

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Баламирзоев Назим Лиодинович
Должность: И.о. ректора
Дата подписания: 21.08.2023 11:43:45
Уникальный программный ключ:
2a04bb882d7edb7f479cb266eb4aaaaedebeea849



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ФГБОУ ВО «ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**КАФЕДРА ТЕХНОЛОГИИ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ,
ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ И ТОВАРОВЕДЕНИЯ**

Ахмедов М.Э., Демирова А.Ф., Рахманова М.М.

ОСНОВЫ ПРОИЗВОДСТВА КОНСЕРВИРОВАННЫХ ПРОДУКТОВ ДЛИТЕЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ



Махачкала 2023



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ФГБОУ ВО «ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**КАФЕДРА ТЕХНОЛОГИИ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ,
ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ И ТОВАРОВЕДЕНИЯ**

Ахмедов М.Э., Демирова А.Ф., Рахманова М.М.

***ОСНОВЫ ПРОИЗВОДСТВА
КОНСЕРВИРОВАННЫХ ПРОДУКТОВ
ДЛИТЕЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ***

УЧЕБНИК

для студентов направления подготовки магистров
19.04.02–Продукты питания из растительного сырья, для аспирантов
направления 19.06.01 – Промышленная экология и биотехнологии

МАХАЧКАЛА–2023

УДК 664.8.036.53(075)

ББК.36.91

Основы производства консервированных продуктов длительного хранения: учебник для студентов направления подготовки магистров 19.04.02– Продукты питания из растительного сырья. // Махачкала, ИПЦ ДГТУ, 2023, 406 с.

Описаны технологические особенности сырья для консервного производства, теоретические основы методов консервирования пищевых продуктов, способы предварительной подготовки, тара, микробиологические и теплофизические основы тепловой стерилизации пищевых продуктов, принципы математического расчета научно обоснованных режимов стерилизации консервов, физические параметры процесса тепловой стерилизации и техника для тепловой стерилизации консервов с учетом последних научных достижений.

Данный учебник также будет полезен для докторантов, аспирантов, соискателей ученых степеней, а также для преподавателей, мастеров производственного обучения и студентов средних специальных учебных заведений, готовящих кадры для пищевой и перерабатывающей промышленности

Авторы: Ахмедов М.Э., д.т.н., профессор
Демирова А.Ф., д.т.н., профессор
Рахманова М.М., д.с.- х.н.

Рецензенты: **1. Касьянов Г.И.**, д.т.н., профессор кафедры технологии продукции животного происхождения Кубанского государственного технологического университета, заслуженный изобретатель РФ
2. Исригова Т.А., д.с.-х.н., профессор, проректор ДагГАУ

Рег. №

Печатается по постановлению Ученого совета Дагестанского государственного технического университета

ВВЕДЕНИЕ

Важнейшей научной и производственной задачей является обеспечение населения высококачественными, сбалансированными и безвредными пищевыми продуктами. Однако, свежеприготовленные пищевые продукты подвержены порче, вызываемой жизнедеятельностью микроорганизмов, и срок их сохранности измеряется, как правило, несколькими часами.

Для длительного хранения пищевых продуктов применяют различные методы консервирования: стерилизация, сушка, применение естественного и искусственного холода, варка с сахаром, посол, квашение, маринование и другие.

Однако наиболее надежным методом консервирования пищевых продуктов является сохранение их в герметической таре с помощью тепловой обработки, называемой стерилизацией или пастеризацией. Именно так расфасованные и обработанные пищевые продукты принято называть консервами. При тепловой стерилизации те микроорганизмы, которые находились внутри консервной банки, погибают, а благодаря герметичной упаковке новые возбудители, находящиеся в окружающей среде, внутрь банки попасть не могут, и, таким образом, консервы теоретически могут сохраняться неограниченное время.

Создание запасов пищи, и сохранение излишков скоропортящихся пищевых продуктов являлась заботой не только первобытных людей, но остается и в наши дни.

В числе первооткрывателей, положивших начало консервированию пищевых продуктов в герметичной консервной таре, можно выделить Никола Аппера (1749-1841 гг.) и В. Н. Каразина (1773 – 1842гг.).

От двух одиночек, которые использовали примитивное оборудование, до современных, оснащенных высокопроизводительным оборудованием и комплексными технологическими линиями, выпускающими десятки миллионов банок консервов в сутки – таков путь развития и становления консервной промышленности за 210 лет, прошедших с 1810 года, который

считается началом промышленного производства консервированной продукции в герметичной таре.

Использовавшиеся до этого способы длительного сохранения пищевых продуктов сушкой, копчением и солением уже не удовлетворяли возрастающие вкусы населения и задачи изыскания новых, более совершенных способов длительного сохранения пищевых продуктов стали заботой многих стран.

В частности, еще в 1787 году Королевское научное общество Англии предложило 50 гиней тому, кто предложит способ долговременного сохранения пищевых продуктов с сохранением свойств присущих исходному свежему сырью.

В 1795 году правительство Франции объявило о выдаче 12000 франков премии тому, кто предложит способ долговременного сохранения пищевых продуктов и опубликует книгу с подробным описанием найденного способа консервирования.

Решить эту задачу удалось Николу Аппер, который начав свои опыты по консервированию пищевых продуктов в узкогорлых бутылках в примитивных условиях, уже в 1794 году организовал первую консервную фабрику, на которой продолжил совершенствование своего способа консервирования, причем вырабатываемые на этой фабрике консервы в узкогорлых бутылках, находили все возрастающий спрос и сбыт, особенно в северных районах.

В 1810 году Аппер опубликовал книгу под названием «Искусство сохранения в течение нескольких лет животной и растительной субстанции», изданием которой была завершена многолетняя работа Аппера по консервированию пищевых продуктов. Принципиальным отличием предложенного им способа являлось: укладка в бутылки консервируемого продукта, тщательная укупорка бутылок; помещение укупоренных бутылок в кипящую воду на время, зависящее от природы консервируемого продукта; удаление бутылок из кипящей воды в установленное время. Несмотря на

более двухсот лет, прошедших со времени опубликования трудов Ампера, эти принципы по настоящее время остались важными и при реализации современных способов термического консервирования.

Хотя изменилась консервная тара, появились новые способы и аппараты для герметизации, новые теплоносители (пар, органические высокотемпературные теплоносители, нагретый воздух и др.), но способ, предложенный Аппером, и по настоящее время остается основным производственным способом консервирования пищевых продуктов.

Почти параллельно с Аппером в России небезуспешно проводил экспериментальные исследования по консервированию пищевых продуктов основатель Харьковского университета В.Н.Каразин.

Промышленное производство консервированных продуктов следом за Францией начали в Англии (1810-1825 гг.), причем консервную тару производили из стекла и белой жести и консервы реализовывали в разных странах, с кем имели торговые отношения.

Однако, отсутствие научных основ процесса термического консервирования не давало широкого развития данного производства, кроме того, несовершенство процесса приводило к случаям массовой порчи консервов, вызванной недостаточным уровнем подавления микрофлоры в таре, хотя в некоторых случаях процесс термической обработки составлял более шести часов.

Изобретение автоклава (1864 г.) привело к значительному улучшению технической стороны реализации процесса термического консервирования.

Параллельно с термическим консервированием изучались в России и другие способы консервирования, в том числе сухих и мясных консервов.

Однако, промышленный характер производство консервированной продукции приобрело только по мере проникновения научно-технического прогресса и в смежные области техники и технологии консервирования.

В России, хотя и примитивное, производство овощных консервов из зеленого горошка в жестяных банках было впервые организовано в 1875

году.

В 1913 году было выработано более 100 миллионов банок консервов, преимущественно мясных, для снабжения армии.

С индустриализацией страны в целом началось и развитие консервной промышленности и уже к 1940 году производство консервной продукции превысило дореволюционный период в десятки раз.

Быстрыми темпами стала развиваться консервная промышленность в послевоенные годы. В 1950 году было произведено более полутора миллиардов банок консервов и далее из года в год повышался как объем производства, так и их качество благодаря научным исследованиям по созданию новых конструкций машин и аппаратов и технологических решений по снижению себестоимости продукции, повышению конкурентоспособности и производительности труда.

Много новых крупных консервных заводов, оснащенных мощной энергетической и сырьевой базами и высокопроизводительным технологическим оборудованием, было построено на Украине, Молдавии, Краснодарском крае, Грузии, Дагестане и других регионах.

Рыбоконсервные заводы были построены в богатых рыбой районах Дальнего востока, Каспийского, Черного и Балтийского морей. Все эти мероприятия обеспечили значительный рост консервного производства как одного из важнейших отраслей народного хозяйства.

Производство консервированной продукции не утратило своего значения и по сей день, так как оно наряду с сокращением времени для приготовления пищи, обеспечивает снижение затрат труда, а также возможности для создания как сезонных, так и стратегических запасов пищи.

Изучению теоретических и прикладных основ при консервировании пищевых продуктов, посвящены работы отечественных и зарубежных ученых: Аминова М.С., Ахмедова М.Э., Бабарина В.П., Горенькова Э.С., Демировой А.Ф., Касьянова Г.И., Рогачева В.И., Флауменбаума Б.Л., Болл Ч. и других.

В ассортименте консервированной продукции, насчитывающей более 1000 видов консервов, представлены плодоовощные, мясные и рыбные консервы, в том числе и сушеные и быстрозамороженные фрукты и овощи.

В настоящее время в Российской Федерации выработка всевозможных консервов достигла 15 млрд. банок в год.

Выработка консервов имеет важное значение для народного хозяйства нашей страны, особенно для обеспечения продовольственной безопасности страны.

Консервирование пищевых продуктов в герметической таре обеспечивает возможность создавать запасы для потребления в районах с различными климатическими условиями в течение круглого года.

Консервы являются также незаменимыми пищевыми продуктами для снабжения экспедиций, новостроек, в туристских походах. Невозможно без консервированной пищи и нормальное питание космонавтов.

Благодаря консервам становятся более разнообразными и питательными меню на предприятиях общественного питания, в детских яслях и садах.

Очень многие консервированные продукты прочно вошли в рацион народного питания и пользуются повышенным спросом потребителя. К ним относятся, например, томатный сок, являющийся, вероятно, самым популярным витаминным и освежающим напитком к завтракам и обедам, зеленый горошек из которого готовят и первое блюдо (суп) и гарнир ко вторым блюдам, закусочные консервы из овощей и рыбы типа «Перец фаршированный» или «Шпроты в масле», фруктовые соки из винограда, яблоч, абрикосов, вишни, слив и многие другие.

Таким образом, уступая по своему значению в народном хозяйстве таким продуктам, как мясо, молоко, сахар и рыба, консервы все же играют немаловажную и специфическую роль в питании людей.

В то же время необходимо сказать, что вряд ли еще какое-либо пищевое производство использует такое разнообразное сырье и имеет такое множество схем технологического процесса, как консервное.

Научное описание этих общих операций и процессов разных консервных производств представляет самостоятельную дисциплину, которая называется «Основы консервирования пищевых продуктов».

Технология консервирования пищевых является сложной научной дисциплиной, представляющей собой одну из разновидностей химической технологии органических веществ. В процессе хранения, переработки и консервирования в сырье протекают сложные биохимические процессы, которые при неправильной технологии могут вызвать ухудшение пищевой ценности продуктов питания и даже их порчу.

Поэтому, так важно знать технологические особенности сырья, которое реагирует на внешние воздействия в процессе переработки не только изменением комплекса компонентов своего химического состава, но и как живая биологическая система. Правильное построение и организация технологического процесса возможно только с учетом технологических особенностей сырья.

Высокое качество консервированных пищевых продуктов зависит от выбранного метода консервирования. Иногда сырьем можно сохранить без применения каких-либо особых технологических воздействий, полагаясь лишь на условия, содействующие естественному иммунитету растительного сырья. В ряде случаев сырье хорошо сохраняется при добавлении очень небольшого количества химических веществ, например антибиотиков, или при применении пониженных температур окружающей среды.

Надежная стабильность консервированных пищевых продуктов при хранении зависит прежде всего от герметичности и качества консервной тары, виды.

Особенно сложны теоретические основы тепловой стерилизации консервов. На этом, заключительном, этапе укупоренные банки с продуктом подвергаются действию высокой температуры, в результате чего микроорганизмы, находящиеся в банке, погибают, тем самым обеспечивается сохранность пищевых продуктов. Указанный завершающий процесс

наиболее важный, сложный и ответственный в технологии консервирования. От него зависит не только судьба готовой продукции, но и здоровье потребителя. Управление же процессом стерилизации, интенсификация его, улучшение качества стерилизованной продукции основаны на глубоком проникновении в закономерности теплового воздействия на протоплазму микробных клеток.

В настоящее время гибель микроорганизмов при высоких температурах рассматривают с позиций экспоненциального уравнения, характеризующего кинетику мономолекулярной реакции гидролиза белковых молекул.

Вопросы интенсификации процесса стерилизации рассматривают с позиций теории регулярного теплового режима.

Наконец, для управления процессом стерилизации необходимо изучить физический параметр - давление, развивающееся в таре при тепловой обработке, которое при определенных значениях может привести к браку консервов.

ГЛАВА I

1.ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СЫРЬЯ

Осуществление технологического процесса и выбор конкретного способа обработки сырья для переработки его в готовую консервированную продукции зависит от свойств сырья и способности его изменяться в определенном направлении под влиянием оказываемых на него воздействий. Иногда способ обработки определяется особенностями химического состава сырья. Характерным примером в этом отношении является технология виноградного сока. Технологии всех видов фруктовых соков, кроме виноградного, построены таким образом, что готовая продукция, которую сразу же можно отгрузить с завода в течение нескольких часов после подачи сырья в цех на переработку. А из-за наличия в винограде кислой виннокалиевой соли, плохо растворимой в соке и с течением времени выпадающей на дно бутылки в виде кристаллических отложений, в технологию этого консервированного пищевого продукта введен процесс многонедельного отстаивания сока на холоде до розлива его в бутылки.

Другой характерный пример влияния химического состава сырья на построение технологического процесса - способ получения абрикосового, томатного и некоторых других плодовых и овощных соков. В то время как яблочный и виноградный сок получают отделением на прессах клеточного сока от измельченной мякоти, а готовая продукция представляет собой прозрачный напиток, абрикосовый и ему подобные соки готовят, протирая целые, предварительно размягченные нагреванием плоды через механическое сито. В последнем случае готовая продукция имеет вид непрозрачной, мутной жидкости, она содержит до 50% и более плодовой мякоти. Это связано с тем, что пищевая ценность абрикосов, томатов и некоторых других видов растительного сырья определяется не только содержанием и гармоническим сочетанием сахаров, органических кислот, микроэлементов, полифенолов, ароматических и других пищевых веществ, но и наличием каротина, являющегося провитамином А. Как известно,

каротин, представляющий собой непредельный углеводород эмпирического состава $C_{40}H_{58}$ с непредельными связями, нерастворим в воде и, следовательно, в клеточном соке, а зафиксирован на мякоти. Если бы из абрикосов получали натуральный сок отделением на прессах клеточного сока от мякоти, то получалось бы, что в отходы производства уходил бы такой ценный компонент, как каротин. Хотя в абрикосах его содержится немного, всего лишь несколько миллиграммов на 100 г плодовой мякоти, однако этого достаточно для обеспечения суточной потребности организма человека в этом биологически активном веществе. Поэтому, технология абрикосового сока и применяемая для его изготовления аппаратура резко отличаются от способов производства и аппаратурного оформления линий яблочного и виноградного соков.

В некоторых случаях способ обработки зависит от физических свойств сырья. В частности, с учетом того, что качество зеленого горошка, его сладость, тесно связано с плотностью, можно произвести разделение данной партии сырья на сорта с помощью флотационных аппаратов, заполненных экспериментально подобранными солевыми растворами, в которых тяжелые, менее сладкие зерна тонут, а легкие, содержащие больше сахара и меньше крахмала, всплывают.

Часто способ обработки диктуется биологическими свойствами сырья. Для ряда пищевых производств важнейшая технологическая особенность сырья состоит в том, что это материал живой. Во многих случаях одних лишь сведений о химическом составе сырья оказывается недостаточно, чтобы получить из сырья готовую продукцию. Часто можно переработать сырье в нужном направлении лишь учитывая, что оно является живым материалом. Так, например, невозможно рационально организовать хранение на заводах плодов и овощей до пуска их в переработку, если не считаться с тем, что они дышат и что нужно создать такие условия, при которых бы это дыхание протекало нормально. Или, скажем, самый тщательный химический анализ и выяснение физических свойств слив, абрикосов, черной смородины,

крыжовника ничего не дают для объяснения такого важного технологического свойства, как плохая сокоотдача на прессах после обычного механического измельчения. Оказываемся, это связано с биологическими особенностями растительной ткани. Ткань не выпускает сока до тех пор, пока она жива, и чтобы получить побольше сока при отжиме, нужно эту ткань до прессования тем или иным способом убить.

1.1 Химические особенности сырья

Организм человека в процессе жизнедеятельности непрерывно разрушает некоторую часть составляющих его органических веществ и взамен разрушенного создает новые материалы за счет веществ, подступающих извне. Единство ассимиляционных и диссимиляционных процессов представляет собой характерную особенность всякого живого организма. Процессы диссимиляции - распада, разрушения - характеризуются выделением энергии. Процессы ассимиляции - созидания - сопровождаются накоплением энергий. Пищевые вещества, содержащиеся в сырье, служат, с одной стороны, строительным материалом для восстановления и построения новых тканей взамен непрерывно разрушающихся старых, с другой - энергетическим материалом, поддерживающим и сохраняющим теплоту нашего тела и превращающим тепловую энергию в механическую работу, в том числе и в работу внутренних органов.

Обеспечение нормальной жизнедеятельности возможно не только при условии снабжения организма необходимым количеством энергии (в виде, главным образом, углеводов и жиров) и белка (строительного материала), но и при соблюдении достаточно сложных взаимоотношений между многочисленными факторами питания. В этом смысле говорят о концепции сбалансированного питания, определяющего пропорции отдельных веществ в рационах питания, особенно незаменимых компонентов пищи, которые не синтезируются в организме человека.

Все пищевые вещества можно распределить на две группы: органические и неорганические. К первой группе относятся углеводы, липиды (жиры, липоиды), белки или азотистые вещества, органические кислоты, фенольные вещества, гликозиды, эфирные масла и фитонциды, ферменты, витамины. Ко второй группе относятся вода и минеральные соли.

Углеводы. Углеводы представляют собой обширную группу органических соединений, встречающихся главным образом в сырье растительного происхождения, прежде всего в плодах и ягодах.

Главнейшие представители углеводов: моносахариды (глюкоза, фруктоза), полисахариды I порядка (сахароза, лактоза, мальтоза), полисахариды II порядка (крахмал, декстрин, гликоген, целлюлоза, пектиновые вещества).

Углеводы играют энергетическую роль в питании, выделяя тепло при окислении в организме $-15,7$ кДж/г ($3,75$ ккал/г). Потребность взрослого организма в углеводах $400-500$ г в сутки.

Глюкоза и фруктоза-простые (моно) сахара, имеют одинаковую эмпирическую формулу $C_6H_{12}O_6$, но различаются по структуре молекулы. Оба эти сахара непосредственно усваиваются организмом, причем фруктоза легче, чем глюкоза.

Сахароза - свекловичный или тростниковый сахар. В плодах встречается вместе с глюкозой и фруктозой. Эмпирическая формула $C_{12}H_{22}O_{11}$. Сахароза в организме непосредственно не усваивается. Она гидролитически распадается на глюкозу и фруктозу по схеме:



а уже непосредственному окислению в организме подвергаются образовавшиеся моносахара - глюкоза и фруктоза. Этот процесс называется инверсией.

Сахара различаются по сладости. Наибольшей сладостью обладает фруктоза, наименьшей - глюкоза.

Сахара хорошо растворимы в воде. При кипении в воде растворяется около 83% сахара. Плотность водяных растворов Сахаров (d) можно рассчитать по формуле В. Жадана: $d=267/(267 -P)$, где P - содержание сахара в сиропе, %.

Крахмал. Эмпирическая формула крахмала $(C_6H_{10}O_5)_n$. Крахмал не имеет присущего сахарам сладкого вкуса. В организме человека он превращается в глюкозу. Больше всего крахмала содержатся в картофеле, зерновых хлебах, чечевице. Имеется он в зеленом горошке, кукурузе. Крахмал в растениях находится в виде зерен, которые состоят из двух веществ: амилозы и амилопектина. Амилоза растворяется в горячей воде; амилопектин в воде нерастворим, но набухает в ней, образуя клейстер, обладающий большой вязкостью.

Целлюлоза и клетчатка. Эмпирическая формула целлюлозы (как и крахмала) - $(C_6H_{10}O_5)_n$. Целлюлоза очень инертна в химическом отношении. Она нерастворима ни в воде, ни в крепких кислотах, ни в щелочах, не переваривается желудочно-кишечным трактом и является балластом в пищевом рационе. Однако в небольших количествах целлюлоза необходима для организма человека, так как придает пище известную рыхлость и вызывает полезную для физиологии питания перистальтику (движение) кишок. Целлюлоза тормозит теплообменные процессы в пищевых производствах, обуславливая густую консистенцию продуктов и высокое значение термической инерции.

