным путем происходит последнее. Наиболее изученным и эффективным способом диспергирования молочного жира и повышения вязкости является гомогенизация в гомогенизаторах клапанного типа, обеспечивающих перепад давления до 30 МПа.

По данным [31], с увеличением давления гомогенизации количество жировых шариков повышается, а их диаметр уменьшается. Так, если до гомогенизации количество жировых шариков со средним диаметром 3,16 мкм составляло 2,5 млрд. в 1 мл, то в результате гомогенизации при 15 МПа оно увеличилось до 8 млрд., а средний диаметр уменьшился до 1,62 мкм. С повышением давления до 17,0 – 17,5 МПа их количество возросло до 10,6 млрд. при среднем размере 1,57 мкм. Повышается общая суммарная поверхность жировых шариков в продукте и, следовательно, повышается его вязкость.

Гомогенизация необходима для улучшения качества молока цельного сгущенного с сахаром. В промышленности для гомогенизации молока применяют специальные аппараты – гомогенизаторы. Наиболее распространенным является гомогенизатор высокого давления клапанного типа, в которых молоко под действием высокого давления проходит через узкую щель, вследствие чего жировые шарики дробятся и их число увеличивается в 1200 раз [92].

Механизм процесса гомогенизации заключается в диспергировании жировых шариков, которое может быть достигнуто только при воздействии на молоко значительного внешнего усилия, вызываемого перепадом давлений, ультразвуковой или высокочастотной обработкой и т.д.

Гомогенизация сопровождается адсорбцией белка и агломерацией жира. При повышении степени дисперсности молочного жира, в молоке при гомогенизации изменяется состав адсорбционных слоев жировых шариков, перераспределяются некоторые составные части молока между жировой фазой и молочной плазмой, а также изменяются состав и свойства белков молока.

Вязкость гомогенизированного молока повышается при увеличении давления. Повышение вязкости гомогенизированного молока обусловлено возрастанием общей поверхности жировой фазы, а также увеличением адсорбции белков молока на оболочках шариков.

Лучшим режимом гомогенизации в производстве молока цельного сгущенного с сахаром авторы считают 14,5 – 15,0 МПа (рис. 2.4) [31].

Основное преимущество гомогенизации – повышение кинетической устойчивости дисперсии молочного жира. Ввиду значительной величины натуральных жировых шариков (средний диаметр 3 – 4 мкм) и их тенденции к склеиванию друг с другом и образованию скоплений из свежего молока довольно быстро (в течение 2 – 3 час) выделяется жировая фаза. Жировые шарики вследствие меньшей плотности жира по сравнению с плазмой поднимаются и образуют слой. При гомогенизации уменьшаются размеры жировых шариков и увеличивается их общее число, что существенно замедляет отстаивание белково-жирового слоя.

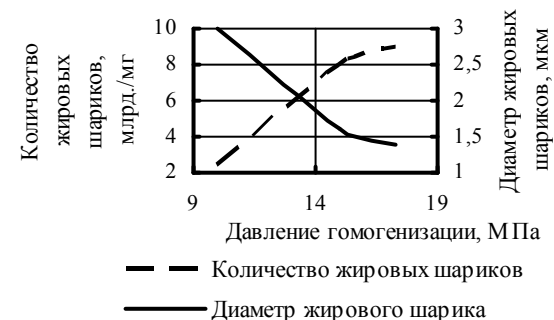


Рис. 2.4. Зависимость количества и размера жировых шариков от давления гомогенизации

Таким образом, повышение стойкости молока цельного сгущенного с сахаром при гарантийном хранении возможно при уменьшении размеров жировых шариков гомогенизацией молочной смеси.

2.4.6. Тепловая обработка нормализованных смесей

Тепловая обработка молока перед сгущением – одна из основных операций технологического процесса при

производстве продуктов консервирования молока, применяемая для предохранения их от порчи и повышения стойкости при хранении. К режимам тепловой обработки перед выпариванием предъявляются следующие требования: высокая эффективность воздействия на весь спектр микрофлоры молока и ферменты, максимально возможное сохранение исходных свойств молока.

Тепловая обработка в производстве сгущенных молочных консервов с сахаром осуществляется в последние годы во всем мире в объемных двухкорпусных вакуум-аппаратах, которые работают в непрерывном режиме при постоянном контроле массовой доли сухих веществ. При этом повышается качество продукта, и полностью соблюдаются требования технологической инструкции для режимов тепловой обработке нормализованных смесей. Тепловая обработка нормализованных смесей с последующим выпариванием в пленочных вакуум-выпарных аппаратах осуществляется в потоке, при полном соблюдении предусмотренных режимов, обеспечивающих высокую эффективность теплового воздействия на микрофлору и ферменты, при отсутствии необратимых изменений обрабатываемого молочного сырья [68].

В отличие от сгущенных стерилизованных молочных консервов, при производстве сгущенных молочных консервов с сахаром только в процессе тепловой обработки нормализованных смесей выполняется основная задача консервирования – максимально возможное уничтожение микрофлоры и инаktivация ферментов. Как известно, для этих продуктов при выполнении всех технологических операций, которые следуют за тепловой обработкой, не предусмотрено уничтожение микроорганизмов. Следовательно, остаточная микрофлора нормализованной смеси после ее тепловой обработки становится остаточной микрофлорой продукта. По своему качественному составу она не способна к жизнедеятельности в получаемом готовом продукте, поскольку в результате консервирования сахарозой показатель доступности воды для микроорганизмов, который характеризуется показателем активности воды, составляет 0,83 – 0,85. При таких значениях показателя активности воды в продукте полностью исключается

возможность жизнедеятельности остаточной после тепловой обработки нормализованных смесей микрофлоры [61].

Согласно теории пастеризации эффективность ее определяется зависимостью температуры тепловой обработки от ее продолжительности

$$\ln \tau_D = \alpha - \beta \cdot t,$$

где τ_D – достаточная продолжительность тепловой обработки, с;

α, β – коэффициенты, зависящие от устойчивости микрофлоры и среды;

t – температура тепловой обработки, °C.

Г.А.Кук установил, что практически полное уничтожение патогенной и максимально возможное всей другой микрофлоры при сохранении исходного качества молока обеспечивается, если $\alpha = 36,84$ и $\beta = 0,48$ [47].

Для предостережения от стремления увеличить продолжительность теплового воздействия в целях повышения эффективности тепловой обработки, Г.А.Куком предложен критерий завершенности процесса, названный им критерием Пастера. Это безразмерная величина, представляющая собой отношение фактической продолжительности тепловой обработки τ_f к достаточной τ_D , $P_a = \tau_f / \tau_D$. Процесс тепловой обработки считается оптимальным и завершенным, если $\tau_f = \tau_D$.

В производстве сгущенных молочных консервов применяют следующие режимы тепловой обработки:

- 90 – 95 °C без выдержки;
- 90 – 95 °C с вынужденной выдержкой не менее 30 минут при 70 – 75 °C;
- 95 °C с выдержкой 10 минут;
- выше 100 °C без выдержки (или с вынужденной выдержкой не менее 30 минут при 70 – 75 °C).

Исходя из требований к тепловой обработке, ее эффективность должна быть не ниже 99,999 – 99,9999 %. По качественному составу в остаточной микрофлоре молока после тепловой обработки недопустимо присутствие липолитических и

протеолитических микроорганизмов, которые при развитии в молоке цельном сгущенном с сахаром вызывают пороки вкуса и запаха: салостый, прогорклый, нечистый.

Молоко подвергают тепловой обработке не только для уничтожения бактерий, но и в целях инактивации ферментов, так как оставшиеся после пастеризации ферменты (протеаза и липаза) отрицательно влияют на качество готового продукта.

Исследованиями доказано, что в результате тепловой обработки молока при 85 – 87 °С липаза уничтожается не полностью. В некоторых партиях молока даже при 90 °С остается фермент, и только при температуре выше 95 °С липаза полностью разрушается. Фермент, оставшийся в молоке после тепловой обработки, не инактивируется при сгущении и вызывает прогоркание молока цельного сгущенного с сахаром.

Тепловая обработка воздействует на белки молока: фракции казеина перераспределяются, изменяется молекулярная структура сывороточных белков. Общее количество сывороточных белков молока за счет денатурации уменьшается в 2 – 3 раза, казеиновые частицы укрупняются на 10 – 35 % [14,38,109].

По данным [35], чем выше температура тепловой обработки молока, тем интенсивнее происходит процесс его загустевания. Очевидно, термообработка молока вызывает денатурацию белковых молекул, в первую очередь, сывороточных белков альбумина и глобулина, что в дальнейшем отражается на вязкости сгущенных молочных консервов с сахаром. Исследованиями [73,102,103] установлено, что различные температуры тепловой обработки оказывают неодинаковое воздействие на консистенцию молочных консервов. Наиболее благоприятными являются температуры 74 °С и выше 100 °С. Изучение влияния на вязкость сгущенного молока нагревания обезжиренного молока перед сгущением с 65,6 до 149 °С, выдержкой от 1 до 120 с и последующим охлаждением до температуры сгущения показало, что изменение вязкости обусловлено изменением белков. Скорость увеличения вязкости была меньше в случае, когда применяли повышенные температуры предварительной обработки молока [106]. Влияние

охлаждения после высокотемпературной обработки на уменьшение вязкости молока цельного сгущенного с сахаром отмечалось и другими исследователями [74]. При температуре пастеризации молока 95 – 97 °С и после регенерации 65 – 70 °С вязкость молока цельного сгущенного с сахаром снижалась до 2 Па·с и порока загустевания не отмечалось.