Пектиновые вещества. Как и целлюлоза, пектиновые вещества представляют собой полисахариды несахаристого типа. Они содержатся в плодах и овощах как в виде протопектина, нерастворимого в холодной воде, так и в виде растворимого пектина. При нагревании протопектин гидролизуются превращаясь в растворимую форму. Пектиновые вещества, как и целлюлоза, не усваиваются непосредственно организмом, но играют в физиологии питания и в технологии более активную роль, чем целлюлоза. Во-первых, пектиновые вещества образуют комплексные соединения с

тяжелыми металлами, выводят их из организма и являются, таким образом, важным приходным средством профилактики специфических профессиональных заболеваний. Во-вторых, пектиновые вещества обладают важным в технологическом отношении свойством образовывать в присутствии сахара и кислоты фруктовые студни, желе. На этом свойстве пектиновых веществ основаны производства джема, повидла, мармелада, пастилы, фруктовых начинок и т. п. В то же время наличие пектиновых веществ тормозит такие, процессы, как прессование фруктовой мякоти, фильтрование соков.

Жиры. Жиры - наиболее мощный источник энергии. Энергетическая ценность их 37,7 кДж/г (9 ккал/г). Потребность в жирах составляет 80-100 г в день. Растительные масла находятся в семенах растений. Эти масла используются в ряде пищевых производств для обжаривания овощей, входят в рецептуру некоторых пищевых продуктов. В процессе тепловой обработки жиры, представляющие собой сложные эфиры трехатомного спирта - глицерина и высокомолекулярных органических кислот, гидролизуются на свои структурные компоненты. При этом повышается кислотное число масел, и качество их ухудшается.

Белковые и азотистые вещества. Белковые вещества состоят из аминокислот, являющихся производными жирных кислот, в которых один атом водорода замещен аминной группой. Разные белковые вещества состоят из различных аминокислот, а в одном и том же виде белка содержится множество разных аминокислот. Белковые вещества так же, как и углеводы и жиры, имеют энергетическое значение в физиологии питания, выделяя тепло при окислении в организме - 16,7 кДж/г (4 ккал/г). Дневная потребность человека в белках 80-100 г. В то же время белки являются строительным материалом, используемым в организме для восстановления и построения тканей. Правда, не всегда этот строительный материал является для нас в равной мере пригодным. Особую ценность представляют те белки, которые состоят примерно из того же набора аминокислот, да к тому же в той же

рецептуре, что и белки человеческого организма. Необходимо иметь в виду, что некоторые аминокислоты наш организм не в состоянии синтезировать и должен получать их готовыми извне. Такие аминокислоты называются незаменимыми. К ним относятся триптофан, лейцин, изолейцин, валин, треонин, лизин, метионин, фенилаланин. Полноценных белков содержится больше в сырье животного происхождения. Можно существовать и на одной растительной пище, содержащей неполноценные белковые вещества, при условии использования разнообразных продуктов. Тогда недостающие в одном пищевом продукте аминокислоты можно компенсировать, принимая другие виды белковых продуктов.

Органические кислоты. В плодах и овощах содержится довольно много различных органических кислот, но преобладают две: яблочная и лимонная. В винограде присутствует в основном виннокаменная кислота в виде кислой калиевой соли. В продуктах переработки плодов и овощей встречаются еще уксусная и молочная кислоты. В овощах имеется очень немного органических кислот, в плодах - 1-2% (в лимонах - до 8%). Кислый вкус плодов определяется не столько общим количеством кислот, сколько концентрацией водородных ионов, выраженной через водородный показатель pH (логарифм концентрации водородных ионов, взятый с обратным знаком). Чем ниже значение pH, тем продукт кислее, pH большинства плодов находится в пределах 3-4, овощей - 4,5-6.

Органические кислоты способствуют обмену веществ в организме человека и часто играют активную роль в регулировании технологических процессов пищевых производств (замедление жизнедеятельности микробов в консервном производстве, инверсия сахарозы в кондитерском производстве и т. д.).

Полифенолы. От этой обширной группы органических веществ зависит вяжущий вкус ряда плодов, их окраска. Полифенолы полезны для организма, особенно при некоторых желудочно-кишечных заболеваниях. Некоторые из них выполняют функцию витаминов. В то же время

полифенолы иногда осложняют технологический процесс. Например, в производстве ряда фруктовых консервов из-за потемнения нарезанных на дольки плодов (окисление дубильных веществ) приходится принимать меры, предупреждающие это нежелательное явление.

Ферменты. Ферменты являются мощными катализаторами химических процессов, протекающих в живых организмах.

Ферменты характеризуются строгой специфичностью действия. Каждый фермент катализирует только определенные химические реакции, превращения только определенных в структурном и стереохимическом отношении веществ. Так, например, фермент сахаразы переводит Сахарозу в инвертный сахар, пектаза разлагает пектиновые вещества до пектиновой кислоты, пектиназа расщепляет пектин до галактуроновых кислот и т. п. Действовать на другие соединения эти ферменты не могут.

Ферменты чувствительны к условиям той среды, в которой они находятся, и для наилучшей своей работы требуют оптимальных (для каждого фермента разных) условий. В особенности чувствительны ферменты к температуре и активной кислотности среды. Как правило, большинство ферментов лучше всего проявляет активность при температуре около 40°C. При более низкой температуре активность их резко снижается, а при повышении температуры ферменты инактивируются или вовсе разрушаются. Оптимальное значение pH для сахаразы 4,0-5,5, мальтазы 6,1-6,8, пепсина 1,5-1,6, каталазы - 7,0.

С каталитической деятельностью ферментов приходится встречаться во многих пищевых производствах, причем в одних случаях эта деятельность полезна и поддерживается, а в других - вредна и должна быть предотвращена или прекращена. Примером положительной деятельности ферментов может служить процесс осветления фруктовых соков с помощью особых ферментных препаратов плесневых грибов, содержащих пектиназу. При внесении этих препаратов в сок пектиновые вещества разлагаются, и благодаря этому разрушается коллоидная система соков, обуславливающая

их мутность. При этом снижается вязкость фруктовых соков. Все это создает благоприятные условия для эффективного фильтрования и получения кристально прозрачного сока. Примером отрицательной ферментативной активности является окислительный процесс потемнения нарезанных плодов, катализируемый ферментом полифенолоксидазой.

Витамины. Витамины содержатся в сырье растительного и животного происхождения в ничтожных по массе долях (сотые и даже тысячные доли процента), но именно в этих малых дозах они чрезвычайно необходимы для нормальной жизнедеятельности человека. Они способствуют укреплению здоровья, увеличивают сопротивляемость организма болезнетворным микробам, повышают работоспособность. Без витаминов не могут быть усвоены и использованы организмом основные пищевые вещества - углеводы, жиры, белки.

В отсутствие витаминов у человека возникают тяжелые заболевания, называемые авитаминозами. Эти заболевания вызывают серьезные нарушения в организме людей. Так, в отсутствие одних витаминов у человека развиваются тяжелые нервные расстройства, в отсутствие других - кожные болезни, в отсутствие третьих - заболевание глаз.

Для обозначения витаминов пользуются буквами латинского алфавита: А, В, С, D и т. д. Наряду с этим витамины имеют различные названия в зависимости от их химического состава, например: витамин С - аскорбиновая кислота, витамин В₁ - тиамин, витамин Е-токоферол. Кроме того, принято обозначать витамины медицинскими названиями тех заболеваний, которые возникают при их недостатке в организме, с прибавлением к этим названиям приставки «анти». Например: витамин А - антиксерофтальмический (ксерофтальмия - заболевание слизистой оболочки глаз), витамин D - антирахитический, витамин С - антицинготный (или антискорбутный).

Витамины обычно классифицируют по признаку их растворимости на две группы: растворимые в воде (водорастворимые) и растворимые в жирах

или в растворителях жиров (жирорастворимые). К водорастворимым относятся витамины группы В, С и Р, к жирорастворимым - А, D, Е, К.

В сырье растительного происхождения (плодах, овощах, злаках) содержатся основные витамины указанных групп: В₁ В₂, С, Р, РР, Е, каротин (провитамин А) и некоторые другие. Особенно важны плоды и овощи как источник витамина С, который содержится в томатах, болгарском перце, картофеле, капусте, черной смородине, зеленой кожуре грецких орехов, в цитрусовых плодах. Провитамин А - каротин находится в томатах, абрикосах, шпинате.

Следует иметь в виду, что витаминность пищевых продуктов меняется в зависимости от условий хранения сырья на заводе, от организации технологического процесса. Неправильная технология может привести к полному разрушению или потере витаминов и, следовательно, к значительному снижению пищевой ценности продуктов. Так например, в отношении сырья, богатого витамином С, растворив в воде и подверженным окислению, следует избегать распространенной в пищевых производствах горячей водной обработки и измельчения на центробежных устройствах, вызывающих сильную аэрацию полуфабриката. Переработку сырья, содержащего каротин, следует организовать так, чтобы не отделять сок от мякоти, ибо каротин и соке нерастворим, а зафиксирован на мякоти. По этой причине, как отмечалось выше, при изготовлении соков из абрикосов и томатов в готовом продукте оставляют мякоть, чего не делают, получая прозрачные соки из винограда и яблок, в которых клеточный сок освобожден от мякоти, не содержащей каротина.

Минеральные вещества. Наряду с органическими веществами в сырье содержатся минеральные вещества. Если в лабораторных условиях навески растительного сырья, то органические пищевые вещества сгорают, а минеральные вещества остаются в виде золы. Так, в плодах содержится 0,3-1,2% золы, в овощах 1,4-1,8%.

Минеральные вещества необходимы организму человека, так как они входят в состав всех тканей и принимают участие в обмене веществ. В человеческом организме имеются различные минеральные вещества, в состав которых входят элементы K, Na, Ca, Mg, Fe, P, S, Cl и многие другие, получаемые организмом вместе с пищей.

Кроме указанных элементов, которых в организме относительно много, в живой ткани содержится несколько десятков элементов в очень незначительных количествах ($10^{-30}\%$ и даже меньше). Их принято называть микроэлементами. Особенно важное значение для жизни имеют такие микроэлементы, как медь, цинк, свинец, олово, мышьяк, йод, бор.

Большинство необходимых для питания минеральных солей и микроэлементов человек получает с плодами, зеленью, овощами. Неправильный рацион питания, когда в организм человека поступает недостаточное количество кальция, хлора, натрия, железа и других минеральных веществ, может вызвать тяжелые для организма последствия. Очень важно вводить минеральные вещества не только в нужном количестве, но и в определенном соотношении. Каждая из минеральных солей важна для организма и имеет свое назначение. Так, соли натрия участвуют в регуляции осмотического давления, соли калия оказывают мочегонное действие, магниевые соли понижают артериальное давление, кальций и фосфор участвуют в построении костной ткани, железо входит в состав гемоглобина и т. д.

1.2 Биологические особенности сырья

Растительная ткань имеет клеточную структуру. Схематически эта структура показана на рис. 1. Клетки бывают различной формы: овальные, круглые, многоугольные. Они измеряются десятками микрометров. Клетки плотно прилегают друг к другу и даже склеены между собой с помощью межклеточного вещества.

В некоторых местах клетки не прилегают друг к другу, или прилегают не по всему периметру. Между ними находятся пустоты, межклеточные пространства, заполненные воздухом.

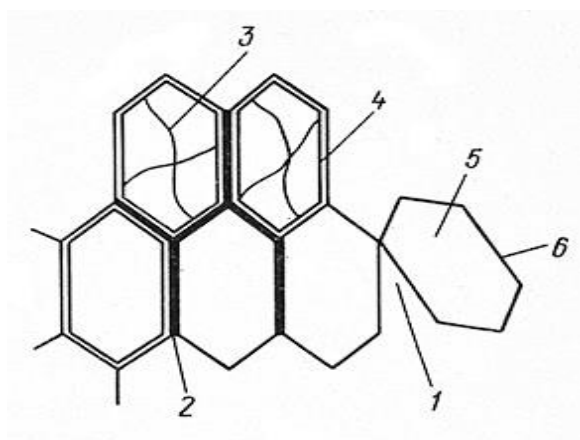


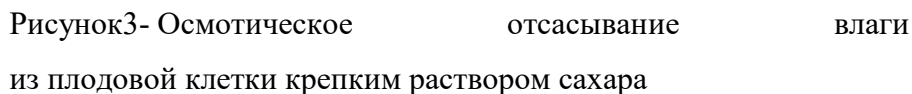
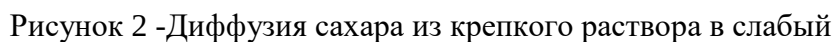
Рисунок 1 - Схема структуры растительной ткани:
1 - межклеточные пространства; 2 - межклеточное вещество; 3 - цитоплазматические нити; 4 - цитоплазматическая оболочка; 5 - цитоплазма; 6 - вакуоль.

Каждая клетка имеет оболочку прочную, ограниченно растяжимую, являющуюся каркасом клетки, панцирем, придающим ей определению форму и предохраняющим от механических повреждений нежные, жизненно важные элементы клеточной структуры, находящиеся под ней.

Клеточная оболочка взрослой растительной клетки выстлана изнутри тончайшим слоем цитоплазмы, образующей как бы вторую, внутреннюю оболочку клетки. Внутренняя полость клетки называется вакуолью и заполнена клеточным соком. В некоторых видах растительной ткани от цитоплазматической оболочки во все стороны отходят цитоплазматические нити, плазмодесмы, которые пересекают внутреннюю полость в разных направлениях и даже проходят через клеточную оболочку в соседнюю клетку, пронизывая насквозь всю клеточную ткань. Таким образом, клетка представляет собой как бы двухслойный мешочек, заполненный соком, в котором наружный слой представляет собой клеточную оболочку, а внутренний - цитоплазму.

Переходя от перечисления основных элементов клеточной структуры к их свойствам и составу, следует сказать, что межклеточное вещество, цементирующее растительную ткань, состоит из протопектина. В ряде случаев для того, чтобы размягчить ткань, сделать более рыхлой, следует подвергнуть ее такой обработке, при которой нерастворимый (в холодной

С внутренней стороны клеточная оболочка выстлана тончайшей слизевидной тканью цитоплазменной мембраны, которая не приклеена к клеточной оболочке, а свободно к ней прилегает, будучи прижатой давлением клеточного сока. Носительницей жизни клетки является именно цитоплазменная оболочка, состоящая в основном из белковых веществ и некоторого количества жироподобных веществ, называемых липидами.



23

например таких веществ, как сахара и соли, через поры цитоплазмы прийти не могут. Таким образом, цитоплазменная оболочка проницаема для воды и непроницаема для растворенных в воде веществ, она, как принято говорить, полупроницаема.

Полупроницаемость цитоплазменной оболочки осложняет протекание диффузионных и физических процессов в пищевых производствах и в ряде случаев должна обязательно приниматься во внимание при построении технологии производства пищевых продуктов.

Представим себе (рис. 2), что в стакан налили некоторое количество крепкого, например 60%-ного, раствора сахара, а затем осторожно с помощью пипетки, прикасаясь к внутренней стенке стакана, прилили слабый, скажем, 10%-ный раствор сахара. Если проделать эту операцию так, чтобы не взболтать и не перемешать растворы, то слабый раствор сахара, плотность которого меньше крепкого, ляжет поверх последнего, не смешавшись с ним. Пробные краники, расположенные в соответствующих по высоте зонах, позволят отобрать несколько капель сахарных растворов, необходимых для определения концентрации сахара. Анализы покажут, что в нижнем слое концентрация сахара составляет 60%, а в верхнем - 10%.

Однако с течением времени благодаря закону диффузии, в силу которого молекулы сахара будут самопроизвольно перемещаться от места с большей концентрацией в зону, где концентрация сахара меньше, верхний слой будет постепенно обогащаться сахаром, а концентрация нижнего слоя - уменьшаться. Так будет продолжаться до тех пор, пока концентрация сахара в обоих слоях не уравнивается, а если крепкий и слабый растворы сахара были взяты в одинаковых по массе количествах, анализ покажет, что пробы растворов из разных по высоте слоев одинаковы по концентрации и содержат в данном случае примерно 35% сахара.

Если теперь поместить в стакан с 60%-ным раствором сахара плодовую клетку (рис. 3), в соке которой содержится 10% сахара, то «нормальная» диффузия, при которой молекулы сахара перемещались бы, как в

предыдущем примере, из крепкого раствора внутрь клетки, здесь произойти не может из-за того, что цитоплазменная оболочка клетки непроницаема для сахара. Но так как диффузия является законом природы, то она будет осуществляться в отношении того вещества, для которого цитоплазменная мембрана не является помехой, т. е. для воды. При этом в соответствии с законом диффузии вода будет перемещаться от места с большей ее концентрацией к месту с меньшей концентрацией, т. е. из клетки наружу, поскольку концентрация воды в клетке 90%, а в сахарном растворе - 40%.

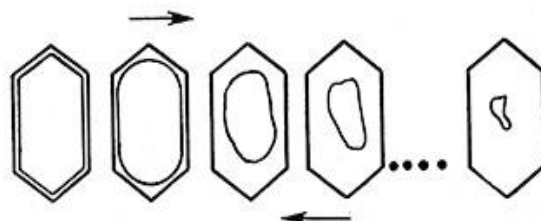
Таким образом, выравнивание концентрации здесь будет происходить за счет перемещения молекул растворителя, а не растворенного вещества. При этом клеточный сок будет сгущаться, а наружный сироп - разбавляться. Такая диффузия, осложненная наличием полупроницаемой перегородки, называется осмосом. В данном примере получается, что наружный крепкий сахарный раствор будет осмотическим путем выкачивать наподобие особого насоса воду из клетки.

Поскольку цитоплазменная оболочка не приклеена к наружной клеточной оболочке, то по мере осмотического отсасывания из нее воды объем цитоплазматического мешочка уменьшается (рис. 4) и цитоплазма начинает отслаиваться от клеточной оболочки сначала по углам клетки, а потом по всему периметру. Чем крепче наружный раствор, тем большее количество влаги будет отсасываться из клетки, тем больше будет съеживаться цитоплазматический мешочек, пока он не соберется где-то в середине клетки в виде сморщенного комочка. Этот процесс съеживания цитоплазмы называется *плазмолизом*. В состоянии плазмолиза клетка нежизнеспособна. Она не погибает, но нормальные ее функции приостанавливаются. В таком состоянии между жизнью и смертью клетка может находиться очень долго, не проявляя никакой активности. Если учесть, что все сказанное здесь о растительной клетке можно полностью отнести к бактериальной клетке, то становится ясным, что, создав в пищевом продукте высокую концентрацию сахара или соли, можно вызвать плазмолиз

микробных клеток и тем самым предохранить продукты от бактериальной порчи. Как известно, такой способ применяется на практике.

Если теперь поместить плазмолизированную клетку в чистую воду, то процесс пойдет в обратном направлении. Теперь клетка станет жадно всасывать воду, цитоплазматический мешочек будет увеличиваться в объеме, расправляться до тех пор, пока плотно

не прижмется к наружной, клеточной оболочке. Последняя является ограниченно растяжимой, и когда



предел растяжения ее наступит, поступление воды в клетку

Рисунок 4 - Плазмолиз плодовой клетки

прекратится, а сама она будет находиться в напряженном состоянии - состоянии *тургора*. В клетке возникает давление, которое по роду вызвавшего его процесса называется осмотическим.

Поскольку поведение веществ в растворенном состоянии во многом подчиняется газовым законам, осмотическое давление можно рассчитать по характеристическому уравнению для газов: $pV = RT$, где p - давление; МПа; V - объем данного раствора, в котором растворена 1 г моль данного вещества, л; R - газовая постоянная ($8,3144 \cdot 10^3$ Дж/(кмоль $\cdot$ К); T - температура по абсолютной шкале, отсюда

$$p = RT/V \quad (1.1)$$

Допустим, что требуется рассчитать осмотическое давление, которое может вызвать 4%-ный раствор свекловичного сахара при 15°C. Значения R и T не требуют особых вычислений, V нужно рассчитать. Итак, V - это количество литров данного 4%-ного раствора сахара, в котором растворена 1 г $\cdot$ моль этого вещества. 1 г $\cdot$ моль сахарозы $C_{12}H_{22}O_{11}$ составляет 342 г. Можно с некоторой погрешностью принять, что 4%-ный раствор сахара - это такой раствор, в 1 л которого находится 40 г сахара. Тогда искомая величина V определится из пропорции:

$$1\text{ л} - 40\text{ г}$$

$$V_{\text{л}} - 342 \text{ г}$$

$$V = 342 : 40 = 8,55 \text{ л.}$$

Следовательно,

$$p = 8,3144 \cdot 10^3 (273 + 15) 10^{-6} : 8,55 = 0,28 \text{ МПа (3 атм).}$$

Если учесть, что раствор сахара был очень слабым (4%-ным), то полученное давление следует считать высоким. В практике пищевых производств приходится иметь дело с гораздо более концентрированными растворами (60-70% и более), следовательно, осмотическое давление, которое они могут вызвать, значительно выше. Нужно только понимать, что в самом растворе сахара никакого осмотического давления нет, какой бы крепкий он ни был, есть только осмотический потенциал, т. е. возможность возникновения давления, если такой раствор войдет в соприкосновение с полупроницаемой системой, например, если в него погрузить плод или если в него попадут микробные клетки. Тогда на границе раствор - полупроницаемая мембрана осмотический потенциал будет реализован и возникнет давление, величину которого можно не только рассчитать, но и измерить.