В то же время, как показали исследования [104], при тепловой обработке молока при температуре выше 110 °С молоко цельное сгущенное с сахаром может иметь жидкую консистенцию, вследствие чего наблюдается отстаивание белково-жирового слоя с последующей его порчей при хранении продукта [85].

Увеличение размера частиц казеина, комплексообразование фракций сывороточных белков и казеина при повышенных температурах тепловой обработки молока (115 °С, 130 °С) обуславливают снижение вязкости молока цельного сгущенного с сахаром, так как исключается возможность дальнейшего комплексообразования белков продукта [51,71].

Тепловая обработка практически не оказывает существенного влияния на молочный жир. Длительная выдержка при высоких температурах приводит к незначительному гидролизу триглицеридов и изменению их жирокислотного состава [15].

Установлено, что во время тепловой обработки и сгущения, наряду с дроблением жировых шариков, происходит их укрупнение, вызывающее в дальнейшем (в случае жидкой консистенции продукта) отстаивание белково-жирового слоя, прогоркание и осаливание жира в нем.

Проведенные исследования показывают, что температура тепловой обработки выше 110 – 112 °С более эффективна, но в условиях применения трубчатого пастеризатора с промежуточной емкостью без регенеративной секции она приводит к тому, что продукт имеет пониженную вязкость, сохраняющуюся при длительной выдержке.

В весенне-летний период, когда наблюдаются увеличение массовой доли сухих веществ, растет кислотность, повышается склонность продукта к загустеванию, рекомендуется температура

тепловой обработки 105 – 106 °С. При данной температуре не происходит резкого увеличения размеров частиц белка и в дальнейшем получается продукт с низкой вязкостью.

В осенне-зимний период при пониженной массовой доле сухих веществ в молоке цельном следует применять температуру 95 – 96 °С, которая способствует увеличению размера частиц казеина и некоторому повышению вязкости готового продукта. Более высокая температура тепловой обработки в данный период приводит к получению молока цельного сгущенного с сахаром слишком малой вязкости. При хранении такого продукта может произойти отстой белково-жирового слоя с последующим его прогорканием и осаливанием [46,52].

Вязкость готового продукта зависит от температуры и продолжительности сгущения. Оптимальными считаются температура не выше 57 – 59 °С и продолжительность не более 2 – 2,5 ч.

Длительное воздействие высоких температур может привести к нарушению структур белков, оболочек жировых шариков, комплексообразованию аминокислот с углеводами и другим необратимым изменениям, в результате которых снижается пищевая и биологическая ценность, а также стойкость продуктов консервирования.

Следовательно, качество продуктов консервирования молока во многом зависит от правильности выбора режимов тепловой обработки сырья, который следует выбирать с учетом сезонных изменений состава и свойств молока.

2.4.7. Способы консервирования нормализованных смесей

В отличие от технологии масла, сыра, творога, сметаны молоко, соответствующее требованиям стандарта при закупке и предназначенное для консервирования, *не перерабатывается*, а только бережно *обрабатывается* с учетом его пригодности для этой цели. Предусмотренные приемы обработки молока, с одной стороны, обеспечивают максимально возможную неизменность его составных частей и, с другой, предусмотренную хранимостпособность.

Каждый из приемов обработки должен обеспечить высокую эффективность при наименьшем отрицательном воздействии на составные части молока. Обратимость (восстанавливаемость) состава и свойств молочных консервов при употреблении должна быть достаточно полной.

В соответствии с перечисленными направлениями воздействия на микроорганизмы для консервирования молока и молочного сырья в промышленном производстве используются следующие основные способы обработки:

- концентрирование сгущением;
- концентрирование сгущением при одновременном растворении в воде, того или иного консервирующего средства, суммарно обеспечивающего наибольшее снижение активности воды;
- тепловая стерилизация предварительно сконцентрированных сгущением нормализованных смесей, обеспечивающая уничтожение микроорганизмов, как в вегетативной, так и в споровой формах;
- концентрирование предварительно сгущенных молока, нормализованных смесей и молочного сырья сушкой, обеспечивающей полное удаление всей свободной, доступной для микроорганизмов воды при одновременном воздействии на ферменты.

Растворение пищевых веществ в воде консервируемого молока, нормализованных смесей и молочного сырья характеризуется как химическое, а сгущение и последующая сушка – как физическое обезвоживание.

Обработка в процессе консервирования придает молочным консервам способность в течение длительного времени в определенных условиях сохраняться без порчи и при последующем растворении в воде, соответствующем кратности концентрирования, восстанавливаться до исходного состояния.

Отмеченная особенность консервирования молока цельного и молочно-белкового лактозосодержащего сырья (молоко обезжиренное, пахта, сыворотка, их смеси) подчеркивается и в наименованиях молочных консервов –

молоко цельное сгущенное с сахаром, молоко цельное сухое, молоко сгущенное стерилизованное.

При получении молочных консервов, независимо от приемов обработки в целях консервирования, изменения исходных свойств и соотношений между составными частями сухого вещества должны быть минимальными и действительными. В таких, например, продуктах, как молоко цельное сгущенное с сахаром, молоко цельное сухое, молоко сгущенное стерилизованное практически сохранены натуральные соотношения между отдельными составными частями сухого вещества, в частности, соотношения между массовой долей жира и массовой долей сухого обезжиренного молочного остатка в них.

Консервировать можно только такое молоко цельное, которое пригодно для этой цели. Это означает, что при его концентрировании, тепловом и механическом воздействии того или иного назначения, в процессе консервирования, далее при установлении сроков и режимов хранения, оно не утрачивает способности восстанавливаться до исходного состояния.

Комплексы нормируемых требований к пригодности молока для консервирования включены в технологические инструкции на продукты консервирования молока.

Все, что изложено по пригодности для молока цельного имеет непосредственное отношение и регламентировано для продуктов консервирования молока обезжиренного, пахты, сыворотки и их смесей.

Микробиологическая стабильность любого пищевого продукта, т.е. исключение в нем ферментативных изменений, зависит главным образом от значений активности воды в этом продукте. В пищевых продуктах скорость ферментативных процессов обусловлена: распределением в них участвующих в реакции веществ; подвижностью субстрата, определяемой агрегативным состоянием и структурой продуктов; активностью воды; температурой. Изменения качества молочных консервов с сахаром ферментативной природы могут иметь место и обусловлены такими находящимися в продукте микроорганизмами, которые способны к жизнедеятельности при

значениях активности воды в нем 0,83 – 0,85. Присутствие таких микроорганизмов может быть следствием нарушения установленного режима тепловой обработки нормализованных смесей. При длительном хранении продукта микроорганизмы постепенно вымирают, но их внутриклеточные ферменты, воздействуя на составные части продукта, в той или иной степени изменяют качество продукта (гидролиз жира липазой и др.). Ферментативные процессы возможны, когда ферменты сохраняют свою активность в свободно движущейся воде при значениях активности воды более 0,45 [8,68,71].

Молочнокислые и протеолитические бактерии, кишечная палочка не приспособлены к низкой активности воды продукта. В таких условиях развиваются только одна группа – цветные микрококки, обладающие особой устойчивостью. Они способствуют образованию вкуса и запаха, связанных с разложением белков и жира при хранении и загустеванию продукта. При хранении молока цельного сгущенного с сахаром общее количество микроорганизмов зависит от температуры хранения. Дрожжи и плесени также способны к жизнедеятельности при низких значениях активности воды.

Исходя из сущности консервирования, для получения стойких молочных консервов молоко, используемое для их производства должно быть бактериально чистым. Количественный и качественный состав микрофлоры сырого молока колеблется в широких пределах и зависит от многочисленных факторов. При получении молока на ферме почти на 90 % состав микрофлоры формируется за счет микрофлоры оборудования. Как правило, это молочнокислые стрептококки (50 – 95 %), бактерии группы кишечной палочки (около 10 %), микрококки (до 10 %) [8,104].

В соответствии со значениями показателя активности воды и качественного состава микрофлоры стойкость в хранении молока цельного, цельного сгущенного и цельного сгущенного с сахаром обеспечивается по-разному (табл.2.1).

Т а б л и ц а 2.1
Влияние активности воды на стойкость в
хранении молока
и молочных продуктов

Сырье, продукт	Способ регулиру- вания a_w	Значения		Воздействие на микрофлору	Стойкость в хранении
		a_w	$P_{осм},$ МПа		
1	2	3	4	5	6
Молоко цельное	Нет	0,99 – 0,95	0,6 – 0,7	Растут все виды микрооргани- змов	2 – 3 дня при температуре около 0 °С
Молоко цельное сгущенное	Сгущение в 3 – 4 раза (продукт текуч)	0,90 – 0,88	3 – 4	Подавление жизнедеятел- ьности лишь некоторых видов микрооргани- змов	5 – 8 дней при температуре 5 – 8 °С

О к о н ч а н и е т а б л. 2.1

1	2	3	4	5	6
Молоко Цельное сгущенное с сахаром	Сгущение и растворение сахара в оставшейся воде (продукт текуч, $САХ_{пр} =$ 62,5–63,5 %)	0,85 – 0,83	16 – 18	Подавление жизнедеятел- ьности остаточной микрофлоры после тепловой обработки нормализова- нной смеси перед сгущением	12 месяцев при температуре 0 – 10 °С

Зная a_w продукта и отношение к его значению различных видов микроорганизмов можно к началу хранения продукта уже сказать какие виды микроорганизмов будут жизнедеятельны, а какие даже при их присутствии (остаточная микрофлора) не будут жизнедеятельны, а следовательно, их присутствие не будет опасным для продукта.