При рассмотрении настоящего примера видно, что на величину осмотического давления влияют массовая концентрация и молекулярная масса данного вещества. Действительно, величина V в примере (8,55 л) получена как частное от деления 342 -молекулярной массы сахара M на 40-массовую концентрацию его в данном растворе G . Таким образом, в общем виде $V = M/G$. При подстановке этого выражения в формулу для расчета осмотического давления получим

$$p = G/MRT \quad (1.2)$$

Отсюда видно, что осмотическое давление прямо пропорционально массовой концентрации данного вещества и обратно пропорционально его молекулярной массе. Следовательно, при одной и той же массовой концентрации осмотическое давление будет больше для тех веществ, у

которых меньше молекулярная масса. Так, например, осмотический потенциал 4%-ного раствора поваренной соли должен быть примерно в 6 раз (молекулярная масса 58) больше, чем 4%-ного раствора свекловичного сахара.

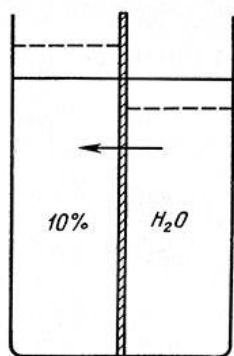


Рисунок 5 - Прямой осмос

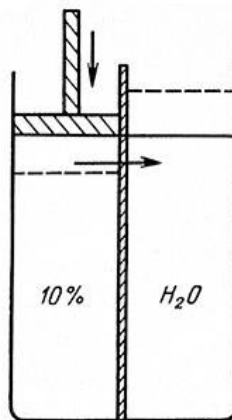


Рисунок 6- Обратный осмос

Осмотические явления не только играют важную роль в ряде пищевых производств, но и сами составили предмет нового технологического процесса, получившего название «обратный осмос». Сущность его заключается в следующем. Если в сосуд, разделенный на две половины вертикальной перегородкой (рис. 5), изготовленной из полупроницаемого материала (пленки из синтетических полимеров), налить фруктовый сок, содержащий 10% сахара (в одну половину) и чистую воду (в другую половину), то вода в силу осмотического давления будет всасываться в ту половину, где налит сок и уровень жидкости в этой половине сосуда повысится. Это схема обычного, прямого, осмоса. Если же теперь приложить к той части сосуда, где находится сок, давление с помощью насоса (рис. 6), большее, чем то, под которым вода осмотически просачивается в процессе прямого осмоса, то вода потечет в обратном направлении, т.е. из половины сосуда с соком в ту половину, где находится чистая вода. Это и будет так называемый обратный осмос. При этом, сок сгущается, концентрация сахара в нем увеличивается. Этот способ концентрирования фруктовых соков выгодно отличается от обычных тепловых приемов, в процессе которых

затрачивается много энергии, происходят фазовые превращения воды и ухудшается качество продукции.

Свойство полупроницаемости цитоплазматических оболочек клеток не следует понимать слишком упрощенно, как наличие в мембране физически оформленных капиллярных каналов стабильного сечения. Полупроницаемость цитоплазматических мембран связана с физико-химической структурой их и с той ролью, которую они играют в физиологии растений.

Выше отмечалось, что цитоплазма состоит из белковых веществ и липидов. Несмотря на крайне ничтожную толщину этой оболочки, в ней все же различают 3 слоя (рис. 7): верхний, граничащий с воздухом, средний и нижний, граничащий с вакуолью клетки, заполненной клеточным соком. Структура, состав и свойства этих слоев неодинаковы.

Липиды, являющиеся поверхностно-активными веществами, скапливаются в поверхностных слоях цитоплазме иной мембраны, образуя строго ориентированные и плотно прилегающие друг к другу моно- и бимолекулярные ряды. При этом в наружном, верхнем, слое, называемом плазмалеммой, молекулы липидов обращены своим гидрофобным концом наружу, к воздуху, являющемуся гидрофобным веществом. Получается мономолекулярный ряд, своего рода «часток» выстроенных в строгом порядке и прилегающих друг к другу молекул, зазоры между которыми и являются теми капиллярами микросечения, о которых речь шла выше. Именно сквозь щели этого частокола из липидов и не могут «пробраться» крупные молекулы растворенных в соке веществ, а могут проходить, да и то с некоторым усилием, молекулы воды.

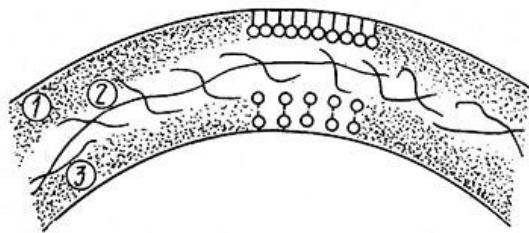


Рисунок 7 - Структура цитоплазматической оболочки:

1 - верхний слой - плазмалемма; 2 - средний слой - мезоплазма; 3 - нижний слой - тонопласт (палочки с кружочками обозначают молекулы поверхностно-активных веществ)

Еще более, непроницаем нижний, внутренний слой цитоплазматической оболочки, называемый тонопластом. Он также образован молекулами липидов, но ориентированными в обратном

порядке - гидрофильными концами наружного ряда к клеточной соку (водному раствору запасных веществ клетки), а гидрофобными концами - к гидрофобным концам молекул второго, примыкающего к наружному, ряда поверхностно-активных веществ. Получается очень мало проницаемый двойной липидный слой.

Средний слой – мезоплазма, состоит из беспорядочно расположенных и находящихся в хаотическом движении молекул белковых веществ. Этот слой проницаем.

Исключительно важен для понимания биологических особенностей клетки, влияющих на технологический процесс консервирования пищевых продуктов, тот факт, что свойство полупроницаемости не является стабильным атрибутом клетки. Оно присуще только живой, здоровой, неповрежденной цитоплазме и даже для них тоже не является вполне постоянным. Полупроницаемость клетки - пусть в небольших пределах - непрерывно меняется, поскольку непрерывно изменяются и условия в окружающей клетку среде. Изменяются, например, температура воздуха, его состав, освещенность и многие другие факторы. Цитоплазма, как носитель жизни клетки, чутко реагирует на малейшие изменения внешней среды. Она непрерывно поглощает кислород из воздуха, выделяет наружу углекислый газ. Вещества цитоплазмы непрерывно реагируют друг с другом и с веществами, проникающими в клетку извне. В ней непрерывно происходят процессы обратимой коагуляции, пептизации, коацервации и расщепления. В результате этих процессов проницаемость цитоплазматических мембран непрерывно изменяется, поры пульсируют, становясь то больше, то меньше.

Но если уровень нестабильности клеточной проницаемости для живой, здоровой цитоплазмы не слишком высок и колеблется вокруг какого-то среднего значения, то картина совершенно меняется, когда клетка подвергается неблагоприятным внешним воздействиям: механическим травмам, обработке высокими или низкими температурами, ионизирующим излучениям и другим экстремальным факторам. На все такие воздействия

клетка реагирует комплексом однотипных изменений, свидетельствующих о ее раздражении.

Представим себе цитоплазменную мембрану в виде пленки, натянутой на прямоугольный каркас грани клеточной оболочки. Эта пленка, как указывалось ранее, пронизана тысячами тончайших капиллярных каналов и является полупроницаемой.

Если теперь к цитоплазменной мембране поднести нагретый до высокой температуры предмет - горящую спичку, раскаленный металлический прут и т. п., то она испытывает болевое ощущение, раздражение подобное тому, которое испытывают животные. Но в отличие от животных, у которых раздражение воспринимается особой нервной тканью, цитоплазма воспринимает болевые ощущения всей своей поверхностью и, следовательно, доза полученного цитоплазменной мембраной раздражения пропорциональна ее поверхности.

Животное, получив сигнал от периферической нервной системы в головной или спинной мозг, может избавиться от раздражения, вызванного прикосновением к горячему предмету, отойдя от него или отдернув лапу,

Цитоплазменная же мембрана, будучи хотя и живым, но лишенным разума комочком материи, неспособным к тому же передвигаться, может умерить болевое раздражение лишь одним - единственным путем, сократив инстинктивно свою поверхность. Применительно к коллоидно-растворенным веществам сокращение поверхности приводит к сближению коллоидных мицелл, слипанию их, укрупнению, в результате чего создаются предпосылки для коагуляции. А так как масса цитоплазменной мембраны G , пропорциональная произведению поверхности пленки S на ее толщину δ , есть величина постоянная

$$G = f(S\delta) = \text{const}, \quad (1.3)$$

то уменьшение S должно обязательно приводить к увеличению δ , т. е. к образованию сгустков.

Нужно сказать, что стремление к самопроизвольному сокращению поверхности коллоидных растворов вытекает из второго закона термодинамики и действует независимо от того, прилагается к системе раздражающий фактор или нет.

Применительно к данному примеру с цитоплазме иными мембранами, по-видимому, можно воспользоваться одной из формулировок второго закона термодинамики: каждая природная система стремится к своему равновесному состоянию, при котором запас свободной энергии минимален. А так как свободная энергия A пропорциональна поверхности S ,

$$A = KS, \quad (1.4)$$

то получается, что в каждой природной системе имеется самопроизвольное стремление к уменьшению свободной энергии, что достигается путем сокращения поверхности.

Подходит в данном случае и та формулировка второго закона, в которой отмечается, что все естественные процессы являются переходом от менее вероятных состояний к более вероятным. А так как упорядоченные, строго ориентированные структуры на поверхностных слоях цитоплазмы менее вероятны, чем хаотически расположенные молекулы в глубинных слоях, то и этот момент приводит к самопроизвольному сокращению поверхности с находящимся на ней упорядоченным слоем липоидов.

Таким образом, применительно к коллоидно-растворенным веществам, сокращение поверхности вызывает сближение коллоидных мицелл, слипание их, укрупнение, в результате чего создаются предпосылки для коагуляции.

Подобное сгущение частиц, образование узелков, сгустков происходит в десятках тысяч точечных участков поверхности цитоплазмальной мембраны. Эти узелки оттягивают на себя белковую массу вещества цитоплазмальной пленки, следовательно, между ними будут образовываться пустоты, поры значительно большего диаметра, чем те, которые были в мембране до раздражающего ее возникновения. Таким образом, клеточная проницаемость под влиянием раздражающих факторов должна возрасть.

Сказанное хорошо уясняется из схемы:

$$S_0 = S_6 + S_n = \text{const}, \quad (1.5)$$

где S_0 - общая площадь поверхности «рамки», на которую «натянута» цитоплазматическая мембрана; S_6 - площадь поверхности белковых веществ, образующих массу цитоплазматической мембраны; S_n - суммарная площадь поверхности пор в цитоплазматической пленке.

Поскольку общая площадь поверхности «рамки» S_0 - величина постоянная, то ясно, что уменьшение площади поверхности белкового тела цитоплазмы S_6 должно приводить к возрастанию доли площади поверхности, приходящейся на поры, - S_n .

Итак, каким бы раздражителем ни подействовать на цитоплазму (механическое повреждение, высокая температура, электрический ток и т. п.), реакция ее всегда оказывается монотонной: вязкость возрастает, степень дисперсности коллоидно-растворенных веществ уменьшается, коллоидные мицеллы слипаются в крупные агрегаты, между которыми образуются большие проходы. Начавшаяся коагуляция приводит к увеличению клеточной проницаемости.

Если источник раздражений убрать и если раздражение при этом не достигло критического порога, то происшедшие изменения становятся обратимыми: сгустки рассасываются, поверхность пор затягивается, проницаемость уменьшается и достигает первоначального небольшого значения.

Но если критический порог раздражения был превзойден, то происходит необратимая коагуляция коллоидов цитоплазмы, сопровождающаяся предельным возрастанием клеточной проницаемости, разрывом цитоплазматической оболочки и гибелью клетки. При этом вещества, находившиеся внутри клетки и растворенные в клеточном соке, высвобождаются и через разорванную цитоплазматическую мембрану легко выходят вместе с соком наружу. Таким образом, с физико-химической точки

зрения, гибель живой ткани заключается в коагуляции коллоидов цитоплазменной оболочки клеток.

Можно привести много примеров из повседневной практики, которые показывают губительное воздействие на живую ткань ряда энергичных физических воздействий, вызывающих резкое увеличение клеточной проницаемости. Так, если погрузить кусочек красной свеклы или лист красной капусты в холодную воду, то даже при длительной выдержке вода окрашиваться не будет либо окрасится очень слабо: живая, неповрежденная цитоплазма не выпускает окрашенного сока из клетки, но стоит свеклу или капусту нагреть до 60-70°C, как цитоплазма гибнет, красящие вещества из ткани начинают свободно выходить и вода окрашивается. Другим примером может служить яблоко (или иной плод), оттаявшее после замораживания, из которого сок легко вытекает при слабом надавливании, или даже самопроизвольно. Это явление также объясняется нарушением структуры цитоплазменной оболочки под влиянием замерзания.

На свойстве убитых клеток выпускать наружу заключенные в них питательные вещества, основываются многие процессы в пищевых производствах, такие, как экстракция свекловичной стружки горячей водой в диффузионных аппаратах на сахарных заводах, предварительная обработка плодов до прессования на консервных предприятиях и.т.д. Предпринимая ту или иную обработку плодов до отжима из них сока на прессах, исходят именно из биологических, а не из каких-либо иных свойств клетки. В этом случае считают, что основным препятствием для извлечения сока из растительной ткани является живая, неповрежденная цитоплазма и что для более полного и легкого извлечения сока необходимо разрушить цитоплазменные оболочки большинства клеток

Один из наиболее распространенных методов повреждения клеток и повышения их проницаемости в пищевых производствах - механическое измельчение. Однако одно лишь механическое воздействие не всегда оказывается достаточно эффективным. С одной стороны, из-за малого

размера клетки невозможно добиться того, чтобы каждая клетка подвергалась измельчению, с другой - цитоплазма клеток различных плодов обладает неодинаковой устойчивостью в отношении механических воздействий.

Цитоплазменные оболочки таких плодов, как яблоки, виноград, вишня, характеризуются подвижностью, небольшой вязкостью, мало эластичны и сравнительно легко повреждаются при измельчениях. Цитоплазменные же оболочки тканей сливы, абрикосов, черной смородины отличаются высокой вязкостью, эластичны и на них механическое измельчение оказывает недостаточное воздействие.

На способность плодовых клеток поддаваться механическому измельчению влияют не только такие физиологические показатели как вязкость и эластичность цитоплазмы, но и анатомические показатели клеточной структуры - доля цитоплазмы в клетках, толщина клеточных стенок, количество так называемых проводящих пучков.

Более устойчивы к механическому воздействию, как показали исследования Т.В. Качуровской и Л.В. Никитенко, те плоды, ткани которых характеризуются большей толщиной клеточных стенок, большей долей цитоплазмы в клетке и большим количеством проводящих пучков. Последние являются сосудистыми элементами растительной ткани, по ним она снабжается влагой и питательными веществами. Эти элементы утолщены и лигнифицированы, что снижает эффект механического мельчения. Именно такими анатомическими показателями характеризуются сливы, абрикосы и черная смородина. У яблок же все эти показатели имеют меньшие значения. Вот почему из яблок после механического измельчения удастся отжать на прессах много сока - 70-80%, а из слив и абрикосов выход сока при прессовании не превышает 40%.

В табл. 1 приведены анатомические и физиологические характеристики различных видов плодового сырья в сопоставлении с показателями их сокоотдачи при прессовании.

Таблица 1 -Анатомические и физиологические характеристики различных видов плодового сырья

Плодовое сырье	Анатомические показатели			Физиологические показатели цитоплазмы		Выход сока %
	Доля цитоплазмы ¹	количество проводящих пучков ²	Толщина клеточных стенок, мкм	Относительная вязкость, мик	Относительная эластичность мик	
Абрикос Хонабах	33	65-120	3-3,5	35-40	25	32
Слива Венгерка обыкновенная	31	20-22	4-5	28-30	18	40
Золотой пармен	8,3	4-6	2-2,5	10-15	18	80
Кальвиль снежный	8,5	4-6	2-2,5	15-18	18	76
Джонатан	8,5	4-6	2-2,5	16-18	18	75
Ренет Симиренко	8,5	5-8	2-2,5	20-22	20	73
Вагнера призовое	9,0	8-10	2-2,5	22-25	20	67

Данные табл. 1 подтверждают отмеченную выше корреляцию анатомо-физиологических показателей растительной ткани с сокоотдачей при прессовании измельченных плодов. Они показывают также связь биологической характеристики плодов с такой технологической особенностью, как сокоотдача при прессовании.

Исследования показали, что основным тормозящим фактором среди всех перечисленных является цитоплазма. Поэтому показатели, ответственные за сокоотдачу, можно ориентировочно обозначить следующей балльной оценкой: доля цитоплазмы - 25, относительная вязкость и эластичность - по 25, количество проводящих пучков - 15, толщина клеточных стенок - 10. Если с помощью этой шкалы проанализировать табл. 1, то для каждого из приведенных видов сырья можно получить общую балльную оценку, назвав ее индексом устойчивости 1 к механическому воздействию (табл. 2).

Таблица 2 – Показатели сокоотдачи сырья

Наименование сырья	Индекс устойчивости	Выход сока
Абрикос	94	32
Слива (Венгерка)	82	40
Яблоки		
Золотой пармен	26	80
Ренет Семиренко	32	73
Джонотан	28	75

Из данных таблицы 2 видно, что именно труднопрессуемое сырье характеризуется высоким значением индекса устойчивости (82-94), в то время как легко отдающее сок - низким (32-40), что коррелирует с выходом сока.

Для плодов, устойчивых к механическому воздействию, приходится подбирать такие методы обработки, при которых гарантируется повреждение цитоплазматических мембран большинства клеток. К таким технологическим приемам относятся тепловая обработка, замораживание, электроплазмолиз и др. Таким образом, чисто биологические характеристики сырья в ряде случаев кладут в основу построения технологического процесса консервирования пищевых продуктов и выбора необходимой для той или иной обработки аппаратуры.

ГЛАВА II

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕТОДОВ КОНСЕРВИРОВАНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Порча пищевых продуктов, в частности плодов и овощей, вызывается главным образом действием микроорганизмов. Плоды и овощи, содержащие много влаги и такие пищевые вещества, как сахара, органические кислоты, азотистые вещества, пектиновые вещества и т. п., являются хорошей питательной средой для микроорганизмов.

Проникая в плоды и овощи, микроорганизмы начинают быстро размножаться и потреблять пищевые вещества. В процессе размножения и питания микробы разлагают ценные вещества растительного сырья с образованием спирта, кислот, а также ряда дурнопахнущих и ядовитых соединений, приводя к гибели плоды и овощи как живой организм и делая их непригодными для употребления в пищу.

Гниение, прокисание, брожение являются микробиологическими процессами.

Иногда плоды и овощи или изготовленные из них продукты могут испортиться и в отсутствие микробов в силу различных биохимических процессов, свойственных самим продуктам. Эти биохимические процессы протекают при наличии ферментов. В ряде случаев, когда созданы условия, при которых микробы отсутствуют, а ферменты в процессе технологической обработки остались неповрежденными, пищевые продукты также подвергаются порче.

Таким образом, чтобы надежно предохранить плоды и овощи или продукты их переработки от порчи, необходимо создать такие условия хранения, чтобы микробы были уничтожены или не могли развиваться и чтобы ферменты, регулирующие биохимические процессы, были инактивированы.

Изыскивая средства предохранения плодов и овощей от порчи, необходимо иметь в виду важную особенность растительного сырья, которая

заключается в том, что плоды и овощи являются живыми органами растений и, как живые организмы, обладают естественной невосприимчивостью (иммунитетом) к различным заболеваниям.

Этот иммунитет заключается в том, что плоды и овощи защищены от всякого рода внешних воздействий рядом механических, физико-химических и химических барьеров.

Во-первых, в кожице или под кожицей почти всегда содержатся эфирные масла и некоторые другие летучие вещества бактерицидного действия. Таким образом, хранящиеся плоды как бы окутаны облаком отравленной атмосферы и многие микроорганизмы гибнут еще на подходе к сырию.

Далее, от проникновения микробов внутрь предохраняет кожица, довольно прочная и относительно толстая и к тому же часто покрытая восковидным налетом, инертным в химическом отношении и плохо поддающимся воздействиям химического и ферментативного аппарата микробов.

Но представим себе, что часть микроорганизмов преодолела эти барьеры и добралась до поверхности освобожденного от кожицы плода. Основной питательный материал находится внутри плода, в клетках. Внутри же клетки микробам добраться нелегко. Прежде всего, как отмечалось в главе I, миллионы клеток, из которых состоит мякоть плода, плотно спаяны друг с другом инертным в химическом отношении протопектином. Следовательно, чтобы добраться до поверхности каждой отдельной клетки, нужно их «расцементировать», расщепить этот связующий материал.