Жизнедеятельность микроорганизмов зависит не от абсолютной влажности продукта, а только от относительной влажности пара над этим продуктом, т.е. от значения a_w , характеризующую доступность продукта к воздействию окружающей атмосферы.

Стойкость продукта во многом определяется его общей бактериальной обсемененностью. Исходная микробиологическая загрязненность молока цельного сгущенного с сахаром, как правило, по общему количеству не превышает 1000 клеток в 1 г продукта при титре кишечной палочки более 3 г, содержания протеолитических микроорганизмов и энтерококков не более десятков или сотен клеток в 1 г и полном отсутствии липолитических микроорганизмов, дрожжей и плесеней.

Согласно исследованиям [77] общее количество микроорганизмов в 1 г свежеработанного молока цельного сгущенного с сахаром колеблется от 490 до 28 000 клеток.

Изменение микрофлоры молока цельного сгущенного с сахаром в процессе его хранения зависит от осмотического давления, анаэробных условий среды и температуры хранения консервов.

Высокое осмотическое давление в продукте зависит от концентрации растворимых веществ, которая увеличивается в результате сгущения и добавления сахара. При высоком осмотическом давлении, развитие микроорганизмов резко подавляется. В таких условиях могут развиваться только осмофильные микроорганизмы, к которым относятся некоторые виды микрококков, отдельные виды дрожжей и плесеней [8].

Присутствие в сгущенных молочных консервах с сахаром микрококков крайне нежелательно. Они способны сбрасывать лактозу, сахарозу, глюкозу, галактозу по типу молочнокислого брожения. Некоторые из них, выделяя липолитические

ферменты, способствуют расщеплению жира с появлением прогорклого вкуса. Отдельные виды их термостойки, поэтому они обнаруживаются в остаточной микрофлоре стерилизованного молока. Размножаясь в молоке цельном сгущенном с сахаром, микрококки вызывают следующие пороки: под воздействием ферментов типа сычужного – загустевание, горький, а иногда сырный вкус; под воздействием молочной кислоты – кислый вкус, загустевание, а под действием липолитических ферментов – прогорклый вкус. При большом количестве микрококков, обладающих липолитической и протеолитической способностью, возможно загустевание молока цельного сгущенного с сахаром.

При несоблюдении санитарно-гигиенических правил ухода за технологическим оборудованием, нарушения условий хранения сахара возможно обсеменение продуктов консервирования микрококками, дрожжами и плеснями, в результате жизнедеятельности которых при хранении продуктов в них могут произойти различные изменения. Газообразование является следствием попадания в продукт дрожжей. *Torula lactis-condensi*, *Torula globosa*, сбраживающие сахарозу, образуют газы и создают давление внутри банки, достигающее 0,4 – 0,5 МПа. Действие *Torula globosa* слабее, чем *Torula lactis-condensi*.

Вторичная микрофлора – это та микрофлора, которая в связи с нарушением санитарного режима может попадать в нормализованную смесь после ее тепловой обработки перед поступлением ее на выпаривание в вакуум-выпарной аппарат, в процессе выпаривания, при охлаждении продукта и последующего фасования его в тару. Жизнедеятельность вторичной микрофлоры в готовом продукте, упакованном в тару, зависит от ее видов.

Нормализованная смесь после тепловой обработки, сахар-песок, сахарный сироп, вода для сахарного сиропа и технологическое оборудование на стадии тепловой обработки (перед выпариванием), процесс фасования продукта обязательно подвергается микробиологическому контролю на содержание осмофильных микрококков, дрожжей и плесеней. Только при отсутствии этих видов микроорганизмов может быть

гарантировано исключение тех или иных изменений продукта ферментативной природы. Лишь в исключительных случаях, при допущении нарушений установленного режима тепловой обработки нормализованных смесей перед выпариванием, в результате неполного уничтожения микрофлоры и инактивации ферментов, возможно ухудшение качества и даже порча продуктов консервирования молока сгущением и сахарозой.

При хранении нередко случаи порчи молока цельного сгущенного с сахаром в результате обсеменения его в процессе производства и при негерметичной укупорке дрожжами, плеснями и другими видами высокоосмофильных микроорганизмов. Выявлены основные источники и причины возникновения перечисленной микрофлоры [53,103], ими оказались: вода, сахар, какао-порошок и другие добавки и наполнители, серьезные нарушения санитарно-гигиенических условий производства..

Например, из образцов молока цельного сгущенного с сахаром пониженного качества были выделены и изучены дрожжи, которые были причиной бомбажа продукта. Дрожжи были охарактеризованы как факультативные анаэробы, обладающие высокой ферментативной активностью, способные развиваться при температурах 20 – 30 °С, а некоторые виды даже и при 10 °С. Они показали устойчивость к высоким показателям массовой доли сахарозы в водной части продукта. После тщательного изучения были выяснены и источники попадания этих видов дрожжей в молоко цельное сгущенное с сахаром. Ими оказались: смывные воды, остатки продукта предыдущих варок и вода, которая использовалась для приготовления сахарного сиропа [53].

Промежуточная емкость (если используется) для нормализованных смесей после тепловой обработки перед подачей в вакуум выпарной аппарат является одним из источников загрязнения. Исследования показали, что общее количество микроорганизмов увеличивается в 3 – 4 раза, а кишечная палочка в 10 раз в тех случаях, когда промежуточная емкость плохо подготовлена к приему нормализованной смеси [72,103].

Предупреждение попадания в молоко цельное сгущенное с сахаром спорообразующих палочек и плесени достигается:

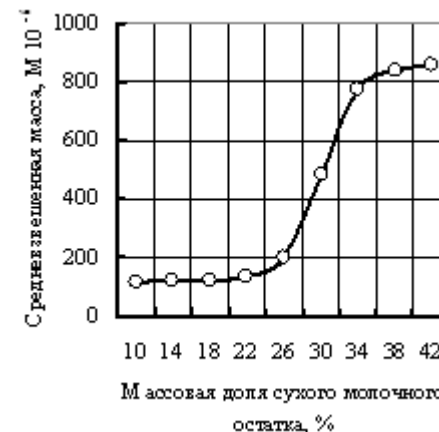
- доведением растворов сахара в воде до кипения;
- строгим соблюдением предусмотренных режимов мойки и стерилизацией технологического оборудования и трубопроводов;
- изолированием помещений для хранения сахарного песка и приготовления сахарного сиропа, а также фасования продукта от других производственных помещений;
- обработкой воздуха в перечисленных выше помещениях;
- хранением сахарного песка в помещении с устройством регулирования параметров микроклимата.

Качество продуктов консервирования зависит от процесса сгущения нормализованной смеси после ее тепловой обработки.

При выпаривании ККФК теряет заряд, но стойкая водная оболочка даже при частичной потере заряда препятствует соединению частиц ККФК. Только при массовой доле казеина в водной части более 18 – 20 % происходит потеря текучести, так как происходит образование новой структуры.

Поверхностное натяжение при сгущении увеличивается. При $СМО_{см} = 46 – 51 \%$ оно составляет 54-55 дин/см². рН снижается, гидратная оболочка уменьшается, усиливается взаимодействие между частицами ККФК, увеличивается их средневзвешенная масса (при $СМО_{сг} = 42 \%$ в 7 раз с 120 до $859 \cdot 10^{-6}$ м), возрастает вязкость. Уже при удалении 30 % воды улетучиваются почти все ароматические вещества. (рис.2.5, 2.6).

Установлена математическая зависимость для определения средневзвешенной массы казеиновых частиц M при изменении сухого молочного остатка $СМО$ от 28 до 40 %.



$$M = 163,3 + 40,9 t \eta [0,26(СМО - 30)],$$

где t – температура, °С;
 η – вязкость, Па · с.

Рис. 2.5. Изменение средневзвешенной массы частиц казеина при



Рис.2.6. Изменение вязкости обезжиренного

В процессе концентрирования молочных смесей кислотность изменяется в зависимости от их состава, определяемого соотношением $Ж_{см}/СОМО_{см} = О_{см}$ (табл.2.2).

Т а б л и ц а 2.2

**Изменение кислотности нормализованной смеси
при концентрировании в зависимости от O_{cm}**

$O_{cm}=0,315$; $СМО_{cm}=12,1\%$		$O_{cm}=0,400$; $СМО_{cm}=13,0\%$		$O_{cm}=0,500$; $СМО_{cm}=13,2\%$	
Кислотность, °Т	$СМО_{сг}$, %	Кислотность, °Т	$СМО_{сг}$, %	Кислотность, °Т	$СМО_{сг}$, %
39	25	43	24,7	43,0	25,3
42	26	46	25,7	46,9	26,3
45	27	49	26,7	50,7	27,3
48	28	52	27,7	54,5	28,3
51	29	55	28,7	58,3	29,3
54	30	58	29,7	62,2	30,3
57	31	61	30,7	66,0	31,3
61	32	64	31,7	69,8	32,3
67	33	68	32,7	73,6	33,3
70	34	71	33,7	77,4	34,3
73	35	74	34,7	81,2	35,3
76	36	77	35,7	85,1	36,3
80	37	80	36,7	88,9	37,3
83	38	83	37,7	92,7	38,3
-	39	86	38,7	96,5	39,3
-	-	89	39,7	100,3	40,3
-	-	93	40,7	104,2	41,3
-	-	-	24,7	106,0	41,5

Вне зависимости от степени концентрирования свойства молочного жира не изменяются. Он остается в состоянии эмульсии, жировые шарики сохраняют свою индивидуальность, как и в исходном молоке.