Микроорганизмы располагают мощным и разнообразным ферментативным аппаратом, который переключается, по мере надобности, с одного биохимического процесса на другой. В данном случае включаются в работу пектолитические ферменты, протопектин гидролизует, плодовая ткань мацерируется, клетки отклеиваются друг от друга и микробы поручают доступ к каждой клетке со всех сторон. Но на этот биохимический процесс

требуется затратить немало времени. Плоды же пока продолжают сохраняться, порча еще не наступила.

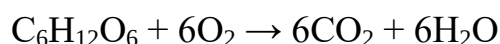
Следующий барьер, являющийся одним из компонентов иммунитета, представляет клеточная оболочка, в состав которой входят опять-таки трудно поддающиеся химическому воздействию целлюлоза и протопектин.

Наконец, под клеточной оболочкой находится цитоплазматическая оболочка, для разрушения которой тоже требуются особые меры воздействия. Включаются в работу протеолитические ферменты, белковые вещества коагулируют, и последняя преграда на пути к клеточному соку устраняется. При повреждении цитоплазматической мембраны плодовая клетка погибает, находящийся в ней сок вытекает и становится добычей для микробов.

Таким образом, до тех пор, пока плоды и овощи живут, они во многом сами себя защищают от действия микроорганизмов без вмешательства человека,

С другой стороны, необходимо учитывать, что растительное сырье - это только живые органы растений, которые уже отделены от самого растения. Поступление извне питательных веществ в эти органы прекращено. Поэтому протекающие в таком сырье биохимические процессы приводят только к потреблению, расходованию ценных питательных веществ, и, таким образом, запасы этих веществ истощаются без возобновления.

Пример основного биохимического процесса - дыхание плодов и овощей. При дыхании органические вещества плодов, например сахара, сгорают, окисляются, выделяя 2820 кДж и превращаясь в CO_2 и H_2O .



Масса растительного сырья уменьшается, теряется его пищевая ценность. Поэтому, помня о том, что живой плод обладает способностью сопротивляться действию микробов и сам себя предохраняет от порчи, необходимо не забывать и о том, что нормальное протекание этой жизни таит в себе неминуемую угрозу гибели плода и его порчи.

Итак, объектом переработки в плодоовощеконсервном производстве является растительное сырье, которое может подвергаться порче и представляет собой живой организм. С другой стороны, главным возбудителем порчи сырья являются также живые микроскопические организмы - плесени, дрожжи, бактерии.

Следовательно, проблема консервирования для сохранения плодов, овощей и продуктов их переработки сводится к регулированию жизненных процессов, лежащих в основе явлений порчи. При этом имеются в виду как биологические процессы, протекающие в сырье, так и жизнедеятельность микробов.

Регулирование биологических процессов, протекающих в сырье и микроорганизмах, и положено в основу всех существующих методов консервирования.

Изменяя условия среды, воздействуя на сырье, или на микроорганизмы теми, или иными физическими и химическими факторами, можно добиться уничтожения или подавления жизни возбудителей порчи (микроорганизмов) и сохранения жизни сырья. Можно прекратить все жизненные процессы в сырье, не разрушая его пищевых качеств, устранив возбудителя порчи, сохранить сырье как пищевой продукт и т. д.

Используя биологические принципы, положенные в основу классификации проф. Я.Я. Никитинского, методы консервирования можно разделить на три основные группы:

1) основанные на принципе биоза, т. е. поддержания жизненных процессов в сырье и использования его естественного иммунитета;

2) основанные на принципе анабиоза, т. е. на замедлении, подавлении жизнедеятельности микроорганизмов и растительного сырья при помощи различных физических, химических и биологических факторов. При этом микроорганизмы всегда приводятся в анабиотическое состояние. Жизненные же процессы в сырье, как правило, прекращают совсем;

3) основанные на принципе абиоза, отсутствия жизни, т. е. на полном прекращении всех жизненных процессов как в сырье, так и в микроорганизмах.

Как будет показано ниже, ни один из принципов, положенных в основу этой классификации, не может быть осуществлен на практике в чистом виде. Чаще всего те или иные методы консервирования основываются на смешанных принципах.

Так, например, в первой группе методов встречаются элементы второй группы.

Точно так же в группе анабиотических методов можно различить признаки группы, основанной на принципе отсутствия жизни,

И наконец, в группу методов, основанных на принципе действия жизни, всегда примешиваются элементы абиоза.

Однако верно и то, что каждая из групп все-таки характеризуется преобладанием какого-либо одного принципа, поэтому классификация Я.Я. Никитинского удобна и помогает лучше уяснить сущность методов консервирования.

2.1Биоз

Этот метод заключается в хранении плодов и овощей в свежем виде, без какой-либо специальной обработки. Применяются лишь меры направленные на поддержание нормальных жизненных процессов и некоторое ограничение их интенсивности для уменьшения расхода питательных веществ в связи с дыханием и снижения потерь массы в результате испарения влаги. Поддержание нормальных жизненных процессов и ограничение их интенсивности сводятся к определенному режиму складирования и хранения сырья. Биоз не является методом консервирования в обычном понимании, это лишь система мер, обеспечивающих кратковременное сохранение плодов в свежем виде при поступлении сырья на завод.

Прежде всего следят за тем, чтобы при укладке сырья избежать механических повреждений, и по возможности отбраковывают испорченные

экземпляры. Поврежденный участок плода, в котором сметены те барьеры иммунитета, о которых говорилось выше, отмирает и становится легкой добычей для микробов.

Закрепившись на этом участке и бурно размножившись, микроорганизмы атакуют соседние, еще не поврежденные части плода и быстро приводят их к порче. Плод гнивает.

В процессе гниения в плоде накапливаются различные ядовитые для плодовой ткани вещества (токсины), которые, попадая с соком, вытекающий из порченного плода на соседние здоровые экземпляры, вызывают отмирание клеток этих плодов, и они также становятся легкодоступными для микробов. Процесс порчи, начавшийся на поврежденном участке одного плода, может перейти на другие плоды и охватить все хранилище. Поэтому необходимо не допускать механических повреждений, отбраковывать поврежденные плоды, а также плоды, начавшие портиться.

Сырье нельзя укладывать очень высоким слоем, иначе будет затруднен доступ воздуха к отдельным плодам. При этом процесс нормального дыхания нарушится и наступит так называемое интрамолекулярное дыхание, заключающееся в бескислородном разложении сахаров на углекислый газ и спирт по схеме



Образующийся спирт является ядом для цитоплазмы, который отравляет растительные клетки и приводит их к гибели. Поэтому сырье, особенно нежное, укладывают в ящики-клерки, оставляя между отдельными штабелями ящиков проходы. При таком хранении имеется достаточный доступ воздуха и дыхание протекает нормально.

Нужно сказать, что если речь идет о твердых плодах, например яблоках, и хранение их запланировано на относительно небольшой срок, измеряемый часами, то можно поступиться принципом хорошего доступа воздуха ради механизации процессов транспортировки сырья. В настоящее время на ряде заводов яблоки хранят в бункерах навалом, высоким слоем, что создает

большие удобства для подачи сырья в цех на переработку и экономит рабочую силу. Конечно, вишню или клубнику так хранить нельзя.

Иногда же, чтобы осуществить механизацию уборки, транспортировки и хранения относительно нежных по консистенции плодов, например, томатов, приходится выращивать особые, твердые, устойчивые к механическому воздействию сорта, пригодные для комбайновой уборки. Разумеется, для заводов, перерабатывающих несколько тысяч тонн томатов в сутки перевозка и хранение плодов в 20-килограммовых ящиках немыслимы.

Нужно, иметь в виду, что интенсивность процессов дыхания и испарения влаги сильно возрастает с повышением температуры. Поэтому нельзя хранить сырье под открытым небом или в таком укрытии, куда проникают прямые солнечные лучи или кровля и стены которого легко пропускают тепло. Скорость испарения влаги во многом загасит от влажности окружающего воздуха. При слишком большой сухости воздуха возможны излишние потери влаги, плоды будут усыхать, масса их - уменьшаться.

При накоплении в атмосфере склада очень большого количества углекислоты, образовавшейся в процессе дыхания плодов, нормальное дыхание сырья опять-таки прекращается. Поэтому приходится следить не только за влажностью атмосферы, но и за ее газовым составом. Наконец, поддержание нормальных жизненных процессов в сырье требует еще и создания условий, при которых сырье было бы в меньшем контакте с возбудителями порчи. Для этого хранилища необходимо содержать в чистоте, в отдельных случаях плоды завертывают в бумагу.

Данный метод консервирования дает возможность сохранить свежее сырье в течение непродолжительного времени.

В консервном производстве биоз используется не как самостоятельный метод консервирования, а как способ кратковременного сохранения сырья на первом этапе технологического процесса - сырьевых площадках. На этих

площадках прибывшее сырье хранят до пуска в переработку, иногда в течение нескольких суток.

В этот период необходимо принять меры, направленные на предупреждение порчи сырья и поддержание в нем нормальных жизненных процессов.

Стремление к улучшению эффективности режима складского хранения путем регулирования температуры и состава атмосферы приводит к такому ограничению жизненных процессов, при котором сам принцип консервирования уже изменяется и поэтому будет рассмотрен в следующем разделе.

2.2 Анабиоз

На этом принципе основан ряд методов консервирования. Первым из них целесообразно описать тот, в котором этот принцип выражен в наиболее чистом виде. Таким методом является холодильное хранение сырья и пищевых продуктов. В этой группе методов консервирования он имеет наибольшее промышленное значение.

Искусственный холод нашел применение в пищевой промышленности в двух модификациях: а) умеренный холод, вызывающий охлаждение сырья и продуктов его переработки до такого температурного уровня, который, будучи на 10-15°C ниже комнатной температуры, не опускается ниже минус 1 - минус 3°C, т. е. ниже той температуры, при которой сырье и пищевые продукты замерзают; б) более низкие температуры, под действием которых сырье и пищевые продукты замерзают (замораживание).

Применение умеренного холода - холодное хранение, или хранение в охлажденном состоянии. При пониженных температурах сильно замедляются биохимические процессы, протекающие в растительном сырье, а также резко снижается активность микроорганизмов, большинство которых лучше всего развиваются при 37°C.

Особенно резко отражается температура хранения на таком важном биохимическом процессе, как дыхание. Чем выше температура хранения, тем

больше интенсивность дыхания и тем меньше продолжительность жизни плода. С понижением температуры интенсивность дыханий сильно замедляется, время хранения плодов возрастает.

На рис.8 приведены данные Ф.В. Церевитинова [34] об интенсивности дыхания груш при различных температурах хранения. Рассматривая рис. 8, необходимо иметь в виду, что подъем кривой интенсивности дыхания означает начало старения плода (начало так называемого климактерического периода), а расстояние по горизонтали между начальной и конечной точками кривой, указывает продолжительность жизни плода.

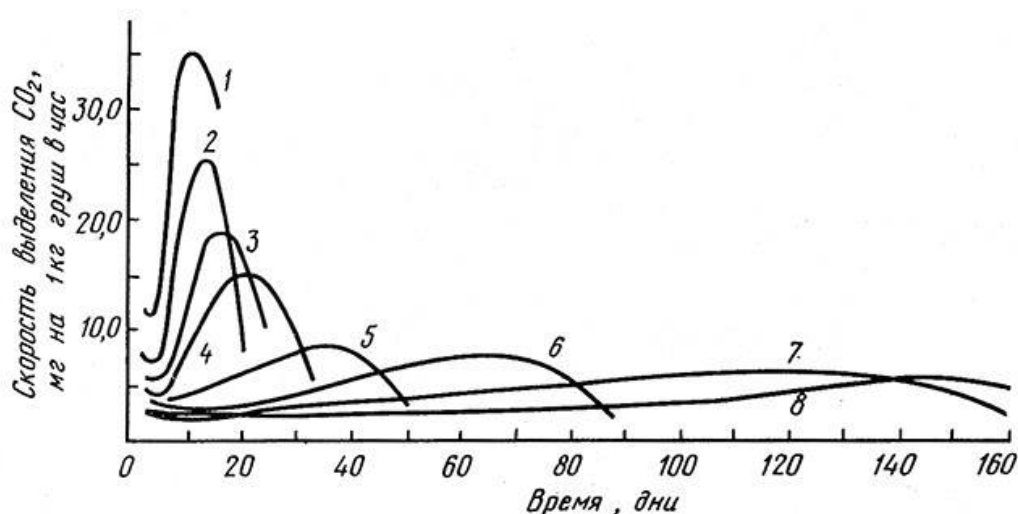


Рисунок 8 - Кривые интенсивности дыхания груш при температуре (в °С): 1 - 21; 2 - 15,5; 3 - 12; 4 - 10; 5 - 4,5; 6 - 2,8; 7 - 1,1; 8 - 0,25

Результаты представленные на рисунке 8 доказывают, что при температуре 21°C климактерический подъем достигает максимума в течение 10-12 дней. С понижением температуры хранения интенсивность дыхания постепенно уменьшается и при температурах холодильного хранения (около 0°C) продолжительность жизни плода достигает 5-6 месяцев при небольшом максимуме подъема интенсивности дыхания.

Снижение биологической и биохимической активности плодов и микроорганизмов при понижении температуры объясняется, с одной стороны, известной зависимостью скорости химических реакций от температуры, а с другой - тем, что цитоплазма - носитель жизненных функций микробных и растительных клеток наркотизируется под влиянием холода и проницаемость ее падает. Из-за этого замедляется обмен веществ, снижается поступление кислорода извне через сузившиеся поры цитоплазменной мембраны, уменьшается подача изнутри сахаристого сока в капиллярные каналы оболочки - жизнь клетки замирает, не прекращаясь совсем, и клетка впадает в состояние анабиоза. Кроме того, снижается и активность ферментов.

На рис. 9 показано изменение клеточной проницаемости ткани яблок при понижении температуры. Из рисунка видно, что с понижением температуры падает и проницаемость. При обратном процессе отогревании - клеточная проницаемость снова возрастает, достигая первоначального значения, что свидетельствует о полной обратимости происшедших в клетке изменений.

Таким образом, данный способ консервирования основан на одновременном снижении биологической активности как сырья, так и микроорганизмов.

Метод холодного хранения дает возможность сохранить сырье при минимальном изменении его натуральных свойств в течение нескольких недель, т. е. гораздо дольше, чем метод биоиза.

Хранение в замороженном виде. Этот метод заключается в том, что сырье или пищевой продукт замораживают до температуры, значительно

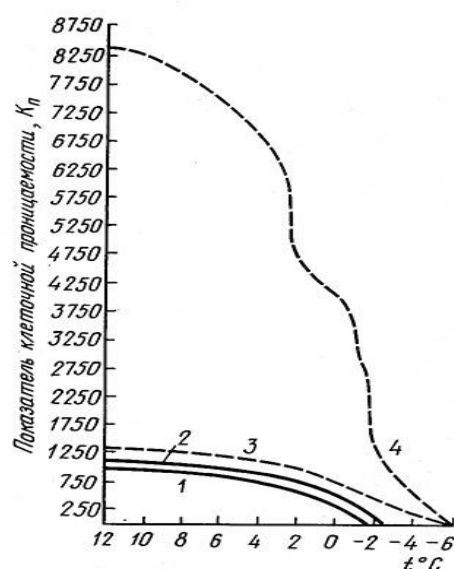


Рисунок 9 - Изменение клеточной проницаемости ткани яблок при понижении температуры: 1 - охлаждение; 2- отогревание после охлаждения; 3 - замораживание; 4 - отогревание после замораживания

более низкой, чем соответствующая температура замерзания, и затем в таком виде хранят.

Замороженные пищевые продукты и сырье можно сохранять в течение многих месяцев, т.е. значительно дольше, чем при использовании умеренных пониженных температур. Это объясняется не только чисто количественной разницей в низкотемпературном уровне процессов замораживания и холодного хранения, но и тем, что в замороженных пищевых продуктах большая часть влаги превращена в твердое состояние. Поэтому, микроорганизмы, которые питаются осмотическим путем - всасыванием жидких питательных сред, лишаются возможности использовать отвердевшие пищевые продукты, содержащие небольшую долю влаги в жидком состоянии.

Кроме того, из-за отсутствия жидкой фазы прекращается деятельность ферментов, в связи с чем приостанавливаются и биохимические процессы.

Тот факт, что общепринятый температурный уровень, до которого доводят почти все замораживаемые пищевые продукты, составляет минус 18°C , и объясняется главным образом тем, что при этой температуре подавляющее количество влаги превращается в лед.

Для определения количества вымороженной влаги при разных температурах в специальных руководствах приводятся более или менее сложные формулы. Однако существует довольно простое правило, пользуясь которым можно с достаточной точностью рассчитать количество вымороженной влаги.

Установлено, что после того, как достигнута точка замерзания, дальнейшее понижение температуры приводит к вымерзанию примерно половинного количества оставшейся влаги. Так, например, если криоскопическая температура для данного продукта минус 2°C , то при понижении температуры до минус 4°C вымерзнет половинное количество имеющейся влаги. При дальнейшем понижении температуры вдвое, т. е. до минус 8°C , согласно этому правилу, вымерзнет половинное количество

оставшихся 50% влаги, т. е. 25%, а всего к этому моменту 75% воды превратится в лед. Произведя аналогичные вычисления, получим, что при минус 16°C количество вымерзшей воды составит 87,5%, при минус 32°C - 93,8% и т. д.

Таким образом получается, что подавляющее количество влаги превращается в лед уже при минус 16°C и вряд ли есть смысл доводить температуру замораживания до минус 32°C, поскольку образующиеся при этом дополнительно 6% льда не могут существенно отразиться на жизнедеятельности микроорганизмов.

Так как температура замерзания многих видов сырья и пищевых продуктов бывает ниже минус 2°C, очевидно, и было решено, что при минус 18°C подавляющее количество влаги должно вымерзнуть в любых пищевых продуктах. И действительно, по данным Ф.В. Церевитинова, при температуре минус 18°C из овощей вымерзает 84-91% воды, а из плодов 71-80%.

Необходимо иметь в виду, что при использовании метода замораживания сырья и пищевых продуктов принцип анабиоза относится (да и то не в полной мере) только к микроорганизмам, а плоды и овощи, например, как живой организм погибают.

Причин гибели растительной клетки при замораживании может быть несколько:

- непосредственное действие низкой температуры;
- обезвоживание цитоплазмы в процессе льдообразования;
- ядовитое действие повышенных концентраций ионов;
- механическое давление льда на обезвоженную цитоплазму.

Хотя каждая из этих причин имеет значение, однако основной причиной гибели клетки считают последнюю. Конечно, имеет, например, значение химическое раздражение цитоплазмы, возникающее из-за того, что по мере обезвоживания клетки концентрация кислот и солей в сгустившемся и еще не затвердевшем клеточном соке увеличивается. Однако ясно и то, что в результате обезвоживания и сближения коллоидных мицелл создаются

благоприятные условия коагуляции при любом раздражении, прежде всего вызываемом механическим давлением льда. Фактически получается, что тысячи ледяных игл впиваются в нежную живую ткань цитоплазматической мембраны, вызывают коагуляцию составляющих ее коллоидов, необратимое увеличение клеточной проницаемости и смерть клетки.

Картина изменений клеточной проницаемости при замораживании яблок показана на рис. 9.

Из рисунка видно, что по мере понижения температуры клеточная проницаемость падает. При обратном же процессе - отогревании - она резко возрастает и быстро, минуя первоначальную величину, достигает высоких значений, характерных для убитой ткани.

Таким образом, гибель живой клетки при замораживании связана с образованием большого количества льда. Поэтому и погибают как живой организм при замораживании плоды и овощи, в которых образуется большое количество льда и в отношении которых, следовательно, действует третий принцип - абииоза.

Такие же живые объекты, которые содержат мало воды, выдерживают, не погибая, очень низкие температуры. Например, сухие семена растений переносят температуру, близкую к абсолютному нулю - 273°C , а яйца некоторых насекомых выживают при -190°C . Многие вегетативные формы микроорганизмов погибают при низких температурах, споры же, содержащие гораздо меньше свободной влаги, выживают, впадая лишь в анабиотическое состояние: низкая температура, отсутствие капельножидкой влаги мешают осуществлению осмотического питания микроорганизмов и замедляют биохимические реакции в клетке. Поэтому пищевые продукты могут сохраняться в замороженном виде долго, примерно 6-12 мес.

Возможные химические изменения в замороженных плодах и овощах: инвертируется сахароза, несколько увеличивается кислотность, снижается количество дубильных веществ. Однако эти изменения не приводят к сколько-нибудь заметному ухудшению качества продукта. Напротив, в ряде

случаев достигается более гармоническое сочетание пищевых веществ, чем было в сырье до замораживания, уменьшается терпкость, лучше проявляется естественный аромат плодов.

Гораздо больше снижается качество замороженных плодов и овощей из-за гистологических изменений, происходящих при замораживании. Дело в том, что образующийся при замораживании лед не только повреждает цитоплазматическую мембрану, но и разрывает клеточные оболочки, обуславливающие форму клетки. Пока сырье находится в замерзшем, твердом, состоянии, этого невидно. Но после оттаивания, особенно нежных видов растительного сырья - вишни, абрикосов, персиков и т. и. - видно, что они потеряли форму, резко размягчились, приобрели дряблую консистенцию, из них самопроизвольно вытекает большое количество сока.

Особенно резкие изменения в структуре растительной ткани происходят при медленном замораживании, когда температура окружающей сырье среды ненамного превышает конечную температуру замораживаемых плодов (например, если плоды помещают в холодильные камеры с температурой воздуха минус 20°C и замораживают до достижения ими температуры минус 18°C).

В этом случае по мере отвода тепла температура растительной ткани постепенно понижается, пока не достигает криоскопической точки и первый кристаллик льда образуется не внутри клетки, а в межклеточном пространстве. Внутри клетки находится сок, содержащий сахара и другие вещества, создающие температурную депрессию. Межклеточное же пространство смочено чистой влагой, замерзающей при 0°C.

Итак, в том месте, где образовался кристаллик льда, получается «сухая» точка, в которой меньше жидкой влаги, чем в окружающей среде. Благодаря разности концентрации влаги между окружающей средой и местом, где находится кристаллик, начинается диффузионное перемещение ее к последнему. А так как отвод тепла в этом случае происходит медленно, то получается, что образовавшийся кристаллик медленно «отсасывает»

диффузионным путем на себя замерзшую влагу, постепенно увеличиваясь в размере. В том месте, куда сила диффузионного отсасывания влаги не достает, создаются условия для возникновения нового кристалла льда, который тоже принимается насасывать влагу и постепенно увеличивается в размерах. Таким образом, при медленном замораживании в ткани образуется относительно небольшое количество крупных кристаллов льда, которые своими грубыми острыми гранями режут и рвут клеточную оболочку.

При быстром же замораживании, когда, например, плоды обдуваются в скороморозильном аппарате воздухом, охлажденным до минус 30-35°C, образовавшийся кристаллик льда начинает отсасывать на себя влагу и из-за быстрого отвода тепла создаются условия для образования рядом с первым второго кристаллика, потом третьего» десятого и т.д. Таким образом, при быстром замораживании образуется множество очень мелких кристаллов. Эти кристаллы также прирезают клеточную оболочку и, добираясь до цитоплазматической мембраны, повреждают ее, убивая клетку. Но клеточная оболочка мелкими кристаллами повреждается в значительно меньшей мере, чем крупными, поэтому при быстром замораживании форма плодов сохраняется лучше, чем при медленном.

Чтобы нежные виды растительного сырья меньше повреждались, их замораживают иногда в крепком сахарном сиропе (30-60%). Как известно, с повышением содержания в растворе сухих веществ температура замерзания понижается, следовательно, при одной и той же конечной температуре замораживания в плодах, находящихся в сиропе, образовывается гораздо меньше льда, чем в плодах, замороженных в натуральном виде. Однако и этот способ имеет свои недостатки. Плоды, находящиеся в сиропе, несколько сморщиваются из-за осмотического отсасывания из них влаги, приобретают излишнюю сладость.

Таким образом, метод замораживания позволяет сохранять сырьё и пищевые продукты значительно более длительное время, чем хранением в охлажденном состоянии.

Следует иметь в виду еще одну особенность метода замораживания, которая осложняет и сдерживает его широкое применение. Дело в том, что, однажды заморозив пищевые продукты до -18°C , следует поддерживать эту температуру до тех пор, пока продукт не попадет на стол к потребителю. Стоит лишь, пусть на короткое время, несколько повысить температуру замороженного пищевого продукта, хотя бы до минус 10°C , как микроорганизмы, оправившись, от шока, вызванного воздействием температурного уровня минус 18°C , возвращаются к нормальной жизнедеятельности, которую уже не остановить повторным понижением температуры среды до минус 18°C .

Вот почему использование метода замораживания требует соблюдения принципа так называемой единой холодильной цепи, это означает, что на протяжении всего пути, который проходит пищевой продукт от цеха заморозки до потребителя, должна, пролегать нигде, не прерываемая «ледяная дорожка» с постоянным температурным уровнем в минус 18°C . В этой холодильной цепи имеется несколько звеньев.

Первое звено - цех заморозки, наиболее короткое, ибо время замораживания сырья, как правило, не превышает нескольких часов. Второе звено - холодильные камеры, примыкающие к цеху заморозки, где замороженная продукция должна храниться до отгрузки ее с завода. Это довольно длинное, ибо здесь температуру минус 18°C приходится поддерживать иногда в течение нескольких недель - до тех пор, пока не возникнет надобность отгрузить замороженную продукцию по назначению. В продолжение всего этого длительного времени хранения холодильные установки должны непрерывно работать, генерируя холод на уровне минус 18°C .

Для отгрузки замороженной продукции необходим специальный транспорт: железнодорожные вагоны или автомашины, снабженные холодильными установками, позволяющими поддерживать температуру минус 18°C . Так что, если на заводе имеется железнодорожная ветка, то к

рампе холодильных камер подгоняют специальный железнодорожный вагон и быстро перегружают в него продукцию из холодильных камер. Если же железнодорожной ветки на заводе нет, пользуются специальным транспортом.

Следующее звено холодильной цепи - распределительные холодильники в том городе, куда прибыла замороженная продукция. Назначение их - снабжать по мере надобности торгующие организации. Здесь также поддерживается стабильная температура - минус 18°C.

Последние звенья единой холодильной цепи - склады магазинов и охлаждаемые прилавки в самих магазинах.

Наконец, индивидуальный потребитель, если у него нет надобности использовать приобретенную в магазине замороженную продукцию в день покупки, хранит ее некоторое время в домашнем холодильнике, пусть не при -18°C, но, во всяком случае, при пониженных температурах.

Таким образом, применение холода - эффективный метод консервирования пищевых продуктов, но довольно сложный и дорогой.

Создание высоких концентраций осмотически деятельных веществ. Как известно, осмотически деятельные вещества при достаточной концентрации вызывают плазмолиз растительных и, что особенно важно, микробных клеток, в результате чего они впадают в анабиотическое состояние и теряют способность портить пищевые продукты.

В качестве осмотически деятельных веществ для консервирования пищевых продуктов применяют сахар и соль. Чтобы надежно сохранить таким способом пищевые продукты, следует вызвать стойкий плазмолиз микробных клеток, а для этого необходимы довольно высокие концентрации этих веществ: 70% сахара или 10-12% соли (как раз в соответствии с их молекулярными массами, которые относятся между собой как 6:1).

Консервирующее действие сахара используется при изготовлении таких продуктов, как варенье, джем, повидло. Эти продукты получают увариванием подготовленных плодов с сахарным сиропом или с сахаром. В

процессе варки в результате действия высокой температуры растительное сырье как живой организм погибает. Погибают и те микроорганизмы, которые находились до варки в сырье и сахаре. Принцип же анабиоза относится к тем микроорганизмам, которые попадают в готовую продукцию при хранении ее и не могут там развиваться из-за высокого осмотического давления в окружающей среде. Полной гарантии долгосрочного хранения пищевых продуктов метод не дает. Поэтому консервирующее действие сахара приходится иногда дополнять обработкой расфасованных в герметическую тару продуктов пастеризацией. Консервирующее действие концентрированных растворов соли используется для засола рыбных и мясных продуктов. Овощи одной лишь поваренной солью не консервируют, однако в некоторых случаях при фасовке, например, томатной пасты, содержащей 30% сухих веществ, в негерметическую тару (бочки) в нее добавляют с целью консервирования 10% соли.

Сушка. Микроорганизмы питаются осмотическим путем, всасывая питательные вещества. Поэтому все микробы для своего развития требуют определенного содержания воды в окружающей среде. Минимум влажности, при котором возможно развитие бактерий, составляет 25-30%, а плесневые грибы требуют не менее 10% влаги. Попадая в сухую среду, микробные клетки отдают осмотическим путем свою влагу, плазмолизируют и прекращают жизнедеятельность.

При высушивании влажность овощей и плодов доводят до 8-25%, т. е. до уровня, который препятствует развитию микроорганизмов.

Плоды и овощи при подготовке к сушке и в процессе самой тепловой сушки проходят такую обработку, при которой они как живой организм погибают. Погибают при нагревании и микроорганизмы. Когда говорят о принципе анабиоза применительно к сушке, имеют в виду микроорганизмы, которые попали на поверхность сушеных продуктов в процессе хранения. Эти микробы плазмолизируют и сохраняются длительное время в состоянии

анабиоза. Если только высушенный продукт увлажнить, микробы вновь оживают, начинают размножаться и вызывают порчу продуктов.

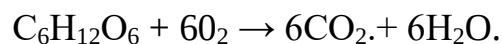
Сушка как метод консервирования пищевых продуктов имеет много достоинств. Технология и применяемая аппаратура отличается простотой. Масса и объём сырья в процессе сушки уменьшаются в несколько раз, чем достигается большая экономия тары, площадей для хранения и транспортных средств. Сушеные продукты не слишком прихотливы к условиям хранения, не нуждаются в герметической упаковке, не требуют особых хранилищ.

Основной недостаток качества сушеных продуктов заключается в плохой восстанавливаемости их естественных свойств при вторичном оводнении перед употреблением в пищу. Многие виды сушеных плодов и овощей плохо набухают при варке, остаются морщинистыми и жесткими.

В настоящее время известны новые, высокоэффективные методы сушки, позволяющие интенсифицировать процесс и получить сушеную продукцию высокого качества. Один из таких методов - сублимационная сушка, при которой сырье само замораживается в атмосфере глубокого вакуума, в результате чего влага возгоняется, переходит из твердого агрегатного состояния в парообразное, минуя жидкую фазу. При таком методе сушки молекулярная структура материала мало изменяется, высушенный материал отличается высокой пористостью, в результате чего первоначальные свойства сырья быстро восстанавливаются при оводнении. Высушенные сублимационным методом пищевые продукты сохраняют первоначальный объем, цвет, запах, вкус и биологическую ценность,

В то же время сублимационные установки сложны и энергозатраты в них велики. Герметическая тара для хранения высушенных сублимационным способом пищевых продуктов обязательна.

Хранение в регулируемой атмосфере. Как известно, при доступе воздуха жизнедеятельность плодов протекает нормально, к тому же, незрелые плоды продолжают созревать. В процессе кислородного дыхания сахара окисляются, превращаясь в углекислый газ и воду:



при этом выделяется 2820 кДж тепла.

Таким образом, на 1 моль поглощенного кислорода выделяется 1 моль диоксида углерода (углекислого газа), а так как моли всех газов занимают один и тот же объем, то получается, что объем поглощаемого кислорода равен объему выделяемого диоксида углерода.

Если хранить плоды в газонепроницаемом помещении, то кислород из атмосферы, содержащей 79% N_2 и 21% O_2 , будет расходоваться на дыхание, а взамен из расходуемого кислорода в атмосферу будет выделяться равный объем диоксида углерода. При этом, как видно из предыдущего, сумма объемов ($\text{O}_2 + \text{CO}_2$) есть величина постоянная, равная 21%. Если, например, кислорода в атмосфере хранилища осталось 16%, значит диоксида углерода накопилось 5%.

Когда весь кислород израсходуется, состав атмосферы хранилища будет такой: азота - 79%, диоксида углерода - 21%. При этом начнется бескислородное дыхание, сопровождаемое дальнейшим накоплением CO_2 и образованием спирта, чего допускать нельзя, ибо полное прекращение нормального дыхания приводит растительную клетку к гибели.

Однако, давно уже было замечено, что если в атмосферу хранилища ввести за счет жизнедеятельности плодов диоксид углерода, в таких количествах, при которых интрамолекулярные явления еще не наступают (до 10%), то дыхание плодов не прекращается совсем, а только замедляется. Благодаря этому замедляется расходование питательных веществ клетки и срок хранения сырья в такой видоизмененной, или модифицированной атмосфере, удлиняется.

Точно так же влияют повышенные количества CO_2 в воздухе и на микроорганизмы.

В связи с этим и возник метод консервирования, основанный на хранении растительного сырья в атмосфере с пониженным содержанием кислорода и содержащей CO_2 . Данный метод, впервые разработанный в

СССР школой проф. Никитинского, первоначально получил название газового хранения.

Раньше считали, что оптимальный состав модифицированной атмосферы может быть представлен газовой смесью, имеющей состав: N_2 - 79%, O_2 - 11%, CO_2 - 10%. При этом создание нужной концентрации диоксида углерода в хранилище достигалось не ведением газа извне, а благодаря физиологической активности сырья, образующего CO_2 из запасных веществ клетки. Газовая среда такого состава иногда применяется и в настоящее время.

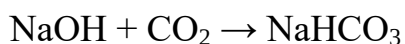
Дальнейшие исследования ученых в нашей стране (Л.В. Метлицкий, А. А. Колесник др.) и за рубежом показали, что в разных случаях, для различных видов плодов, даже для разных помологических сортов одного и того же вида сырья, оптимальный состав модифицированной атмосферы меняется. При этом можно получать газовые смеси разного типа.

В так называемых нормальных газовых смесях суммарное содержание кислорода и диоксида углерода соответствует приведенному выше стехиометрическому расчету, т.е. 21%, в пределах этой суммы кислород составлял 11-16%, диоксид углерода - от 10 до 5%, количество азота оставалось неизменным 79%.

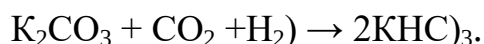
Позднее было установлено, что в ряде случаев оптимальными являются газовые смеси, в которых сумма CO_2 и O_2 меньше 24%. Такие смеси называют субнормальными. Наибольшее распространение имеют субнормальные смеси, в которых содержится 3-5% кислорода, 3-5% углекислого газа и 90-94% азота.

Субнормальные газовые смеси уже нельзя получить только за счет физиологической активности сырья и естественной вентиляции хранилища, например, если необходимо снизить содержание кислорода до 5%, то количество диоксида углерода должно возрасти в результате дыхания до 16%. При необходимости снизить также и содержание CO_2 в смеси до 5%, необходимо избыток CO_2 связать с каким-нибудь химическим поглотителем.

Для этого составляют схему: камера хранения - скруббер (поглотительный аппарат) - камера хранения. Воздух из камеры хранения, обедненный кислородом и обогащенный CO_2 , прокачивают через скруббирующее устройство, где избыток CO_2 связывается каким-нибудь (чаще щелочным) химическим поглотителем, например едким натрием или поташем, откуда снова подается в камеру хранения. При этом образуется бикарбонат натрия



или бикарбонат калия



Тогда, в рассмотренном примере можно добиться получения газовой смеси следующего состава: O_2 - 5%, CO_2 - 5%, N_2 -90%, или же любой, в которой сумма O_2 и CO_2 меньше 21%.

Субнормальные газовые смеси можно также создавать, подавая их в камеру хранения из каких-либо внешних источников, например, из специальных газогенераторов или баллонов.

В нормальных газовых смесях основным консервирующим фактором является накопление в атмосфере довольно значительных количеств CO_2 . Снижение же концентрации кислорода, которое не очень значительно - до 11%, практически не влияет на процесс дыхания.

В субнормальных же смесях тормозящее действие на процесс дыхания оказывает не только накопление в атмосфере хранилища определенного количества CO_2 , которого раньше в воздухе не было, но и резкое снижение (до 3-5%) количества кислорода, в результате чего замедляется процесс созревания плодов и, следовательно, стабилизируется на невысоком энергетическом уровне жизнедеятельность сырья.

В настоящее время термин «газовое хранение» для этого метода консервирования не применяют. Чаще всего, его называют хранением в регулируемой атмосфере, в регулируемой газовой среде в контролируемой или модифицированной атмосфере.

Обычно применение субнормальных газовых смесей сочетают с использованием пониженных температур (0 - плюс 5°C). Бывают также субнормальные газовые смеси, в которых вовсе нет CO₂, имеется всего 3-5% кислорода, основная масса приходится на азот.

Необходимо отметить, что, хотя в регулируемой атмосфере плоды могут храниться 6-8 месяцев, широкое распространение этого способа в промышленности осложняется «капризностью» сырья в отношении оптимального состава газовых смесей. Здесь имеет значение не только вид сырья, помологический сорт его, но и нестабильные от сезона к сезону местные условия выращивания. Так, по данным Л.В. Метлицкого, для одного и того же сорта яблок Голден Делишес в разных странах установлен одинаковый оптимальный состав газовой среды (табл. 4).

Для яблок различных сортов Международная организация по стандартизации (ИСО) рекомендовала сильно различающиеся по составу газовые среды (табл.3) и оптимальные режимы хранения (табл. 4).

Таблица 3- Газовые среды и оптимальные режимы хранения

Страна	Температура хранения, °C	Состав активных компонентов газовой среды, %	
		Кислород	Углекислый газ
Франция	2-3	3	3-5
США	1	3	2
Голландия	3	10-11	10
Швейцария	2	13	8

Таблица 4-Оптимальные режимы хранения

Сорт	Температура хранения °C	Состав газовой среды, %			Срок хранения, месяц
		Диоксид углерода	Кислород	Азот	
Бремлей Сидлинг	3-4	8-10	11-13	79	6-8
Пепин оранжевый Кокса	3-4	5	3	92	4-5
Голден Делишес	0	10	11	79	7-8
Джонатан	3-4	6-9	12-15	79	7
Старкинг	0	5	3	92	6
Супер Лакстона	4,5	10	3	87	6-7
Мекинтош	3,5	5	3	92	6-7
»	3,5	7	14	79	5-6
Висток	2-3	7	14	79	8-9
Бель де Боскуп	4	7	14	79	6-8
Ричард Винесап	0	5	2	93	6-8
»	0	10	11	79	6-7
Стейман	0	5	2	93	6-8
Винесап	8	5	2	93	6-8

Существует еще один вариант применения регулируемой атмосферы хранения растительного сырья в селективнопроницаемых пленках. Этот способ заключается в том, что плоды в мелкой или крупной фасовке упаковывают в полиэтиленовые пакеты вместимостью 1-3 кг, ящики с полиэтиленовыми вкладышами вместимостью 25-30 кг, контейнеры с полиэтиленовыми вкладышами вместимостью 500-600 кг, или в полиэтиленовые контейнеры - мешки с диффузионными вставками из другого синтетического материала, являющегося селективнопроницаемым для газов, вместимостью 300-1000 кг.

Поскольку полиэтиленовые пленки не одинаково (селективно) проницаемы для различных газов, как правило, для углекислого газа больше, чем для кислорода, получается, что образующийся при дыхании CO_2 выходит из пакета или контейнера в большем количестве, чем кислород, вследствие чего в емкостях создается вакуум. При этом объем пакета сжимается, из-за

чего увеличивается парциальное давление азота. А так как пленка полиэтилена для азота проницаема, то он выходит из пакета, вакуум в котором настолько возрастает, что давлением наружного воздуха пленка пакета прижимается к плоду.

В результате в таких емкостях создается модифицированная микроатмосфера, которую, в известной мере, можно регулировать, подбирая пленки с различной селективной проницаемостью для газов, сорта и количество плодов, а также температуру в хранилищах. Некоторые исследователи считают создание биологического вакуума при хранении плодов в селективнопроницаемых пленках залогом надежности этого метода консервирования сырья.

Итак, хранение плодов и овощей в регулируемой атмосфере основано на анабиотическом состоянии, в которое впадают как микроорганизмы, так и растительное сырье под влиянием диоксида углерода и пониженного содержания кислорода в атмосфере.

Модификация атмосферы используется также для консервирования продуктов переработки сырья. Большое распространение, например, в консервной промышленности приобрело сохранение виноградного сока-полуфабриката в резервуарах вместимостью 20-50 т на холоде в атмосфере углекислого газа. При этом воздух полностью вытесняют из не заполненного соком пространства резервуара (танка) с помощью CO_2 , подаваемого из баллона с таким расчетом, чтобы создать в танке некоторый подпор, примерно 0,05 МПа.

Маринование, спиртование, квашение и спиртовое брожение.

Большинство микроорганизмов, особенно гнилостных, вызывающих порчу плодов и овощей, не может развиваться в кислой среде или в среде, содержащей спирт.

На этом свойстве микроорганизмов основаны такие методы консервирования, как маринование и квашение, спиртование и спиртовое брожение. При этом частные принципы консервирования, положенные в

основу каждой «пары» из этих четырех методов, одни и те же. Первая основана на консервирующем действии кислоты, вторая - на консервирующем действии спирта.

При изготовлении маринадов подготовленные плоды или овощи заливают раствором уксусной кислоты, содержащим сахар и соль (бывают маринады на основе молочной; кислоты). Основным консервирующим началом при этом является уксусная кислота, содержание которой в различных маринадах колеблется от 0,6 до 1,2%. Эти небольшие концентрации уксусной кислоты не могут полностью воспрепятствовать развитию плесеней, уксуснокислых бактерий и других микроорганизмов, вызывающих порчу плодов и овощей, поэтому маринование само по себе не может сохранить продукт надолго. Для увеличения срока хранения маринованные продукты фасуют в герметически укупориваемую тару и пастеризуют (или хранят при пониженных температурах). При этом изменяется самый принцип консервирования, который в таком случае сводится уже не к анабиозу микробов, вызванному действием кислоты, а к уничтожению микробов с помощью высокой температуры.