В промышленности широко используются двухкорпусные вакуум-выпарные аппараты с естественной циркуляцией. Отличительной особенностью процесса сгущения в них является:

- необходимость быстрого и одновременного заполнения рабочих объемов корпусов выпариваемой смесью или ее компонентами в начале процесса;
- возможность тепловой обработки молочной смеси в подогревателях установки;
- возможность выпуска сгущенного продукта на охлаждение, как одновременно из обоих корпусов

вакуум-выпарного аппарата, так и всей варки из второго корпуса [94].

Концентрирование молочной смеси сопровождается увеличением ее плотности, которая зависит от ее состава и температуры (табл.2.3).

Т а б л и ц а 2.3

**Изменение плотности молочной смеси
в зависимости от O_{cm} и температуры**

$O_{cm}=0,315$; $СМО_{cm}=12,1\%$		$O_{cm}=0,400$; $СМО_{cm}=13,0\%$		$O_{cm}=0,400$; $СМО_{cm}=13,0\%$	
Плотность, $кг\cdot м^{-3}$	$СМО_{сг}$, %	Плотность, $кг\cdot м^{-3}$	$СМО_{сг}$, %	Плотность, $кг\cdot м^{-3}$	$СМО_{сг}$, %
При температуре сгущения 54 °С					
1050	25,0	1050	24,7	1050	25,3
1060	27,8	1060	27,9	1060	28,3
1070	30,6	1070	31,2	1070	31,8
1080	33,5	1080	34,4	1080	35,0
1090	36,3	1090	37,7	1090	38,3
1100	39,1	1100	40,9	1100	41,5
При температуре 20 °С					
1060	25,0	1059	24,7	1062	25,3
1070	28,0	1069	27,7	1072	28,3
1080	31,0	1079	30,6	1082	31,3
1090	34,0	1089	33,6	1092	34,3
1100	37,0	1099	36,5	1102	37,3
1107	39,1	1109	39,5	1112	40,3
-	-	1114	40,9	1116	41,5

Массу смеси, соответствующую рабочему объему вакуум-выпарного аппарата, требуется подавать за 5 – 7 минут до начала сгущения. Из компонентов смеси, предназначенных для производства сгущенных молочных консервов с сахаром, рабочие объемы вакуум-выпарных аппаратов можно заполнять: пастеризованной молочной смесью, пастеризованной молочной смесью с сахарным сиропом, сахарным сиропом.

При периодическом способе производства сгущенных молочных консервов с сахаром, сахар используется в виде сахарного сиропа с оптимальной массовой долей сахара 60 – 65 %. Приготовление сахарного сиропа с массовой долей сахара

более 65 %, приводит к повышению вязкости сгущаемых смесей молочных компонентов и сахарного сиропа, при котором заметно падает интенсивность циркуляции смеси в процессе сгущения, продолжительность варки увеличивается и ухудшается качество продукта (рис.2.7).

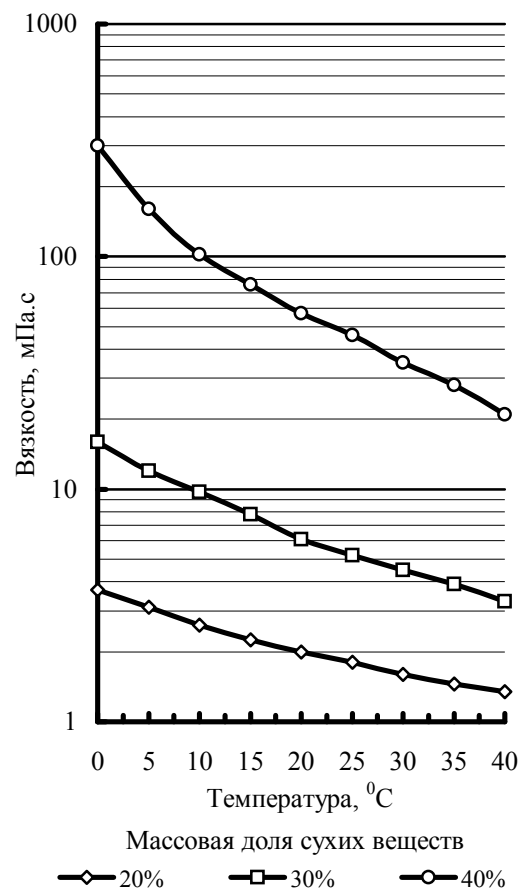


Рис.2.7. Зависимость вязкости сахарных сиропов от температуры и массовой доли сухих веществ

Технология получения сахарных сиропов включает: растворение сахара в питьевой воде, тепловую обработку раствора, освобождение его от механических примесей и смешивание с нормализованной смесью. При комнатной

температуре 1 моль сахарозы связывает 4 моля воды. Скорость растворения сахара-песка зависит от размера его частиц. Крупные частицы растворяются медленнее. Массовая доля сухих веществ сахарного сиропа подбирается с учетом ее влияния на свойства молока, продукта при хранении и интенсивности выпаривания при соответственно выбранной последовательности смешивания его с нормализованной смесью. При смешивании сахарного сиропа в вакуум-выпарном аппарате с предварительно сгущенной нормализованной смесью наименьшая продолжительность досгущения общей смеси наблюдается при массовой доле сухих веществ в сиропе 64 – 65 %, показателях его вязкости 20 – 30 мПа·с и массовой доле сухих веществ сгущенной нормализованной смеси 30 – 35 %. Если же начальное заполнение рабочей емкости двухкорпусного циркуляционного вакуум-выпарного аппарата производится сахарным сиропом, то по характеру воздействия на составные части сухого остатка нормализованной смеси оптимальной остается массовая доля сухих веществ в сахарном сиропе 64 – 65 % [34].

Очень важное значение в процессе приготовления сахарного сиропа имеют:

- температурный режим варки,
- очистка сиропа от посторонних примесей,
- продолжительность резервирования готового сиропа до подачи его в вакуум-выпарной аппарат.

Для обеспечения стерильности сахарного сиропа и исключения гидролиза сахарозы его нагревают до температуры кипения, но без выдержки. Чтобы избежать выдержки сахарного сиропа при высоких температурах, применяют ступенчатое приготовление сахарного сиропа – на каждую варку отдельно (до подачи в вакуум-выпарной аппарат, в целях исключения инверсии сахарозы, выдержка сахарного сиропа при высоких температурах не должна превышать 15 минут).

Температура кипения сахарного сиропа находится в зависимости от массовой доли сухих веществ в нем: при массовой доле 60 % температура кипения сиропа составляет 103 °C, а при 70 % – 105 °C. Сахарный сироп сразу же после

приготовления фильтруется и направляется в вакуум-выпарной аппарат.

В зависимости от вида сгущенных молочных консервов вместе с сахарным сиропом вносятся наполнители (кофе, какао, цикорий) и добавки, корректирующие структуру и состав продукта (порошкообразный яблочный полуфабрикат) [3].

При температуре выше 100 °С возможна инверсия сахарозы, которая обусловлена наличием в ее молекуле фуранового кольца. Инвертный сахар (d-глюкоза и d-фруктоза, 1:1), образующийся как продукт гидролиза сахарозы, нестойк и разрушается по схеме, представленной на рис.2.8.

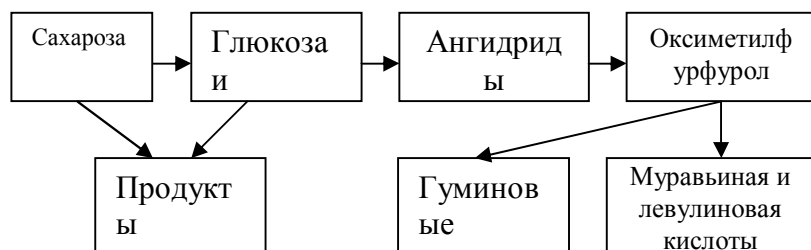


Рис.2.8. Схема разложения сахарозы

Инверсия сахарозы необратима. Она зависит от продолжительности выдержки сахарного сиропа при высоких температурах до подачи в вакуум-выпарной аппарат. Так, при массовой доле сухих веществ в водной части 60 – 75 % и выдержке при высокой температуре до 15 минут массовая доля инвертного сахара, по сравнению с исходной, увеличивается в 4 – 5 раз. Исходя из этого, резервирование приготовленного сахарного сиропа при высоких температурах не допускается.

Инверсия сахарозы несколько снижает вязкость сахарных сиропов, что подтверждается данными, приведенными в табл.2.4 [51].

Т а б л и ц а 2.4
Зависимость вязкости сахарного сиропа от доли инвертного сахара

Сахар для сиропа, %		Вязкость сахарного сиропа с массовой долей сахара 65 % при 20 °С, мПа·с
Сахароза	Инвертный сахар	
100	0	133
90	10	127
50	50	97

Оптимальная температура сахарного сиропа, подаваемого на фильтрацию, должна быть близкой к 90 – 95 °С, но не менее 90 °С, а массовая доля сухих веществ – в пределах 60 – 65 %.

При использовании сахара-песка в виде сахарных сиропов последние не должны быть источниками загрязнения готового продукта посторонними механическими примесями. Очистка сахарных сиропов от механических примесей должна быть высокоэффективной. Для этого используют фильтры и сепараторы-молокоочистители. Фильтры также имеют свои аппаратные особенности и обеспечивают различную эффективность очистки. Применение сепараторов-молокоочистителей для очистки сахарных сиропов, имеющих массовую долю сухих веществ 65 % и вязкость 17,5 мПа·с, по сравнению с фильтрами, обеспечивает увеличение эффективности очистки в 4 раза. Однако при достаточно высокой эффективности очистки такая обработка значительно сложнее и требует вдвое большего потребления электроэнергии. После очистки количество примесей колеблется (в зависимости от применяемого очистного оборудования) в пределах 0,0200 – 0,1028 г/л [50,103].

В литературе упоминается использование для очистки сахарных сиропов фильтров Зейтца, обеспечивающих ультрафильтрацию, по эффективности равную стерилизации. В этом случае тепловая обработка проводится при температуре 88 °С [71,98]. В дополнение к тепловой обработке и последующей очистке сахарных сиропов применяется также их обесцвечивание

с помощью анионитов, которые не оказывают отрицательного воздействия на качество продукта.

Контроль состава сахарных сиропов по массовой доле сухих веществ является обязательным и осуществляется с помощью рефрактомеров-сахариметров на основе зависимости коэффициента оптического преломления и массовых долей сухих веществ. Также контролируется микробиологическая обсемененность сахарного сиропа. Обязательное требование – отсутствие в сиропе дрожжей и плесеней. Исследовали влияние различных способов внесения сахарозы на качество молока цельного сгущенного с сахаром по интенсивности его окрашивания, которое фиксировалось фотоэлектрическим блескомером в процентах отраженного света (табл. 2.5).

Т а б л и ц а 2.5

Влияние способов внесения сахарного сиропа на качество молока цельного сгущенного с сахаром

Номер способа	Характеристика способа	Отражение света, %
1	Растворение сахара в воде, добавление сахарного сиропа в нормализованную смесь при массовой доле сухого молочного остатка в ней не более 40 %	49,5
2	Растворение сахара в воде, подача части сахарного сиропа в вакуум-выпарной аппарат, затем нормализованной смеси и остальной части сахарного сиропа.	43,0
3	Растворение сахара в воде, подача сахарного сиропа в вакуум-выпарной аппарат и затем нормализованной смеси	43,0
4	Растворение сахара в части нормализованной смеси и добавление в остальную нормализованную смесь при массовой доле сухого молочного остатка в ней не более 40 %	46,0
5	Растворение сахара в части нормализованной смеси, подача сахарного сиропа в вакуум-выпарной аппарат и добавление после этого остальной части нормализованной смеси.	42,0

Результаты проведенных опытов показали, что продукт, выработанный способами со второго по пятый, имеет более темную окраску. Одной из причин потемнения является, по мнению авторов, более длительное, чем при первом способе, тепловое воздействие на раствор сахара с молоком – реакция меланоидинообразования.

Для первого способа, при котором сироп вводится в подсгущенную нормализованную смесь, отражение равно 49,5 %. Данная величина отражения для молока цельного сгущенного с сахаром является оптимальной, так как такой продукт наиболее стоек при хранении.

2.4.8 Охлаждение сгущенных нормализованных смесей

Качество молока цельного сгущенного с сахаром зависит от таких показателей консистенции, как мучнистость и песчанистость, которые обуславливаются образованием кристаллов молочного сахара размером более 10 мкм.

При сгущении молока цельного массовая доля лактозы увеличивается примерно до 11,6 %, что составляет в пересчете на воду около 30 %. Растворимость молочного сахара невелика и резко падает с понижением температуры и уже при 50 °С он будет находиться в насыщенном состоянии [35]. При дальнейшем охлаждении неизбежна кристаллизация лактозы. Данные [6,35,108] по растворимости молочного сахара в присутствии сахарозы указывают, что в присутствии 64,4 % сахарозы растворимость лактозы снижается в 1,5 раза. Это подтверждается другими исследованиями [60,61,65,66] (табл.2.6). Можно предположить, что при оптимальной массовой доле в воде сахарозы в молоке цельном сгущенном с сахаром 62,5 – 63,5 % снижение растворимости будет несколько ниже.

Кристаллизация лактозы в молоке цельном сгущенном с сахаром происходит очень медленно из-за большой вязкости системы и наличия поверхностно-активных веществ – белков молока. При этом скорость образования центров кристаллизации выше, чем скорость роста кристаллов.

Т а б л и ц а 2.6

**Влияние температуры на растворимость лактозы
в присутствии сахарозы**

Температура раствора, °К	Растворимость лактозы, кг/кг H ₂ O в зависимости от массовой доли в воде сахарозы, %				
	0	40	50	60	70
298	0,217	0,161	0,136	0,110	0,091
313	0,326	0,244	0,206	0,170	0,141
323	0,437	0,327	0,281	0,231	0,187
333	0,587	0,438	0,415	0,406	0,295
353	1,041	0,837	0,718	0,657	0,598
358	-	0,994	0,902	0,820	0,774

В молоке цельном сгущенном с сахаром на 1 кг воды приходится в среднем 0,44 кг лактозы. Следовательно, при 45 – 60 °С лактоза в продукте будет находиться в растворенном состоянии, а при 20 °С неизбежно перенасыщение ею раствора и частичная кристаллизация.

Массовая доля лактозы в сгущенном молоке ($L_{пр}$)

$$L_{пр} = (L_m \cdot Ж_{пр}) / Ж_{см},$$

где L_m – массовая доля лактозы в молоке, %;

$Ж_{пр}$ – массовая доля жира в сгущенном молоке, %;

$Ж_{см}$ – массовая доля жира в нормализованном молоке, %.

Массовую долю лактозы в водной части сгущенного молока, так называемое “лактозное” число, ($L_{кон}$) рассчитывает по формуле

$$L_{кон} = (100 \cdot L_{пр}) / (L_{пр} + W_{пр}),$$

где $L_{пр}$ – массовая доля лактозы в сгущенном молоке, %;

$W_{пр}$ – массовая доля влаги в сгущенном молоке, %.

Массовые доли лактозы, воды и массовая доля лактозы в воде молока в продуктах консервирования зависят от кратности сгущения (табл.2.7).

Т а б л и ц а 2.7

**Влияние кратности концентрирования сгущенных
молочных консервов на их состав**

Продукт	$L_{пр}$, %	$W_{пр}$, %	$L_{кон}$, %
Молоко цельное сгущенное с сахаром	11,5	26	30
Сгущенное нежирное молоко сахаром	15	30	31
Сгущенные сливки с сахаром	8	26	24
Кофе со сгущенным молоком и сахаром	8	29	22

Учитывая предусмотренные стандартами температуры хранения продуктов, а для сгущенных молочных консервов с сахаром и снижение растворимости лактозы в присутствии сахарозы, можно сказать, что во всех перечисленных продуктах неизбежна кристаллизация.

Сущность кристаллизации лактозы в сгущенных молочных консервах находится в соответствии с общими теоретическими представлениями о процессе кристаллизации. Большинство исследователей признается молекулярно-кинетическая теория кристаллизации [6,60,61,64,65,66,67,87].

Кинетика кристаллизации изучается по изменению концентрации во времени $C = f(\tau)$. Кривая кристаллизации в общем виде разбивается на три участка, соответствующие: 1 – индукционному (латентному) периоду, когда C остается постоянным; 2 – быстрому росту C во времени, отвечающему длительности кристаллизации; 3 – медленному изменению концентрации в конце процесса. С первым периодом многие авторы связывают образование зародышей новой фазы, со вторым и третьим – рост кристаллов.

Индукционный период характерен для кристаллизации любых веществ и описывается следующей математической зависимостью

$$\lg \tau_{\text{инд}} = A - n \lg C_{\text{н}} / C_{\text{р}},$$

где $\tau_{\text{инд}}$ – продолжительность индукционного периода, ч;

A – постоянная, зависящая от константы скорости образования зародыша и растворимости вещества;

n – порядок процесса зародышеобразования;

$C_{\text{н}}$ – концентрация исходного раствора, %.

Диапазон продолжительности индукционного периода широк от долей секунд до нескольких суток или месяцев, а его особенность – постоянство концентрации пересыщенного раствора во времени. Его конец соответствует некоторому наперед заданному изменению концентрации раствора.

Существуют три типа зародышеобразования: 1 – гомогенное (спонтанное), 2 – первичное гетерогенное (на стенках сосуда и на поверхности частиц твердых примесей) и 3 – вторичное гетерогенное (в присутствии кристаллов того же вещества). Зародышеобразование в растворах практически всегда является гетерогенным, так как при умеренно высоких перенасыщениях скоростью гомогенного зародышеобразования можно пренебречь.

Процесс возникновения зародышей кристаллов рассматривается как диффузионный, поскольку для него необходима подвижность атомов в исходной и возникающей фазах. Зарождение центров кристаллизации определяется скоростью образования самого зародыша и интенсивностью обмена молекулами переохлажденного раствора и зародыша.

Основное условие для зародышеобразования кристаллов – пересыщение растворов. Чем оно выше, тем более мелкие кристаллы формируются в нем. Скорость образования зародышей, зависящая от величины пересыщения, может быть аппроксимирована степенной функцией

$$dn/dt = K_2 S^p,$$

где n – число образовавшихся зародышей;

t – скорость образования зародышей, шт/(м³·с);

S – пересыщение, %;

K_2, p – коэффициенты.