Квашением принято называть такой процесс обработки овощей и плодов, при котором в результате действия молочнокислых бактерий, имеющийся в сырье сахар сбраживается в молочную кислоту по схеме



Накапливающаяся в процессе брожения молочная кислота предохраняет продукт от порчи.

Таким образом, в отличие от маринования, консервирующее начало не вносится в пищевой продукт извне, а создается в самом сырье в результате молочнокислого брожения.

Термин «квашение» обычно используют применительно к капусте. В отношении огурцов и томатов пользуются термином «засол» («соление»), а квашеные яблоки называют мочеными. Все это продукты, консервированные с помощью молочнокислого брожения.

Квашение капусты и засол огурцов осуществляются либо самопроизвольно, так сказать, на «своих» молочнокислых бактериях, которые всегда имеются в эпифитной микрофлоре перерабатываемого продукта, либо благодаря введению чистой культуры молочнокислых бактерий.

При квашении необходимо создать такие условия, при которых бы молочнокислые бактерии получили свободный доступ к сахаристому соку, находящемуся в клетках растительного сырья. Поэтому к подлежащим квашению овощам добавляют поваренную соль в сухом виде (при квашении капусты) или в виде 7-8%-ного раствора (при квашении огурцов), чтобы вызвать плазмолиз клеток и осмотическое отсасывание из них сока. Овощи покрываются соком, в котором начинают быстро размножаться и сбраживать сахар молочнокислые бактерии. Соль нужна и как вкусовое средство; она оказывает также некоторое консервирующее действие.

Спиртование применяется как метод консервирования плодовых соков в безалкогольной и ликерно-водочной промышленности. Спирт не обладает сильным консервирующим действием, и чтобы предохранить пищевой продукт от порчи, требуются довольно большие концентрации его. Так, дрожжи полностью прекращают свою жизнедеятельность при содержании спирта в среде не меньше 16%. Именно такое количество спирта добавляют в плодовые соки-полуфабрикаты, предназначенные для изготовления безалкогольных напитков.

При спиртовом брожении благодаря деятельности винных дрожжей, имевшихся в эпифитной микрофлоре плодоягодного сырья или внесенных в виде чистой культуры извне, происходит разложение сахара с образованием спирта по схеме



Образующийся спирт и предохраняет продукт от порчи.

Таким образом, в отличие от спиртования, консервирующее начало не вносится извне, а образуется в пищевом продукте на основе биохимического процесса - спиртового брожения.

Следует иметь в виду, что квашение и спиртовое брожение можно причислить к методам консервирования плодов и овощей лишь с известной условностью, так как в результате процессов брожения происходит сильная денатурация исходного сырья и получается совсем новый продукт. Кроме того, сама цель такой обработки заключается фактически не в консервировании, а в получении нового продукта с определенными желаемыми свойствами.

2.3Абиоз

На этом принципе основано много методов консервирования. И не имеет особенного значения то, в каком порядке их перечислять. Но, так же, как и при перечислении методов консервирования, относящихся к принципу анабиоза, есть, по-видимому, смысл начать с метода, в котором данный принцип выражен в наиболее чистом виде и который в той группе имеет наибольшее промышленное значение. Таким методом является тепловая стерилизация.

Тепловая стерилизация. Смерть микробных клеток при действии высокой температуры наступает в результате необратимых изменений в протоплазме, белки которой коагулируют, что ведет к разрыву цитоплазменной оболочки и гибели клетки. Инактивируются при тепловой обработке и ферменты, сохранившиеся в продукте к началу стерилизации. Таким образом, находящиеся внутри консервных банок возбудители порчи при тепловой обработке уничтожаются, а находящиеся в окружающей среде благодаря герметичности тары внутрь попасть не могут. Законсервированные этим способом пищевые продукты могут сохраняться в течение многих лет.

Данный метод консервирования является основным и наиболее надежным среди всех методов сохранения пищевых продуктов. Фактически на нем базируется целая специализированная отрасль пищевой

промышленности - консервная. Немалое применение имеет тепловая стерилизация и в технологии мяса и мясопродуктов, молока, рыбы и рыбных продуктов, а также виноделии.

Подробное изложение закономерностей отмирания микроорганизмов при высоких температурах и техники тепловой стерилизации будет приведено в главах VI-X. Здесь же укажем, что этот метод консервирования не только самый надежный, но и самый удобный и универсальный.

Если изыскать оптимальный режим стерилизации, то химические изменения в пищевом продукте при тепловой обработке будут минимальными, естественные свойства сырья, если, не считать некоторого размягчения, изменятся минимально. В этом смысле тепловая стерилизация продуктов в герметической таре выгодно отличается от таких методов консервирования, как засол, квашение, варка с сахаром, сушка.

Готовые консервы можно хранить в обыкновенных складах и перевозить в обычных железнодорожных вагонах и на автомашинах. В этом большое преимущество стерилизации перед хранением в регулируемой газовой среде, охлаждением и замораживанием.

Наконец, таким методом можно сохранить сырье животного и растительного происхождения в любом виде: в натуральном, в виде заготовок и блюд.

Принцип абиоза в этом методе соблюден как в отношении микроорганизмов, так и в отношении консервируемого сырья. На рис. 10 показаны изменения клеточной проницаемости растительной ткани при нагревании. Из рисунка видно, что по мере повышения температуры клеточная проницаемость постепенно увеличивается. По достижении

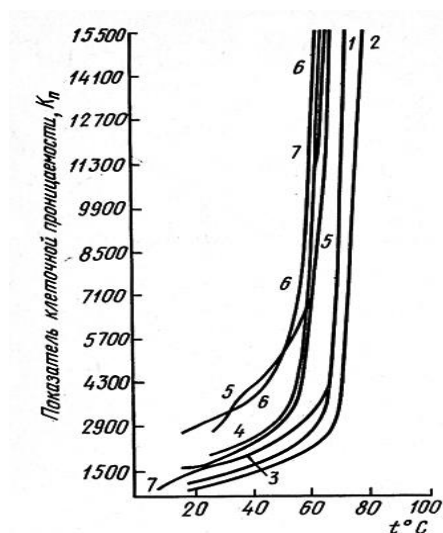


Рис. 10. Влияние нагревания на клеточную проницаемость плодовой ткани:

1 - черешня черная; 2 - груши; 3 - черешня белая; 4 - кизил; 5 - слива; 6 - абрикос; 7 - яблоки

температуры 60-70°C кривая резко устремляется вверх и достигает высоких значений, характерных убитой ткани. Из этих данных нельзя, однако, сделать заключение о существовании какой-то определенной точки коагуляции белков цитоплазмы, находящейся в интервале 60-70°C. Исследования показали, что необратимого повышения клеточной проницаемости плодовой ткани можно достигнуть и при более умеренных температурах (например, при 50 и даже при 40°C), удлиняя время прогрева.

Применение электрического переменного тока высокой и сверхвысокой частоты. Применение электрического переменного тока высокой и сверхвысокой частоты (ВЧ и СВЧ) представляет собой один из особых вариантов тепловой стерилизации пищевых продуктов. Если пищевой продукт поместить в электрическое переменное поле высокой частоты, то происходит поглощение электрической энергии структурными элементами продукта, которые в результате переменной поляризации приобретают колебательное движение, преобразуемое благодаря внутреннему трению в тепло. Поскольку поглощение электрической энергии происходит одновременно всем объемом продукта, продукт разогревается быстро и не от периферии к центру, как при обычных способах передачи тепла, а одновременно и равномерно по всему объему. Можно сказать, что если обычный способ нагревания консервов требует десятков минут, то нагревание в поле ВЧ происходит в течение десятков секунд, - примерно - за 1,5- 2 мин. Скорость разогревания пищевых продуктов в поле ВЧ связана с так называемой мощностью рассеивания электроэнергии, которую можно определить из уравнения

$$p = 0,555 E^2 f \epsilon \operatorname{tg} \delta \cdot 10^{-9}$$

где p - удельная мощность рассеивания, кВт/м³; E - градиент напряжения, кВ/см; f - частота тока, Гц; ϵ - диэлектрическая проницаемость материала; $\operatorname{tg} \delta$ - тангенс угла диэлектрических потерь.

Произведение диэлектрической проницаемости на тангенс угла потерь называют фактором потерь или коэффициентом поглощения, который дает

представление о возможной интенсивности нагрева. Поскольку эта величина зависит от электрофизических свойств пищевых продуктов, которые неодинаковы для разных объектов, при высокочастотной обработке возмещен селективный нагрев, т. е, неодинаковая скорость разогрева неоднородного по своей структуре продукта. Эту особенность ВЧ-нагрева следует учитывать при изыскании параметров процесса, чтобы гарантировать однородность тепловой обработки.

При применении ВЧ-нагрева для стерилизации консервов используется радиочастотный диапазон электромагнитных волн 20-30 МГц. Консервная банка, помещаемая между двумя металлическими пластинами, играет роль конденсатора в электрическом колебательном контуре лампового генератора высокой частоты.

Кратковременный эффективный нагрев позволяет получать высококачественные консервы, особенно в тех случаях, когда при обычной стерилизации качество ухудшается из-за разваривания плодов (компоты).

Еще более эффективен сверхвысокочастотный нагрев. Применение микроволновой энергии с частотой нагрева 2400 МГц дает возможность осуществить непрерывный процесс стерилизации на конвейере в рабочей камере, куда электрическая энергия, генерируемая магнетронами с вращающимся магнитным полем, подается через волноводы без необходимости зажимать продукт между обкладками конденсатора. При СВЧ-обработке физические свойства продукта, размеры банки и т. п. мало отражаются на режиме работы генератора микроволновой энергии. Нужно, однако, отметить, что внедрение процессов ВЧ- и СВЧ- обработки в практику консервирования лимитируется сложностью оборудования, относительной дороговизной процесса, трудностью контроля температурного режима в банке во время обработки и т. д.

Применение антисептиков. Антисептиками называются химические вещества, ядовитые для микроорганизмов. Проникая в клетки микробов, эти

вещества вступают во взаимодействие с белками протоплазмы, парализуя при этом ее жизненные функции и приводя микробную клетку к гибели.

Идеальные антисептики, пригодные для сохранения пищевых продуктов и способные, следовательно, быть консервантами, должны удовлетворять таким условиям:

- быть ядовитыми для микробов в небольших дозах (малые доли процента);
- в применяемых дозах не оказывать вредного действия на организм человека;
- не вступать в химические соединения с пищевыми веществами продукта и не придавать продукту неприятного запаха или привкуса;
- не реагировать с материалом технологического оборудования или консервной тары;
- легко поддаваться удалению из продукта перед употреблением; быть удобным в обращении.

Антисептика, который бы удовлетворял полностью этим требованиям, не существует. Подобрать эффективный антисептик, пригодный для консервирования пищевых продуктов, нелегко, так как большинство их оказывает вредное действие не только на микробы, но и на организм человека.

Не могут служить антисептиками - консервантами пищевых продуктов - такие сильные яды, как сулема, фенол, мышьяковистые соединения, хлор, бром, йод и т.п.

Сильным консервирующим действием обладает формалин (0,1%), но он имеет неприятные вкус и запах и сильно раздражает слизистые оболочки.

Муравьиная кислота в количестве 0,15-0,25% предохраняет от порчи фруктовые соки, заготовки и т.п. Однако из-за вредного действия на желудочно-кишечный тракт и на почки она для консервирования пищевых продуктов не применяется.

Аналогичными причинами объясняется запрещение в РФ для консервирования плодов, ягод и продуктов их переработки таких антисептиков, как фтористоводородная кислота и ее соли, уротропин, салициловая кислота, борная кислота, квасцы. Вместе с тем в ряде зарубежных странах эти антисептики применяются для консервирования плодов.

Приемлемость того или иного антисептика как консерванта пищевых продуктов в основном зависит от необходимой его дозы. Так, например, борная кислота H_3BO_3 или ее натриевая соль - бура $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ оказывают достаточное консервирующее действие на плоды в концентрации 1,5%. Эта концентрация может вызвать рвоту, понос, раздражение почек. В концентрации же 0,3% борная кислота безвредна. Ее можно применять для консервирования зернистой икры, для которой такая концентрация достаточна.

Точно так же уротропин $(CH_2)_6N_4$ в небольших дозах (0,1%) безвреден и может употребляться для консервирования зернистой икры, а для консервирования плодов его использовать нельзя, ибо при этом требуются большие дозы, вызывающие сильное раздражение мочевого пузыря.

В РФ для консервирования плодов и ягод, фруктового пюре и плодоягодных соков применяют диоксид серы (SO_2), бензойную кислоту или ее натриевую соль и сорбиновую кислоту.

Наилучшим с практической стороны антисептиком можно считать SO_2 , хотя он не удовлетворяет большинству перечисленных выше требований.

Необходимая концентрация SO_2 невелика (0,15-0,20%), но в этой концентрации он ядовит для человека и придает продукту неприятные запах и привкус. SO_2 не слишком реакционноспособен, но все же несколько связывается пищевыми веществами плодов, например сахарами. Диоксид серы сильно корродирует металлическую аппаратуру, преждевременно выводит из строя насосы для перекачки сульфитированных продуктов.

SO_2 - удушливый газ, поэтому обслуживание сульфитационных станций требует пребывания рабочих в противогазах. Однако, очень большим достоинством этого антисептика, в значительной мере перекрывающим его недостатки, является возможность почти полностью удалить его из продукта перед употреблением в пищу. При нормальных условиях CO_2 - газ, да еще не слишком хорошо растворимый в водной среде (5-7% - при комнатной температуре). При нагревании сульфатированного продукта SO_2 улетучивается. Поэтому в консервном производстве применяется для временного сохранения тех фруктовых полуфабрикатов и заготовок, которые впоследствии, используют для варки из них джема, повидла и т. п. Достаточно непродолжительного кипячения полуфабриката (фруктового пюре, кусочков плодов, соков), чтобы SO_2 улетучился. После этого добавляют сахар или сахарный сироп и уваривают продукт до готовности.

Бензойнокислый натрий $\text{C}_6\text{H}_5\text{COONa}$ представляет собой кристаллический порошок без запаха и вкуса, который оказывает консервирующее действие в концентрации 0,1%. Он удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к антисептикам (за исключением легкого привкуса бензоата), однако удалить его из полуфабриката перед употреблением в пищу не представляется возможным.

В последние годы в консервном производстве успешно используют сорбиновую кислоту $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$ или ее калиевую соль, которая безвредна для человека и оказывает консервирующее действие в небольших концентрациях (0,05-0,1%). Сорбиновая кислота не сообщает продукту постороннего привкуса или запаха, может применяться во всех случаях вместо диоксида серы для консервирования плодового пюре фруктовых соков и т. п.

Попадая вместе с продуктами в организм, сорбиновая кислота окисляется с образованием безвредных для человека веществ.

Некоторое применение в западных странах имеет диэтиловый эфир пирогальной кислоты $\text{C}_2\text{H}_5\text{OSOOC}_2\text{H}_5\text{OSO}$ - прозрачная бесцветная

жидкость со слабым фруктовым ароматом. Этот антисептик применяют в концентрации 0,05-0,1% для консервирования фруктовых соков, плодов и ягод, вина. Достоинством этого консерванта является свойство постепенно гидролизаться, находясь в продукте, с образованием безвредных веществ:



В нашей стране диэтиловый эфир пирогольной кислоты (диэтил-пирокарбонат) пока применения не получил.

Применение антибиотиков. Антибиотики, как и антисептики, представляют собой химические вещества бактерицидного характера. Отличие их от антисептиков заключается в происхождении и в способе получения. В то время как антисептики получают чисто химическим путем из неорганических продуктов (диоксид серы) или органических веществ (бензойная и сорбиновая кислоты), антибиотики, продуцируемые живой клеткой, получают биохимическим путем. Наиболее распространены антибиотики микробного происхождения: пенициллин, стрептомицин, грамицидин и др. Имеются антибиотики растительного происхождения, так называемые фитонциды (бактерицидные вещества лука, чеснока, хрена, горчицы и других растений). Некоторые антибиотики вырабатываются органами животных. К таким антибиотикам относится, например, эсмолин, усиливающий терапевтическое действие пенициллина при гриппе.

Антибиотики в сотни раз бактерициднее антисептиков и оказывают консервирующее действие в концентрациях, измеряемых несколькими десятитысячными долями процента. Нужно, однако, иметь в виду, что систематическое употребление антибиотиков небезопасно для здоровья человека. Многие антибиотики при употреблении вызывают тошноту, рвоту, расстройства сердечной деятельности и даже шок. Введение антибиотиков в организм человека нарушает естественный симбиоз, который установился издавна между человеком и обитающими в его организме микробами. В результате частичного угнетения одних микробов становятся агрессивными другие, оставшиеся не подавленными, что приводит к ряду трудноизлечимых

накожных заболеваний, называемых кандидомикозами. Наконец, систематическое потребление малых доз антибиотиков приводит к выращиванию в организме человека антибиотикоустойчивых рас микроорганизмов. В результате появления в природе таких искусственно созданных устойчивых форм микробов возникает угроза обесценения антибиотиков как лекарственных средств.

Вот почему фактически единственным антибиотиком, получившим разрешение на применение его для целей консервирования пищевых продуктов, да и то при особых, оговоренных органами здравоохранения условиях, является хлортетрациклин, или биомицин. Ценной в технологическом отношении особенностью его является способность полностью разлагаться при непродолжительном кипячении. Поэтому этот антибиотик разрешено применять только для консервирования сырья животного происхождения (мяса, рыбы, битой птицы), которое потребляется в пищу после горячей кулинарной обработки. Консервировать же таким образом плоды и овощи, потребляемые и в сыром виде, не разрешается.

Техника консервирования биомицином зависит от вида сохраняемого сырья. Так, для сохранения рыбы готовят раствор хлортетрациклина, содержащий 5 г антибиотика на 1 м³ воды. Этот раствор замораживают и битым биомициновым льдом пересыпают рыбу. Такая обработка позволяет на несколько недель продлить срок хранения рыбы на холоде и повысить выход рыбы высших сортов. При консервировании битой птицы потрошенные тушки погружают на 1-2 ч в охлажденный водный раствор, содержащий 0,001% биомицина, после чего вынимают из раствора и после его стекания завертывают в целлофан и хранят на холоде. Иногда птицам перед убоем дают этот раствор в питье, а потом тушки погружают в раствор.

Органы здравоохранения рекомендуют использовать в пищевой промышленности антибиотики, не имеющие применения в медицине. К таким антибиотикам относится низин. В консервной промышленности низин, бактерицидное действие которого проявляется в первую очередь в

отношении не плесеней и дрожжей, а бактерий, рекомендуется использовать для введения в консервы с целью смягчения режимов стерилизации. Количество добавляемого антибиотика измеряется одной-двумя сотыми долями процента.

Из фитонцидов наиболее подходяще для консервирования эфирное аллиловое масло, добываемое из семян горчицы, так называемое аллилгорчичное масло (изородановый эфир аллилового спирта) $C_3H_5N = C = S$.

Введение этого антибиотика, например, в маринады в количестве 0,002% позволяет сохранять их больше года без порчи, даже если они не были пастеризованы, при условии герметической укупорки банки.

Имеются данные, что добавление 0,0001% аллилгорчичного масла к виноградному соку резко усиливает консервирующее действие холода при хранении полуфабриката в резервуарах большой вместимости (танках).

Обесплесняющее фильтрование. Этот метод консервирования заключается в том, что жидкий, не содержащий твердых взвешенных частиц, совершенно прозрачный пищевой продукт, каким, например, является виноградный сок, фильтруют через специальные фильтры, задерживающие микробы. Фильтрующим материалом является прессованная асбестово-целлюлозная масса, поры которой по размеру меньше микробной клетки.

Этот фильтрующий материал изготавливается в виде пластин, называемых СФ (стерилизующий фильтр).

Таким образом, сущность метода заключается не в уничтожении микроорганизмов, а в механическом их отделении от продукта фильтрованием. Однако принцип абиоза, т. е. отсутствия жизни в таком продукте соблюден.

Положительная особенность стерилизующего фильтрования как метода консервирования - возможность сохранить пищевой продукт «холодным» способом, т.е. без тепловой стерилизации.

Однако осуществление этого метода на практике наталкивается на ряд трудностей, связанных с необходимостью соблюдать строжайший санитарный режим производства. Чтобы получить стойкие при хранении консервы, одного лишь стерилизующего фильтрования недостаточно. Необходимо также произвести розлив в условиях, исключающих вторичное заражение продукта после стерилизующего фильтрования. Это означает, что стерильным как внутри, так и снаружи должен быть обеспложивающий фильтр, стерильными должны быть разливочный аппарат, консервная тара, укупорочные материалы и укупорочная машина, воздух в помещении, а обслуживающий персонал должен принять особые меры предосторожности, чтобы не внести инфекцию в продукт. Только при соблюдении всех этих условий можно избежать порчи продукта при хранении.