Наряду с пересыщением на скорость кристаллизации и прежде всего на вероятность и скорость образования зародышей кристаллов положительно воздействуют перемешивание, ультразвук, магнитное поле. Эффективность перемешивания оценивают по кратности перемешивания, показывающей число перемещений единицы объема вещества в единицу времени. Характеристику перемешивания можно представить как

$$V_c = 0,785 d^2 h m,$$

где V_c – количество продукта, перемешиваемое мешалкой, м³·с⁻¹;

d – диаметр аппарата, м;

h – высота аппарата, м;

m – кратность перемешивания, с⁻¹.

На скорость зародышеобразования влияет сила поверхностного натяжения на границе кристалл – раствор, которая зависит от многих факторов и описывается системой дифференциальных уравнений.

В процессе кристаллизации весьма существенно значение затравки как начальной базисной поверхности кристаллизации в условиях гетерогенного механизма образования зародышей. Появление спонтанного формирования зародышей в сложных растворах кристаллизующегося вещества, связанное с большими затратами энергии, возможно лишь при больших коэффициентах пересыщения.

Изучение второго периода кристаллизации основано на молекулярно-кинетической теории, согласно которой рост кристалла рассматривается как ряд элементарных актов присоединения к поверхности растущей грани молекулярных комплексов, образующихся в массе исходной фазы. В то же время происходит массопередача к поверхности пограничного слоя, диффузия частиц вдоль поверхности кристалла и включение их в поверхностную решетку, отвод тепла кристаллизации и освободившейся гидратационной воды от поверхности кристалла.

Перенос молекул растворенной лактозы к поверхности растущего кристалла ускоряется перемешиванием, так как при этом уменьшается толщина диффузионного слоя. На основе молекулярной и конвективной диффузии лактоза подводится к поверхности растущего кристалла и ее молекулы включаются в кристаллизационную решетку. Рост кристаллов лактозы сопровождается снижением запаса свободной поверхностной энергии за счет адсорбции ее молекул гранями растущих кристаллов.

Для формирования однородной консистенции в молоке цельном сгущенном с сахаром в 1 мм³ продукта должно быть не менее 400 000 кристаллов с линейными размерами не более 10 мкм (табл. 2.8).

Т а б л и ц а 2.8

Оценка консистенции молока цельного сгущенного с сахаром

Средний размер кристаллов, мкм	Количество кристаллов лактозы в 1 мм ³ молока цельного сгущенного с сахаром	Оценка консистенции продукта
10 – 11	400 000 – 300 000	Однородная
12 – 15	300 000 – 100 000	Слабомучнистая
16 – 20	100 000 – 50 000	Мучнистая
21 – 25	50 000 – 25 000	Сильномучнистая
более 25	менее 25 000	Песчанистая

Для массового зарождения кристаллов лактозы необходимо быстрое охлаждение продукта, интенсивное механическое воздействие на него и внесение затравочного материала.

Соблюдение этих основных условий кристаллизации при любом аппаратном оформлении процесса охлаждения обеспечивает массовое формирование зародышей кристаллов лактозы таких размеров, которые в стадии роста не увеличиваются более, чем до 10 мкм.

Необходимое условие кристаллизации молочного сахара (перехода его из молекулярного раствора в твердое кристаллическое состояние) – охлаждение сгущенного молока. В

результате растворимость молочного сахара понижается, раствор становится перенасыщенным и оставшееся в продукте количество воды не может удержать лактозу в растворенном состоянии. В этот момент начинается кристаллизация молочного сахара. Чем ниже температура, тем интенсивнее она протекает.

Молоко цельное сгущенное с сахаром необходимо охлаждать так, чтобы выкристаллизовывалось максимальное (по условиям насыщения) количество лактозы. В противном случае хранение продукта при низких температурах, когда снова наступает насыщение системы, может привести к дальнейшему кристаллообразованию оставшейся в растворенном состоянии части молочного сахара. Вследствие самопроизвольного режима размеры кристаллов крупные.

Скорость образования зародышей кристаллов, зависящая от величины пересыщения, аппроксимируется степенной функцией.

Влияние перемешивания на зарождение центров кристаллизации заключается в том, что вызываемое им сжатие и разрежение среды способствуют дополнительной флуктуации в элементарных объемах раствора, что усиливает его турбулизацию. Она повышает эффективность массообмена, улучшает ориентацию молекул при образовании кристаллизационной сетки, сокращая индукционный период. При этом уменьшается толщина неподвижного слоя "дворики" около растущего кристалла, повышается скорость его образования и рост.

С увеличением интенсивности и продолжительности перемешивания количество мелких кристаллов в молоке цельном сгущенном с сахаром возрастает. При перемешивании со скоростью 16,7 с⁻¹ в течение 60 с в продукте образуются кристаллы размером до 15 мкм, 30 с – до 30 мкм и 15 с – до 45 мкм.

Свекловичный сахар ингибирует кристаллизацию вследствие повышения вязкости раствора и, возможно, адсорбции на гранях кристаллов лактозы. Еще сильнее замедляют кристаллизацию белки молока (казеинаткальцийфосфатный комплекс), особенно в молоке цельном сгущенном с

сахаром, содержащем белки и сахарозу с высокой массовой долей их в воде продукта. При этом образование зародышей происходит медленнее, чем их рост.

В настоящее время при выработке сгущенных молочных консервов с сахаром наиболее распространено охлаждение в закрытых охладителях, входящих в комплект периодически действующих циркуляционных вакуум-выпарных аппаратов. Процесс охлаждения в них осуществляется в условиях вакуума.

В процессе охлаждения при непрерывающемся перемешивании и температуре 30 – 35 °С через кран для воздуха с помощью специальной воронки в установленной дозе вносят подготовленную, простерилизованную мелкокристаллическую рафинированную лактозу. В целях предупреждения уноса затравки с соковыми парами в момент ее внесения закрывают задвижку, после подачи лактозы ее снова открывают. При наличии штуцеров в нижней части корпуса или на крышке люка затравку подают через них. После внесения затравки процесс охлаждения и перемешивания продукта продолжают до конечной температуры, установленной согласно условиям регулирования состава охлаждаемого продукта.

Охлаждение возможно в одну или несколько ступеней. Такой режим вполне оправдан для открытых охладителей, в которых несовершенство процесса охлаждения (его невысокая скорость, малоинтенсивное перемешивание продукта) для кристаллизации лактозы в какой-то мере ослаблялось продолжительными выдержками между ступенями охлаждения для зарождения кристаллов. Необходимость чередования охлаждения с выдержкой при постоянной температуре обосновывалось для них особенностями кристаллизации лактозы, связанными с ее мутаротацией. Однако ступенчатость охлаждения при вакуумном способе, существенно отличающемся от охлаждения в открытых охладителях, не могла быть бесспорной. Высокая скорость процесса, интенсивное перемешивание охлаждаемых продуктов и частичное их подсушивание, специфичные для вакуумного охлаждения, обеспечивают требуемое направление кристаллизации лактозы и

исключают необходимость охлаждения в несколько ступеней [91,98,101].

После вакуумного охлаждения сгущенные молочные консервы с сахаром должны быть стандартными по всем показателям. Значит, в продукте, поступающем на вакуумное охлаждение, обязателен избыток влаги, равный ее массе, которая будет удалена в процессе охлаждения. При необходимости состав продукта регулируют добавлением воды только в процессе охлаждения (не в конце его) при температуре продукта не ниже 35 °С. В противном случае это отрицательно скажется на зарождении и росте кристаллов.

Охлаждение прекращают, как только массовая доля влаги в продукте изменится от начальной B_n до конечной, заданной B_k . Следовательно, во время охлаждения из продукта удаляется такое количество влаги, которое уменьшило бы ее массовую долю в нем на величину, равную $B_n - B_k$. Как видно, имеет место сложная зависимость между несколькими показателями, по которым устанавливают режим охлаждения:

$$B_n = B_k + K(t_n - t_k), \quad t_k = t_n[(B_n - B_k)/K], \\ B_k = B_n - K(t_n - t_k),$$

где K – удельная величина, равная 0,088 %/град.

С помощью этих уравнений можно не только определить любой параметр, необходимый для управления процессом вакуумного охлаждения молока цельного сгущенного с сахаром, но и регулировать состав продукта.

Одноступенчатое охлаждение сгущенных молочных консервов с сахаром в вакуум-охладителях при подаче продукта в них распылением, интенсивном охлаждении, испарении и перемешивании, обязательном внесении затравки и продолжении цикла охлаждения одной партии продукта от 25 до 40 мин обеспечивает зарождение не менее 400 000 зародышей кристаллов лактозы в 1 мм³ продукта.

Установлены оптимальные режимы одноступенчатого вакуумного охлаждения сгущенного молока с сахаром, которые

вошли в технологическую инструкцию, а также оформлены в виде технологической карты [91,101]:

- разрезание в вакуум-охладителе к началу перепуска сгущенного продукта из вакуум-выпарного аппарата не менее 933 гПа;
- перепуск сгущенного продукта из вакуум-выпарного аппарата в вакуум-охладитель – за 10 – 12 мин при обязательном его распылении, включение мешалки через 3 – 5 мин от начала перепуска сгущенного продукта в вакуум-охладитель;
- внесение затравки в продукт только в сухом виде через штуцер или воздушный кран охладителя при 30 – 35 °С (устанавливается лабораторией) в количестве не менее 0,02 % к массе продукта. Если определенная лабораторией температура внесения затравки достигается в момент перепуска сгущенного продукта из вакуум-выпарного аппарата в вакуум-охладитель, то вносить затравку следует в момент перепуска.

На направление кристаллизации лактозы в молоке цельном сгущенном с сахаром влияет затравка, т.е. искусственное создание начальной базовой поверхности кристаллизации в пересыщенном растворе. Возможно использование следующих затравочных материалов: мелкокристаллический рафинированный молочный сахар, пересыщенные растворы лактозы, водорастворимые высокомолекулярные органические вещества в кристаллическом состоянии, смешиваемые с лактозой. При производстве сгущенных молочных консервов с сахаром используется мелкокристаллическая рафинированная лактоза.

Применяемый в промышленности способ подготовки затравки к внесению в продукт – прогрев в сушильном шкафу при 100 – 105 °С в течение часа, гарантирует ее стерильность.

На качество затравки влияет результат помола лактозы: чем больше частиц в единице массы затравки, тем эффективнее ее воздействие на процесс кристаллизации. Технологической инструкцией предусматривается размер кристаллов

мелкокристаллической рафинированной лактозы не более 3 – 4 мкм.

В процессе одноступенчатого вакуумного охлаждения молока цельного сгущенного с сахаром кристаллы лактозы размером менее 10 мкм образуются, если затравка вносится при температуре усиленной кристаллизации лактозы (31 – 37 °С), когда быстро наступает максимальное пересыщение лактозы при минимальном увеличении вязкости молока.

Для определения температуры усиленной кристаллизации молочного сахара (рис.2.9) устанавливают массовую долю лактозы в водном растворе молока цельного сгущенного с сахаром и

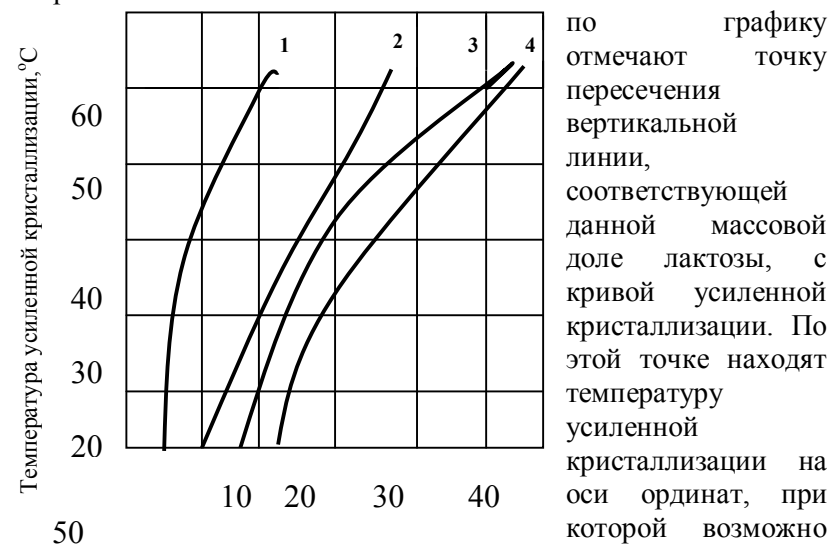


Рис.2.9. График Гудсона: 1 – начальная растворимость лактозы; 2 – конечная растворимость лактозы; 3 – усиленная кристаллизация; 4 – пересыщение лактозы

по графику отмечают точку пересечения вертикальной линии, соответствующей данной массовой доле лактозы, с кривой усиленной кристаллизации. По этой точке находят температуру усиленной кристаллизации на оси ординат, при которой возможно внесение затравки. Более точно температуру внесения затравки определяют по критерию метастабильности пересыщенных растворов Н.

Этот критерий имеет максимальное значение при температуре усиленной кристаллизации и определяется по формуле:

$$H = (C_0 - C_s) / \nu,$$

где C_0 – начальная массовая доля лактозы, %;

C_s – растворимость лактозы в присутствии сахарозы, %;

ν – кинематическая вязкость продукта, Па.

Для расчета H необходимы данные о вязкости продукта и растворимости лактозы в присутствии сахарозы (табл.2.9) в предполагаемом температурном диапазоне (15 – 40 °C).

По результатам расчетов строят график зависимости критерия H от температуры. Точка “А” соответствует температуре усиленной кристаллизации лактозы в продукте.

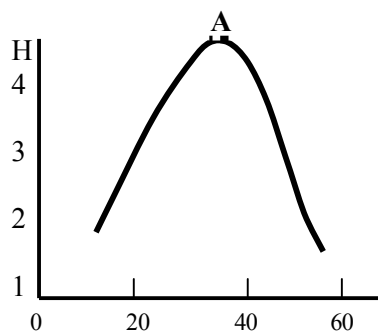


Рис. 2.9. Определение температуры усиленной кристаллизации лактозы по критерию H

Технологической инструкцией по производству молока цельного сгущенного с сахаром предусмотрено внесение затравки в количестве не менее 0,02 % к массе готового продукта. Возможна корректировка этой величины опытным путем или по критерию метастабильности пересыщенных растворов. Количество затравки M_3 (в кг) в последнем случае,

вносимой на 1 т сгущенного продукта, определяют по формуле

$$M_3 = \alpha \rho_s a F (1000 - 10CB) / \beta,$$

где α – объемный коэффициент формы;

ρ_s – плотность твердой фазы, кг м^{-3} ;

a – размер кристалла, м;

F – общая поверхность кристаллов лактозы в системе, м^2 ;

CB – массовая доля сухих веществ продукта, %;

β – поверхностный коэффициент формы.

На основе необходимого количества затравки при различных размерах кристаллов построены графические зависимости в температурном интервале усиленной кристаллизации лактозы (рис. 2.10).

Для расчета требуемого количества затравки на оси ординат отмечается размер частиц затравки – точку “А”, которая соединяется горизонтальной линией с одной из прямых, соответствующих температуре усиленной кристаллизации лактозы. Пересечение линий дает точку “В”. Из нее опускается перпендикуляр на ось абсцисс и получается точка “Г”, соответствующая необходимому количеству вносимой затравки.

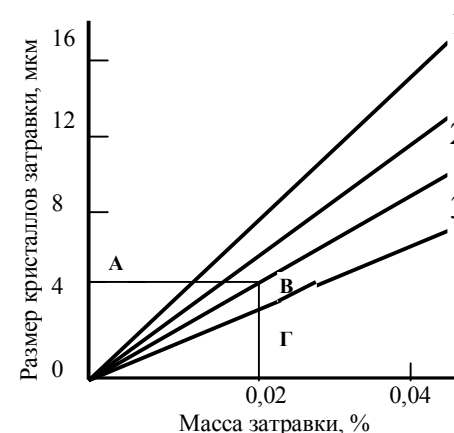


Рис. 2.10. Расчет количества затравки по критерию H при различных температурах, °C: 1 – 20, 2 – 30, 3 – 35, 4 – 40

Выбор оптимальной температуры внесения затравки и ее количества позволяют обеспечить однородность и массовость кристаллизации и получить продукт стабильного высокого качества.

Исследованиями [91] отмечено, что без внесения затравки уже через 12 – 24 часа кристаллы лактозы достигали размеров, близких к 25 мкм и более, консистенция продукта была

песчанистой. Для изучения влияния температуры внесения затравки на процесс кристаллизации [53,55] определяли качество охлажденного продукта (табл.2.9).

Т а б л и ц а 2.9

Влияние температуры внесения затравки на процесс кристаллизации молочного сахара

Температура внесения затравки, °С	Средняя величина кристаллов, мкм	Коэффициент однородности кристаллов	Количество кристаллов в 1 г продукта
37	13,7	0,43	66 640
40	14,6	0,43	57 500
30 – 31	13,8	0,52	59 400

На качество продукта влияет количество вносимой затравки (табл.2.10) [53,55].

Т а б л и ц а 2.10

Влияние количества вносимой затравки на процесс кристаллизации молочного сахара

Количество вносимой затравки, %	Средняя величина кристаллов, мкм	Коэффициент однородности кристаллов	Количество кристаллов в 1 г продукта
0,015	15,9	0,45	44 920
0,020	13,7	0,43	36 640
0,030	11,7	0,60	92 000

Чем больше количество затравки, вносимой в охлажденный продукт, тем лучше его консистенция. При уменьшении количества вносимой затравки даже до 0,015 % консистенция продукта весьма грубая, средняя величина кристаллов в этом случае составила 15,9 мкм, что нежелательно.

Поставленные эксперименты и полученные результаты позволили сделать заключение о том, что наряду с внесением затравки к основным факторам, повышающим интенсивность кристаллизации, относится перемешивание. Как показали исследования [83], с увеличением интенсивности и

продолжительности вымешивания количество мелких кристаллов в сгущенном молоке с сахаром возрастает. При вымешивании со скоростью $16,7 \text{ с}^{-1}$ в течение 60 с в сгущенном молоке образовались кристаллы размером до 15 мкм, в течение 30 с – до 30 мкм и в течение 15 с – до 45 мкм.

При проведении кристаллизации лактозы в вакуум-охладителях в соответствии с требованиями инструкции процесс кристаллизации лактозы завершается в самом аппарате. При хранении такого продукта в течение трех месяцев вне зависимости от периода года и обработки молочной смеси размеры кристаллов лактозы в нем не превышали $7,3 \pm 0,87$ мкм.