С другой стороны, основное достоинство метода - сохранение пищевого продукта без применения высоких температур - является в какой-то мере и недостатком его, ибо из-за отсутствия нагревания в продукте сохраняются ферменты. Эти ферменты катализируют нежелательные биохимические реакции, что приводит в процессе хранения к появлению посторонних привкусов и запахов в пищевых продуктах и в конечном счете к порче их. Поэтому до стерилизующего фильтрования необходимо так или иначе подвергнуть продукт нагреванию для инактивирования ферментов.

Наконец, метод обеспложивающего фильтрования - наименее универсальный из всех существующих приемов консервирования, ибо применим к ограниченному числу пищевых продуктов, отличающихся полной прозрачностью.

Ультрафиолетовое излучение. Ультрафиолетовые излучения, охватывающие область электромагнитных колебаний с длинами волн в диапазоне 13,6-400 нм, обладают большой энергией и поэтому оказывают сильное химическое и биологическое действие. В зависимости от длины волны действие различных участков ультрафиолетового спектра неодинаково. Область лучей с длиной волны от 400 является химически

активной. Зона в пределах 330-200 нм биологически активна, способствует синтезу в организме витамина D и оказывает антирахитическое действие. Наибольшим воздействием на бактерии, подавляющим их жизнедеятельность и приводящим живые клетки к гибели, обладают лучи с длиной волны от 295 до 200 нм. В связи с этим, данная область ультрафиолетовых лучей называется бактерицидной. Максимум бактерицидного действия располагается около длины волны 260 нм. За лучами с длиной волны 200 нм лежит малоизученная озонирующая область спектра.

Широкое использование бактерицидного эффекта ультрафиолетовых лучей для консервирования пищевых продуктов лимитируется их малой проникающей способностью (доли миллиметра). Не пропускают УФ-лучей и стенки жестяной и стеклянной тары. Поэтому УФ-спектр может быть использован в основном для стерилизации поверхностей при условии, что глубинные слои материала не содержат микрофлоры. Так, например, мясо, хранившееся при 3-5°C и облучаемое в течение 1 ч каждые сутки, на 8 сутки было без признаков порчи. Ультрафиолетовые лучи можно использовать для обеззараживания воздуха и поверхностей стен камер на пищевых предприятиях, для стерилизации тары и молока при условии обработки его в тонком слое.

Ионизирующие излучения. Под ионизирующими излучениями понимаются разные по происхождению, но близкие по высокой энергии излучения, способные вызывать ионизацию электрически нейтральных атомов и молекул и стимулировать в облученных материалах однотипные химические реакции.

Ионизирующие излучения можно получать двумя способами:

1) механическим путем, используя рентгеновские аппараты, в которых разогнанные до больших скоростей электроны ударяются о металлическую мишень, генерируя при торможении электромагнитные излучения с длиной волны около 0,05 нм, с этой же целью могут быть использованы аппараты для получения потока ускоренных электронов;

2) путем радиоактивного распада различных изотопов типа Co^{60} , Cs^{137} и др.

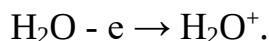
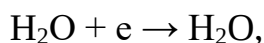
Как известно, при радиоактивном распаде образуются потоки элементарных частиц, называемых α -лучами (положительно заряженные ядра гелия), β -лучами (поток электронов или позитронов), а также электромагнитные колебания высокой частоты - γ -излучение. Длина волны γ -излучения радиоактивного кобальта около 0,001 нм, поэтому можно считать, что природа этого излучения сходна с природой X-лучей рентгена. Именно эти два вида излучения - рентгеновские и γ -лучи - производят ионизирующее действие, а- и β -лучи имеют малую проникающую способность, и их влияние на облучаемые материалы незначительно.

Эффект ионизации заключается в том, что при действии γ -квантов атом или молекула теряет электрон, а следовательно, свою электронейтральность и становится положительно заряженным ионом.

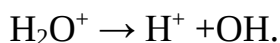
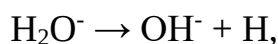
Оторвавшийся электрон, являющийся носителем отрицательного заряда, присоединяясь к другому атому или молекуле, образует отрицательный ион.

Возникающие при этом в пищевых продуктах, а также в живых организмах химические превращения связаны в первую очередь с ионизацией воды. Протекающие при этом процессы можно схематически представить следующим образом.

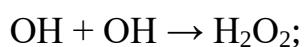
В начале ионизируются молекулы воды:



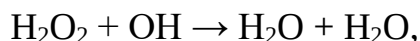
Образующиеся при этом ионы H_2O^- и H_2O^+ крайне неустойчивы и сейчас же распадаются с образованием свободных радикалов



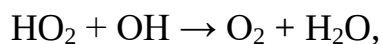
Таким образом, образуется свободный радикал Н - атомарный водород, обладающий высокой химической активностью, а также свободный радикал ОН, представляющий собой валентно-ненасыщенное соединение, тоже с высокой химической активностью. Свободные радикалы неустойчивы и могут просуществовать в свободном виде всего 10^{-5} - 10^{-6} с. Однако за это короткое время с их помощью образуются сильные окислители, которые могут вторгаться в химическую природу облучаемых веществ. Схема возникающих комбинаций и рекомбинаций свободных радикалов такова. Вначале из свободных радикалов ОН образуется пероксид водорода:



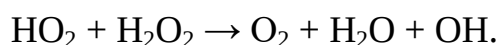
реагируя далее со свободным радикалом ОН



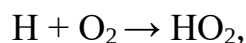
пероксид водорода дает начало образованию гиперпероксида HO_2 , являющемуся валентно-ненасыщенным энергичным окислителем. Дальнейшее действие свободного радикала ОН на гиперпероксид приводит к выделению молекулярного кислорода



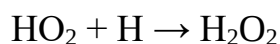
а комбинация гиперпероксида с пероксидом водорода вновь создает свободный радикал ОН



Выделяющийся молекулярный кислород «подхватывается» свободным радикалом водорода, образуя гиперпероксид



а последний, вновь реагируя с атомарным водородом, преобразуется в пероксид водорода



и т.д.

При определенной дозировке ионизирующих излучений с помощью приведенных химических реакций можно подавить жизнедеятельность

микроорганизмов либо вовсе их уничтожить. На этом основаны методы консервирования пищевых продуктов - радуризация и радаппертизация.

При радуризации в дозах 250-800 крад микроорганизмы уничтожаются лишь частично, в результате чего плоды, овощи, мясо и рыба могут сохраняться в свежем виде дольше, чем без радиационной обработки. Например, срок хранения ягод в холодильнике после радуризации можно продлить на неделю, томатов - на 2 недели, а мяса на несколько месяцев.

Радаппертизация, или радиационная стерилизация, предназначена для уничтожения микроорганизмов в такой степени, как это достигается при тепловой стерилизации, дающей возможность получать консервы. Нужно, однако, сказать, что при этом требуются большие дозы ионизирующих излучений (1,5-2 Мрад), ибо микроорганизмы, особенно споры анаэробов, очень устойчивы к радиационному фактору.

Так, константа выживаемости спор *Cl. botulinum* D_{10} , характеризующая дозу облучения, обеспечивающую десятикратное снижение количества этих возбудителей, составляет 300-400 рад. Отсюда для соблюдения принципа 12D необходимы дозы 4-5 Мрад. Такие большие дозы недопустимы, они приводят к появлению посторонних запахов и привкусов в продукте, разложению пищевых веществ, особенно аскорбиновой кислоты, образованию токсических соединений и т.д. Пороговые дозы при облучении говядины не превышают 700 крад, баранины - 300, рыбы - 500, апельсинов - 432 и т.д. К тому же следует иметь в виду, что в отличие от температурного фактора для радиационной инактивации ферментов требуются еще большие дозы, примерно 10 Мрад, т.е. значительно превышающие летальные для микроорганизмов дозы.

Для предотвращения нежелательных изменений в пищевых продуктах под влиянием ионизирующих излучений предложены разные меры. К ним относятся: предварительная (до облучения) тепловая обработка пищевых продуктов для инактивирования ферментов; предварительное замораживание продуктов для превращения значительной части жидкой влаги в лед и

снижения этим концентрации свободных радикалов, образующихся при последующей радиационной обработке; внесение до облучения в продукт аскорбиновой кислоты для защиты пищевых веществ от чрезмерного окислительного воздействия и т.п.

Все же перспектива широкого внедрения в пищевую промышленность радиаппертизации невелика. Гораздо реальнее и эффективнее использование радиационного фактора для удлинения срока хранения картофеля. Порча этого сырья связана в основном не с действием фитопатогенных микроорганизмов, а с прорастанием клубней. Ионизирующие излучения в относительно небольшой дозе (всего 10 крад) убивают ростовые элементы клеток. Картофель теряет способность прорасти и может после радиационной обработки сохраняться почти, в течение целого года.

Суммируя сведения о методах консервирования, следует отметить, что пищевые продукты можно сохранить в течение более или менее длительного срока, воздействуя на них всевозможными факторами:

- физическими (применение высоких и низких температур, микроволновой энергии, ионизирующих излучений, ультрафиолетовой радиации, обеспложивающего фильтрования, обезвоживания):
 - химическими (использование антисептиков и антибиотиков, добавление уксусной кислоты и спирта);
 - физико-химическими (применение осмотически деятельных веществ - сахара и соли в больших концентрациях);
 - биохимическими (квашение, засол, мочение, спиртовое брожение).

Некоторые методы основаны на комбинированном воздействии нескольких факторов (например, копчение, в котором сочетается консервирующее действие обезвоживания, соли и бактерицидных веществ, содержащихся в коптильном дыму или жидкости).

ГЛАВА III

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА СЫРЬЯ

К процессам предварительной обработки сырья принято относить большинство технологических операций, которые предшествуют укладке сырья в консервную тару или же представляют такой технологический процесс, при котором сырье утрачивает свои характерные признаки и превращается в полуфабрикат. В соответствии с этим к предварительной обработке сырья причисляют мойку, сортировку и инспекцию, чистку, измельчение, бланширование, обжаривание, копчение, вяление. С помощью этих технологических процессов сырье растительного или животного происхождения очищают от грязи и посторонних примесей, освобождают от некондиционных экземпляров и несъедобных частей, подвергают кратковременной термической обработке и подготавливают, таким образом, к укладке непосредственно в тару.

Иногда же после указанных технологических операций сырье поступает на уваривание, во время которого оно сгущается в несколько раз, как, например, в производстве концентрированных томатопродуктов. Такой сгущенный продукт, уже вовсе не похожий по своим свойствам на сырье, является фактически готовой продукцией, подлежащей лишь последнему виду обработки - консервированию. По этим же причинам не причисляют к предварительной обработке сырья варку плодов с сахаром, при которой получается готовое варенье или джем.

Не относятся к предварительной обработке сырья и процессы извлечения сока из плодов и ягод путем прессования или диффузии.

Эти процессы также являются основными, а не предварительными в производстве плодовых соков,

Не причисляют к предварительной обработке и те операции, которые хотя и производятся до фасовки в консервную тару, но уже не с сырьем, а с полуфабрикатом. Например, после отжима сока из плодов на прессах

полученный полуфабрикат подвергается осветлению и фильтрованию, которые также не относятся к предварительной обработке.

С другой стороны, обработка плодов ферментными препаратами плесневых грибов или электрическим током, которые облегчают основной технологический процесс - прессование, является предварительной обработкой сырья. То же можно сказать и в отношении замораживания, если оно применяется не как метод консервирования сырья, а как способ предварительной обработки плодов перед прессованием с целью увеличения выхода сока.

Мойка. Мойка сырья часто является первичным этапом технологического процесса, иногда же она следует после сортировки и инспекции. Казалось бы, следовало сначала отбраковать негодные экземпляры и удалить посторонние примеси, чтобы не тратить зря воду на те объекты, которые уйдут в отходы, однако, с другой стороны, эффективность этих процессов будет повышена, если сырье предварительно промыть и облегчить этим визуальное обнаружение дефектов. Для очень загрязненного сырья, которое, например, произрастает в земле, также следует начинать технологический процесс с мойки. Например, свеклу и морковь в производстве гарнирных консервов прежде всего энергично моют, а затем уже инспектируют и сортируют. При консервировании же плодов в производстве компотов их обычно сначала сортируют и калибруют, а потом уже направляют на мойку.

Используемая в консервном производстве вода должна соответствовать требованиям государственного стандарта РФ на питьевую воду [3]. Оговаривается и нормируется ряд бактериологических органолептических, физических и химических показателей качества. К ним относятся титр кишечной палочки (колититр), запах, привкус, цветность и мутность. Общая жесткость не должна превышать 10 мг • экв/л (нормально - 7 мг • экв/л). Предельно жесткие нормы установлены для токсических химических веществ, которые встречаются в природных водах или добавляются к воде в

процессе ее обработки (бериллий, мышьяк, свинец, селен, стронций, фтор и др.)

В процессе мойки следует удалить прилипшие к сырью механические примеси (земля, песок и т. п.), а также смыть микроорганизмы. Необходимо отметить, что задача эта вовсе не такая простая и осуществить эффективную мойку сырья иногда бывает очень затруднительно.

Рассмотрим явления, происходящие при отмывании загрязненных поверхностей с помощью тех или иных жидкостей.

Как известно, грязевые частицы удерживаются на твердых поверхностях главным образом силами межмолекулярного притяжения на границе двух твердых фаз. Величина сил бывает очень значительна и зависит от химического строения молекул и от расстояния между ними. Эти силы особенно проявляются при очень плотном соприкосновении тел. Расстояние, на котором действуют молекулярные силы сцепления, чрезвычайно мало, с увеличением расстояния силы взаимодействия резко падают.

Исходя из этого, первейшая задача моющего процесса заключается в том, чтобы отделить, оторвать грязевые частицы от очищаемой поверхности, к которой они прилипли, для чего надо каким-нибудь путем увеличить хотя бы на самую незначительную величину расстояние между частицей и отмываемой поверхностью. При этом поверхностные связи могут полностью нарушиться. Как указывает С.А. Дмитриев [6], такое отделение грязевой частицы от поверхности может быть осуществлено в результате набухания, т. е. проникновения жидкости в межмолекулярные пространства грязевой частицы, а также в зазоры между частицей и загрязненной поверхностью. Отсюда выходит, что для эффективного проникновения жидкости в тончайшие зазоры она должна хорошо смачивать очищаемые поверхности. При хорошем смачивании жидкость растекается по поверхности твердого тела и впитывается в его мельчайшие поры.

К сожалению, оказывается, что вода плохо смачивает большинство поверхностей, особенно гидрофобных, к которым относится покрытая

восковым налетом кожица большинства плодов и овощей. Но даже независимо от того, что такие поверхности обладают водоотталкивающей силой, сама вода плохо смачивает любые поверхности прежде всего из-за того, что силы поверхностного сцепления между молекулами ее довольно велики. Поверхностное натяжение воды равно 73 эрг/см^2 и в несколько раз превосходит, например, поверхностное натяжение спирта и керосина, которое составляет $22\text{-}24 \text{ эрг/см}^2$. Вот почему спирт и керосин хорошо растекаются по любым поверхностям, а вода собирается в отдельные капли.

Растекание жидкости на поверхности твердого тела связано с поверхностной энергией на границе фаз. При этом, как отмечает Ю.П. Золотин [7], существует три межфазные границы (рис. 11): твердое тело (1) - жидкость (2), твердое тело (1) - газ (3) и жидкость (2) - газ (3). Когда силы поверхностного натяжения на границе фаз взаимно уравниваются и жидкость

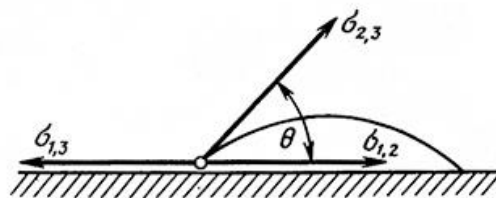


Рис. 11. Схема действия натяжения на границе фаз

перестает растекаться, поверхность расплывшейся капли образует с

поверхностью твердого тела угол, называемый углом смачивания. Это равновесие характеризуется выражением

$$\sigma_{1,3} = \sigma_{1,2} + \sigma_{2,3} \cos \theta, \quad (3.1)$$

отсюда

$$\cos \theta = (\sigma_{1,3} - \sigma_{1,2}) / \sigma_{2,3}, \quad (3.2)$$

где $\sigma_{1,2}$ - поверхностное натяжение на границе твердое тело - жидкость; $\sigma_{1,3}$ - поверхностное натяжение на границе твердое тело - газ; $\sigma_{2,3}$ - поверхностное натяжение на границе жидкость - газ.

Из рисунка можно заключить, что чем меньше угол θ , тем больше жидкость растекается по поверхности и тем, следовательно, лучше смачиваемость. А так как значение косинуса находится в обратной зависимости от величины угла, то получается, что чем больше $\cos \theta$, тем лучше смачиваемость поверхности данной жидкостью. Таким образом, $\cos \theta$

является мерой смачиваемости. Физический смысл явления легко уяснить, если учесть, что числитель выражения (2) $\sigma_{1,3} - \sigma_{1,2}$ представляет собой убыль поверхностной энергии на границе твердое тело - газ при смачивании поверхности жидкостью. Эту убыль называют напряжением смачивания. Следовательно, получается, что $\cos\theta$ пропорционален напряжению смачивания. Если силы притяжения между молекулами твердого тела и жидкости больше сил притяжения между молекулами жидкости, то жидкость расплывается по поверхности, т. е. смачивает ее. Если же силы притяжения между молекулами твердого тела и жидкости меньше, чем между молекулами жидкости, то поверхность не смачивается жидкостью. Получается, что в первом случае наблюдается сродство между смачиваемой поверхностью и жидкостью, и такую поверхность можно назвать лиофильной, или, имея в виду воду, гидрофильной. Во втором случае поверхность является лиофобной (гидрофобной).

При рассмотрении выражения (3.2) можно сделать также вывод, что для увеличения напряжения смачивания и, следовательно, косинуса θ необходимо стремиться всячески уменьшить поверхностное натяжение на границе твердое тело - жидкость, а это можно сделать, уменьшив поверхностное натяжение самой жидкости.

Как отмечалось, при соприкосновении воды с поверхностью плодов и овощей наблюдается плохая смачиваемость, объясняемая двумя причинами: гидрофобными свойствами кожицы растительного сырья и большим поверхностным натяжением самой воды.

В табл. 5 приводятся данные о смачиваемости водой некоторых видов растительного сырья и стали, являющейся основным конструкционным материалом технологического оборудования.

Как видно, вода недостаточно хорошо смачивает поверхности растительного сырья и металлов.

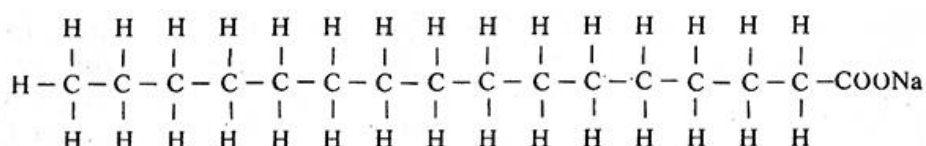
Повысить смачивающую, а, следовательно, и моющую способность воды можно понижением ее поверхностного натяжения с помощью добавления поверхностно-активных веществ.

К таким веществам относятся спирты, органические кислоты и особенно соли высокомолекулярных жирных кислот - мыла.

Таблица 5 -Данные о смачиваемости водой некоторых видов растительного сырья и стали

Смачиваемая поверхность	Угол смачивания, град	$\cos^0$
Лук	66	0,41
Яблоки	40-45	0,77-0,71
Сталь	40-45	0,77-0,71

Как известно, молекулы поверхностно-активных веществ имеют два «конца» с взаимно противоположными свойствами. Один из них представляет собой, как правило, длинную углеводородную симметричную неполярную цепь, обладающую гидрофобными свойствами. Другой, короткий, содержит кислород, азот или серу, несимметричен, полярен и обладает гидрофильными свойствами. Примером поверхностно-активного вещества может служить молекула жирового мыла:



неполярная углеродная часть, гидрофобный «конец» полярная гидрофильная часть

Благодаря наличию полярного гидрофильного «конца» молекула мыла растворима в воде, но гидрофобный «конец» стремится оттолкнуться от воды и вытащить молекулу мыла из воды на поверхность, т. е. на границу ее раздела с воздухом, который также является гидрофобным веществом. Таким образом, молекулы мыла вытесняют молекулы воды из поверхностного слоя, образуя абсорбционный слой, имеющий меньшее поверхностное натяжение, чем вода. В этом абсорбционном слое поверхностно-активные вещества

располагаются строго ориентированно, гидрофобными концами наружу, а гидрофильными - внутрь (рис. 12).

Следовательно, вода, в которую добавлены поверхностно-активные вещества, представляет собой жидкость с уменьшенным поверхностным натяжением, обладающую в силу этого лучшими смачивающими и моющими свойствами. Например, если ввести в воду этиловый спирт, поверхностное натяжение которого составляет 22 эрг/см², то поверхностное натяжение воды резко понизится. В табл. 6 приведены применительно к объектам из табл. 5 данные об изменении смачиваемости воды при добавлении в нее некоторых поверхностно-активных веществ.