Отстаивание мелких кристаллов лактозы, которые при равномерном распределении их в массе продукта не ощущаются, объясняется авторами [84,92], низкими показателями исходной вязкости продукта. Поэтому введение в производстве молока цельного сгущенного с сахаром процесса гомогенизации, повышающего исходную вязкость продукта, приводило к снижению скорости отстаивания кристаллов лактозы. В то же время установлено, что гомогенизация молочной смеси непосредственно не влияет на процесс кристаллизации лактозы в молоке цельном сгущенном с сахаром при вакуумном охлаждении. В течение года средний размер кристаллов лактозы в свежеработанном продукте колебался в пределах: с гомогенизацией молочной смеси $5,7 \pm 0,77$ – $7,1 \pm 1,21$ мкм, без гомогенизации $6,2 \pm 0,50$ – $6,5 \pm 1,2$ мкм.

Для оценки однородности кристаллизации лактозы в промышленности согласно стандартам используются методики Л.В.Чекулаевой (определение среднего размера кристаллов лактозы по наибольшему измерению, систематизация кристаллов по группам в зависимости от размеров); и Фигуровского (расчет коэффициента однородности кристаллизации).

По ГОСТ 2903 [28] (методика Л.В.Чекулаевой) перед оценкой размеров кристаллов молочного сахара продукт тщательно перемешивают. В окуляр микроскопа между верхней и нижней линзами вставляют окуляр-микрометр. Для определения абсолютного деления окуляр-микрометра используют объект-микрометр. Каждое деление объект-

микрометра равно 10 мкм. Абсолютное деление окуляр-микрометра находят, поместив на столик микроскопа объект-микрометр вместо предметного стекла (счетной камеры Горяева) и установив, скольким делениям объект-микрометра соответствует одно деление окуляр-микро-метра. Для проведения анализа небольшую каплю продукта помещают в счетную камеру Горяева глубиной 0,1 мм и накрывают покровным стеклом, плотно прижимая его к поверхности камеры.

Размеры не менее чем 100 кристаллов молочного сахара определяют при увеличении в 600 раз. Величину кристалла измеряют по длине грани.

Все кристаллы разделяют на четыре группы. По средней величине кристаллов в каждой группе и их количеству высчитывают средний размер кристаллов молока цельного сгущенного с сахаром и оценивают консистенцию продукта (табл.2.11).

Т а б л и ц а 2.11

**Зависимость консистенции молока цельного
сгущенного с сахаром от размеров кристаллов
лактозы**

Характеристика консистенции продукта	Размеры кристаллов лактозы,мкм
Однородная по всей массе	до 10
Мучнистая	от 11 до 15
Песчанистая	от 16 до 25
Хруст на зубах	более 25

Средне значение размера кристаллов лактозы М определяют по формуле

$$M = \sum na / \sum n ,$$

где n – частота кристаллов;

a – линейный размер кристаллов, мкм.

Для определения однородности кристаллизации по методике Фигуровского используется коэффициент однородности И

$$И = \Delta a \sqrt{\sum n / (2 \sum n V^2)},$$

где V – расхождение данного размера со средним, мкм;

Δa – предел размера кристаллов, мкм.

В дополнение к этому методу Жижин предложил формулу

$$И = \sum an / (\sum an + \sum n V^2) .$$

Коэффициент однородности можно определить расчетно графическим способом по методике К.К. Полянского. Чтобы аппроксимировать гранулометрический состав кристаллической лактозы в молоке цельном сгущенном с сахаром в линейном виде, используем логарифмически нормальное распределение, получающееся, если в нормальную гауссову функцию подставить в качестве аргумента не размер частиц, а его логарифм

$$D_N(\sigma) = \left\{ 100 \int_{-\infty}^{\lg \delta} \exp \left[-(\lg \sigma - \lg \delta_{50})^2 / 2 \lg^2 \sigma \right] d(\lg \delta) \right\} \sqrt{2 \pi \lg \sigma}$$

где δ – медиана распределения;

$\lg \sigma$ – стандартное (среднеквадратичное) отклонение логарифмов размеров от их среднего значения.

Интеграл, входящий в уравнение, выразим через элементарные функции нового аргумента

$$t = (\lg \delta - \lg \delta_{50}) / \lg \sigma .$$

Аргумент t – нормированная нормально распределенная величина, среднее значение которой равно нулю. Данное распределение удобно изобразить графически на логарифмически вероятностной сетке координат.

Среднее квадратичное отклонение логарифмов размеров определим по формуле

$$\lg \sigma = (\lg \delta - \lg \delta_{50}) / t .$$

При $t = 1$, $\lg \sigma = \pm(\lg \delta - \lg \delta_{50})$. Значениям $t = \pm 1$ соответствует процентная доля кристаллов: $D = 84,1$, $D = 15,9$, отсюда $\lg \sigma = \lg \delta_{50} - \lg \delta_{84,1} = \lg \delta_{15,9} - \lg \delta_{50}$ или

$\sigma = H = \delta_{50} / \delta_{84,1} = \delta_{15,9} / \delta_{50}$. Для нахождения этих величин строится график распределения гранулометрического состава продукта, где ось ординат – процентная доля кристаллов данного размера, а ось абсцисс – линейный размер кристаллов.

Международной комиссией по унификации единых методов анализа для оценки качества сахаров рекомендуется определять вместо коэффициента однородности коэффициент неравномерности (неоднородности) кристаллов V (в %) по формуле

$$V = \sigma / (M \cdot 100),$$

где $\sigma = \sqrt{(\sum na^2 / \sum n) - M^2}$ – среднеарифметическое отклонение;

M – среднеарифметический линейный размер кристалла, мкм.

Величины коэффициентов однородности, рассчитанные по разным формулам для одного и того же продукта, различны, что объясняется их неодинаковым математическим обоснованием.

Выбор способа расчета, прежде всего, связан с задачами исследований. Для более глубокого изучения однородности кристаллов лактозы на основе закона их распределения рекомендуется метод К.К. Полянского.

Для оценки массовости кристаллизации лактозы в промышленности применяется методика Л.В. Чекулаевой.

Всего делают 100 измерений кристаллов и разбивают их на четыре группы. Кристаллы молочного сахара чаще встречаются в форме пинокоидов и ромбоидов. Величину кристалла определяют по наиболее длинной грани, а не по диагонали; ширина перпендикулярна грани длины. По средней величине кристаллов в каждой группе и их количеству рассчитывают средний размер кристаллов молочного сахара в сгущенных консервах с сахаром. Если кристаллов немного и их размер не

менее 1 мкм, то при увеличении в 100 раз их легко сосчитать по всей камере Горяева.

При увеличении в 600 раз пользуются окулярной сеткой. Если ее нет, то отсчет производят во всем поле зрения, предварительно определив его диаметр объект-микрометром. Величину кристаллов измеряют окуляр-микрометром.

По среднему размеру кристаллов находят количество кристаллов лактозы в 1 мм³ продукта, т.е. ожидаемую массовость кристаллизации (табл.2.12).

Т а б л и ц а 2.12

Зависимость массовости кристаллизации лактозы от размеров ее кристаллов

Средний размер кристаллов, мкм	Возможное количество кристаллов лактозы в 1 мм ³ продукта
6	770 000
7	500 000
8	270 000
9	220 000
10	175 000
12	98 000
15	50 000
20	21 000
30	7 000
40	2 600

Для расчета числа кристаллов лактозы в 1 мм³ продукта возможно использование предложенной К.К. Полянским зависимости

$$N_{\text{мм}^3} = 3,1 \cdot 10^{10} / \sum na^3.$$

Таким образом, для осуществления оценки консистенции сгущенных молочных консервов по дисперсности кристаллов лактозы необходимо использовать рассмотренные методы контроля. Они просты, надежны, доступны для производственных лабораторий, внедрены и широко

используются в молочноконсервной промышленности, обеспечивая оценку предусмотренных инструкциями параметров технологического процесса и условий хранения продуктов.

В процессе охлаждения сгущенных молочных консервов для повышения их хранимостпособности вводятся различные добавки:

- аскорбиновая и сорбиновая кислоты с целью предупреждения возможных изменений продукта при хранении неферментативной и ферментативной природы;
- лимонная кислота - $0,5 \text{ г} \cdot \text{кг}^{-1}$ продукта;
- лимоннокислый натрий – $0,15 - 0,20 \text{ г} \cdot \text{кг}^{-1}$ молока;

Таким образом, организация и проведение технологического процесса производства продуктов консервирования молока и молочного сырья существенно влияет на их хранимостпособность.

Заключение

В настоящей книге обобщены и систематизированы материалы по хранимospособности молочных консервов, развитие молочноконсервной промышленности.

Книга предназначена для инженерно-технических работников молочной промышленности, сотрудников научно-исследовательских учреждений, специалистов служб стандартизации и сертификации молочных продуктов, учащихся и преподавателей колледжей и институтов, готовящих кадры для молочной промышленности.

**Замечания и предложения по книге просьба
направлять по адресу: 394000, г.Воронеж, пр.
Революции, 19 ВГТА**

Научное издание

Голубева Любовь Владимировна

Чекулаева Лидия Васильевна

Полянский Константин Константинович

ХРАНИМОСПОСОБНОСТЬ МОЛОЧНЫХ КОНСЕРВОВ

Редактор Л.В.Чекулаева

Компьютерная верстка Л.В.Голубева

ЛР № 020449 от 31.10.97. Подп. в печать 29.10.99