Таблица 6 - Данные об изменении смачиваемости воды при добавлении в нее некоторых поверхностно-активных веществ

Поверхность	Добавленные поверхностно-активные вещества			
	Мыло		Кальцинированная сода	
	Угол смачивания,град	cos θ	Угол смачивания,град	cos θ
Лук	36-40	0,80-0,77	35-40	0,80-0,77
Яблоко	24-35	0,91-0,80	14-18	0,97-0,95
Сталь	28-35	0,88-0,80	14-20	0,97-0,94

Как видно из таблицы, при добавлении поверхностно-активных веществ смачиваемость плодов резко возрастает: поверхности лука - почти в 2 раза, яблок-на 25-35%.

Схема моющего процесса, согласно С.А. Дмитриеву, представлена на рис.

13. На первой стадии молекулы поверхностно-активных веществ своими

гидрофобными концами вцепляются в гидрофобную поверхность твердой грязевой частицы *A*, прилипшей к загрязненной поверхности и удерживаемой на ней силами межмолекулярного притяжения, и образуют на ее поверхности гидрофильный чехол. Некоторые из них пробираются в узкую молекулярную

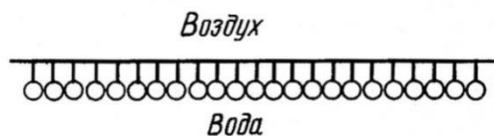


Рис. 12. Схема абсорбционного слоя поверхностно-активных веществ на поверхности воды

щель между загрязненной поверхностью и грязевой частицей, слегка увеличивают этот зазор и ослабляют силы молекулярного сцепления грязевой частицы с поверхностью. Все это создает предпосылки для отрыва грязевой частицы от загрязненной поверхности. На этой же стадии замочки молекулы поверхностно-активного вещества проникают в тончайшие щели и трещинки грязевой частицы, раздробляют ее на мельчайшие, коллоидных размеров, кусочки, вокруг которых также образуется гидрофильный чехол.

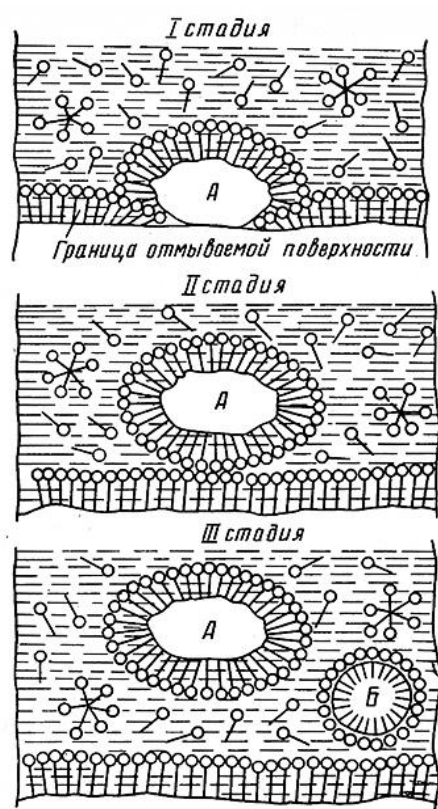


Рис. 13. Схематичное изображение моющего процесса:
А - твердая грязевая частица; Б - жидкая грязевая частица

На второй стадии поверхностно-активные вещества полностью отделяют грязевую частицу от поверхности и переводят ее в раствор, в котором благодаря образованному на поверхности частицы гидрофобному чехлу частица хорошо удерживается во взвешенном состоянии, плавает до тех пор, пока на третьей стадии свежая порция моющего раствора не уносит ее в канализацию.

Исследования некоторых ученых установлено, что значительный эффект при мойке фруктов и овощей дают растворы калийного мыла в концентрации 0,25-0,50% при рН 7,0-8,0. Особенно хороший эффект с микробиологических позиций получен при

мойке шпината, фасоли и томатов, а наилучшие результаты по удалению песка достигнуты для клубней картофеля и грибов. А. Горубала отмечает, что в стерилизованных консервах, изготовленных из сырья, прошедшего мойку в растворах детергентов, обнаружен значительно меньший процент бомбажных банок по сравнению с консервами, изготовленными из сырья, промытого чистой водой. Автор отмечает также ослабление

термоустойчивости микрофлоры, подвергнутой действию аниобноактивных детергентов, в процессе последующей стерилизации.

Таким образом, целесообразность применения поверхностно-активных веществ для мойки сырья в консервном производстве не подлежит сомнению. Тем не менее по ряду причин детергенты обычно используются только для мойки консервной тары или же, иногда, для улучшения смачивания овощей при щелочной очистке их от кожицы. Недостаточные же моющие свойства воды компенсируются повышением давления (0,2-0,3 МПа) в соответствующих душирующих насадках, что приводит к большому расходу ее, примерно 0,7-1,5 л на 1 кг сырья. В том случае, когда мойке подлежит особенно загрязненное сырье машинной уборки, расход воды увеличивается и достигает трехкратного соотношения с сырьем.

В зависимости от вида сырья и степени загрязнения для мойки применяют различные механизированные устройства, в которых сырье замачивается при интенсивном перемешивании, создающем трение плодов или клубней друг о друга с последующим удалением загрязнений с помощью водяных струй, выходящих из насадок под большим давлением. Для усиления бурления воды используют сжатый воздух от компрессора вентилятора. Мойку сильно загрязненных овощей, корнеплодов, клубней картофеля осуществляют в лопастных и барабанных моечных машинах. Они более энергично отмывают сырье, чем машины ленточного типа, но при мойке возможны механические повреждения плодов, на поверхности образуются трещины, потертости.

Для мойки нежных овощей и фруктов (томатов, перца, вишни, черешни, абрикосов и т. п.) используют элеваторные, вентиляторные и встряхивающие моечные машины, а такие ягоды, как, например, клубника и малина, моют на встряхивающих душевых устройствах. Применение щеточных машин в связи с возможностью микробного обсеменения не очень рекомендуется, но они эффективны для загрязненных овощей с неровной поверхностью (огурцы, картофель).

Широкое распространение в консервном производстве нашли следующие моечные машины: унифицированная для первичной мойки овощей и фруктов без нагнетания воздуха (КУМ), унифицированная с нагнетателем воздуха - для вторичной мойки овощей и фруктов (КУМ-1), унифицированная вентиляторная для вторичной мойки (КУВ-1), барабанная для твердых овощей и семечковых плодов (КМ-1), щеточная для огурцов и кабачков (ММ-1), с обрезиненными роликами для картофеля и лука (ММК), моечно-встряхивающая для различных плодов, ягод и овощей (КМЦ) и др.

Инспекция, сортировка и калибровка. Инспекцией называют осмотр сырья, отбраковку непригодных по той или иной причине экземпляров (битые, заплесневелые, неправильной формы, зеленые и т. п.). Иногда инспекция выделяется в самостоятельный процесс, иногда сопровождается сортировкой плодов по качеству, зрелости, окраске, размеру. Инспекцию производят на ленточных или роликовых транспортерах, регулируя скорость движения конвейера в пределах 0,05-0,1 м/с. Обычно работницы стоят по обе стороны инспекционного транспортера с таким расчетом, чтобы можно было легко достать плоды с середины ленты, и чтобы расстояние между ними составляло 0,8-1,2 м.

Для облегчения проведения последующих операций: чистки, резки, тепловой обработки, укладки - плоды и овощи следует разделить на однородные по размерам партии. Этот процесс называется калибровкой. Калибровка позволяет снизить потери и отходы в производстве и улучшить качество продукции. На консервных заводах можно встретить калибровочные машины различных типов: барабанные, тросовые, роликовые, шнековые, валико-ленточные и дисковые. Картофель, например, калибруют во вращающемся барабане с сетчатой боковой поверхностью и внутренней спиральной направляющей. Барабан разделен по длине на три секции с разными по размеру квадратными отверстиями. В первой секции с отверстиями размером 4 x 4 см проваливается в приемный бункер мелкий картофель, во второй - через сита с отверстиями размером 5 x 5 см - средний

и в третьей - через ячейки размером 6 х 6 см выходит крупный картофель. Под бункерами барабана проходит ленточный транспортер, который поочередно забирает откалиброванное сырье из соответствующих бункеров. Для калибровки мелких косточковых плодов на некоторых заводах применяют сита с отверстиями 3-4 размеров, совершающие возвратно-поступательное движение. Для калибровки цитрусовых, а также семечковых и крупных косточковых плодов по диаметру используются валико-ленточные калиброватели, в которых плоды скатываются в увеличивающийся по мере продвижения вперед зазор между калибрующим вращающимся ступенчатым валом и движущейся лентой.

Очистка и измельчение. Очистка сырья - одна из самых трудоемких операций в технологическом процессе консервирования пищевых продуктов. При очистке удаляют несъедобные части сырья - плодоножки плодов, чашелистики ягод, гребни винограда, семенные камеры, кожицу некоторых видов сырья, чешую и внутренность рыб, кости мясных туш. Многие из этих операций механизированы. Существуют, например, чешуеъемные и рыборазделочные машины, машины для срезания зерен с кукурузных початков, удаления цедры с цитрусовых плодов и т. д. Однако на этих процессах часто применяют и ручной труд.

То же можно сказать в отношении последующих процессов измельчения сырья, которые нередко совмещаются с операциями очистки. Сырье измельчают для придания ему определенной формы, лучшего использования объема тары, облегчения последующих процессов (например, обжаривания, выпаривания, прессования). Эти операции, как правило, осуществляются машинным способом, хотя иногда и здесь встречается использование ручного труда.

Выпускают машины для чистки и резки яблок, груш и цитрусовых. Машины очищают плоды от кожицы, разрезают их на ломтики, половинки и дольки, а также удаляют сердцевину у яблок и груш. Эти машины карусельного типа. Загрузка плодов производится вручную ориентированно.

Все последующие операции по срезанию кожицы, надрезанию плодов, удалению пуансоном сердцевины и разрезанию на половинки или дольки совершаются автоматически.

Очень сложно осуществить механизированную очистку перца от семенной камеры. На некоторых заводах эту операцию до сих пор производят вручную с помощью специальных конических трубочек. В то же время, для этой цели разработана машина для удаления сердцевины перца и очистки от семян, предназначенная для удаления сердцевины, очистки перца от семян, вырезая круговую верхушку перца «хвостик», а затем разрезая с помощью цилиндрического лезвия диаметром 35 мм. Перцы загружаются вручную оператором в держатели, установленные на конвейерной системе, которая перемещается синхронно с вращающейся лопастью. Машина удаляет сердцевину с помощью ножевой системы. Удаленная сердцевина транспортируется автоматически за пределы системы ножей, а готовый и чистый перец попадает в предварительно установленный контейнер. Для удобства работы опционально машина комплектуется подающим и отводящим конвейерами с модульной лентой. Производительность машины составляет до 7000 шт/час.

Для обрезки концов моркови разработана полуавтоматическая машина, в состав которой входят пластинчатый подъемник, два транспортера V-образной формы, для выравнивания моркови и для подачи на транспортер машины для обрезки концов. Кроме того, машина снабжена двумя нижними транспортерами, расположенными под корпусом машины, которые сначала направляют морковь вправо, а затем влево, чтобы обрезать оба конца.

На выходе из машины возможна установка устройства для резки моркови на куски (факультативно), на толстые полоски.

Машина полностью изготовлена из нержавеющей стали AISI 304 и оснащена всеми защитами в соответствии с нормами по технике безопасности и с требованиями к электрическим системам.

Для удобства работы опционально машина комплектуется подающим и отводящим конвейерами с модульной лентой.

Многие виды плодового и овощного сырья поддаются химической очистке от кожицы. С этой целью плоды обрабатывают в горячих растворах каустической соды различной концентрации. При воздействии горячей щелочи происходит гидролиз протопектина, с помощью которого кожица держится на поверхности плода, образуется растворимый пектин, молекула его под действием щелочи претерпевает дальнейшие изменения: омыление, образование натриевых солей пектиновых кислот, метилового спирта, дальнейшую деградацию полимера галактурановых кислот. То же происходит и с клетками самой кожицы. В результате кожица отделяется от мякоти плодов и легко смывается струями воды при последующем душевании. Для щелочной очистки персиков используют 2-3%-ный кипящий раствор каустической соды, в котором плоды выдерживают в течение 1,5 мин. Корнеплоды обрабатывают 2,5-3%-ным раствором каустической соды при температуре 80-90°C в течение 3 мин. После щелочной очистки корнеплоды отмывают от кожицы и щелочи в карборундовых моечных машинах со снятой абразивной поверхностью. Технологический эффект достигается благодаря трению вращающихся на подвижном дне корнеплодов. Есть и другие варианты щелочной очистки моркови, согласно которым морковь обрабатывается более крепким - 5-8%-ным раствором каустической соды при температуре 95-100°C, после чего промывается в барабанной моечной машине водой, подаваемой под давлением 0,8-1 МПа. Используют для снятия кожицы с корнеплодов и терочные устройства с абразивной поверхностью, а также паровую обработку под давлением 0,2-0,3 МПа в течение 10-30 с. При выходе из зоны повышенного давления наружу в результате самоиспарения влаги в подкожном слое кожура разрывается, а затем легко отделяется в моечно-очистительной машине под действием вращающихся щеток и струй воды.

Особенно трудно механизировать снятие покровных листьев с лука. Хотя довольно успешно работают так называемые пневмолукочистки периодического действия, однако до поступления в эти машины необходимо вручную отрезать мочки и шейки у луковиц. Когда связь кожицы с луковицей нарушится, удастся в машине терочного типа, в которой луковицы трутся друг о друга и о вращающееся дно с насечками, сдуть кожицу напором сжатого воздуха под давлением 0,6 МПа. После этого значительное количество луковиц приходится дочищать вручную [22].

Плодоножки можно отделить от плодов и ягод на вращающихся навстречу друг другу обрезиненных валиках. Диаметр валиков и зазор между ними можно подобрать так, чтобы обеспечить захват и отрыв плодоножек без повреждения плода. Для удаления косточек из вишни, черешни, слив, абрикосов существуют машины, в которых находящиеся в специальных гнездах плоды попадают под стержни-пуансоны, совершающие возвратно-поступательное движение и выбивающие косточки из плодов.

Измельчение овощей и плодов производится по-разному, в зависимости от того, нужно ли придать сырью определенную форму (резка), или же требуется раздробить их на мелкие кусочки или частицы, не заботясь о форме.

Корнеплоды и картофель, например, режут на брусочки и кубики, кабачки и баклажаны - на кружочки или на кусочки, капусту шинкуют.

Эти операции выполняются на машинах, снабженных системой дисковых и гребенчатых ножей. Широко распространены машины для резки овощей в одной плоскости (шинковальные, сотерезки), а также машины, у которых ножи расположены в двух взаимно перпендикулярных плоскостях (для резки на брусочки).

Большое разнообразие механических устройств используется для измельчения сырья на бесформенные кусочки или превращения его в однородную пюреобразную массу, что делается, например, перед последующим отжимом мезги на прессах или в порядке подготовки к

процессу выпаривания влаги. Здесь применяются всевозможные дробилки: двухвальцовые, одно и двухбарабанные, гомогенизаторы плунжерные и дисковые, протирочные машины и т. п. Во многих из них плоды и овощи подвергаются не только разрезанию или раздавливанию, но и сильнейшему удару о неподвижную деку с помощью развивающего при вращении большую центробежную силу рабочего органа машины. В результате такой обработки цитоплазменные оболочки плодовых клеток повреждаются, клеточная проницаемость необратимо возрастает и выход сока при последующем прессовании получается достаточно высоким. В. Я. Ревзин определил зависимость выхода яблочного сока от степени измельчения, выраженную как функция от так называемой активной удельной поверхности, количества поврежденных клеток и клеточной проницаемости (табл. 7).

Таблица 7 - Зависимость выхода яблочного сока от степени измельчения

Активная удельная поверхность м ² /кг	Количество поврежденных клеток %	Показатель клеточной проницаемости	Выход сока %
0	0	700	-
0,5	17,0	800	23
1,1	36,0	1310	45
1,7	56,0	1900	60
2,3	76,0	2900	65
3,0	100,0	4500	70

Из данных таблицы видно, что наибольший выход сока отмечается при максимальном количестве поврежденных клеток и наивысшем значении показателя клеточной проницаемости, что наступает при величине активной удельной поверхности измельченных яблок 3,0 м²/кг (по данным автора, это соответствует измельчению яблок на кубики с гранью размером 1,9 мм).

Однако, на выход сока влияет не только площадь поверхности плодов при измельчении, но и другие (кроме чисто режущих и увеличивающих

поверхность плодов) факторы воздействия на плодовую ткань (удар, царапание). Поэтому о прогнозе того или иного результата прессования можно судить по доле поврежденных при измельчении цитоплазматических оболочек растительной ткани (табл. 8).

Таблица 8 - Доля поврежденных при измельчении цитоплазматических оболочек растительной ткани

Способ предварительной обработки	Доля клеток с поврежденной цитоплазматической оболочкой	Выход сока из яблок %
Резка ножом на ломтики толщиной 2мм	0,23	30,0
То же, с последующим пропусканием через двухвальцовую дробилку	0,62	56,0
Измельчение на морковкорезке с гребенчатыми ножами	0,68	60,0
Измельчение на дробилке КДП-3М	0,72	69,0

Из табл. 8 видно, как существенно отражается на параметрах процесса прессования предварительное механическое повреждение клеточной структуры плодовой ткани.

То же можно сказать об измельчении томатов в протирачных машинах перед последующим увариванием в вакуум-выпарных аппаратах. Обычно томатную пульпу измельчают последовательно на двух или трех протирачных машинах с постепенно уменьшающимся диаметром отверстий сит. Например, в строенных протирачных машинах диаметры отверстий сит соответственно изменяются так: первое сито - 1,2 мм, второе - 0,7 мм и третье - 0,5 мм. Чем тоньше измельчение, тем больше получается поверхность испарения и тем, следовательно, больше скорость испарения влаги w/t , которая, как известно, при прочих равных условиях пропорциональна поверхности S : $w/t = KS$ (K - коэффициент пропорциональности). Расчеты показывают, что поверхность испарения при дроблении частиц томатной пульпы до диаметра 0,7 мм увеличивается по сравнению с поверхностью частиц диаметром 1,2 мм на 71%, а по выходе с третьего сита - еще на 42%.

Предварительная тепловая обработка. Предварительной тепловой обработкой сырья принято называть кратковременное (5-15 мин) воздействие на сырье горячей (80-100°C) воды, пара или горячего растительного масла. Обработку сырья горячей водой или паром называют бланшированием (от французского слова blanchir - отбеливать), обработку в горячем растительном масле - обжариванием.

Уваривание измельченного сырья, например, при концентрировании томатопродуктов или при варке плодов в сахарном сиропе (для варенья), к предварительной тепловой обработке не относится.

В различных технологических процессах предварительная тепловая обработка сырья преследует следующие цели:

Изменить объем и массу сырья. В зависимости от конкретного вида и поставленной задачи объем сырья требуется увеличить либо уменьшить. Так, например, при изготовлении так называемых мясорастительных консервов, в рецептуру которых входят сухие бобовые культуры, практикуют бланширование сухого гороха или фасоли в кипящей воде в течение 10-20 мин для набухания зерен, при этом благодаря впитыванию воды объем их и масса увеличиваются примерно в 2 раза. Если этого не сделать, то при стерилизации консервов сухие бобовые культуры набухают в результате поглощения бульона, и в готовой продукции не остается жидкой фазы. В ряде случаев бланшируют и рис, объем и масса которого при этом увеличиваются на 100%. При изготовлении же консервов из отварной говядины или свинины бланшированию подлежит мясо, объем и масса которого при этом уменьшаются на 30-40% из-за коагуляции белков и освобождения части связанной ранее влаги. Благодаря этому в банку укладывается более концентрированное, по белку мясо, и коэффициент заполнения банки питательными веществами увеличивается;

Размягчить сырье, чтобы его можно было плотнее уложить в банки или же для облегчения удаления несъедобных частей - кожицы, косточек, семян - при последующем протираании на ситах. Размягчаются плоды при

тепловой обработке по двум причинам. С одной стороны, при нагревании гидролизуются протопектин, склеивающий отдельные клетки между собой и цементирующий растительную ткань. При гидролизе протопектин переходит в растворимую форму, клетки отделяются друг от друга, плодовая ткань мацерируется, становится рыхлой и мягкой. Однако для гидролиза протопектина требуется относительно продолжительное время тепловой обработки плодов (15-20 мин). В то же время известно, что достаточно нагреть растительную ткань до 80-85°C хотя бы за 3-4 мин, как плоды становятся мягкими. Это связано с тем, что при нагревании коагулируют белки протоплазмы, цитоплазменная оболочка повреждается, осмотическое давление, обуславливающее твердость плода, stráвливается и плод размягчается;

Увеличить клеточную проницаемость. В ряде случаев цитоплазменные оболочки плодовых клеток тормозят протекание технологических процессов и должны быть разрушены. Так, именно эти полупроницаемые мембраны являются основным препятствием при извлечении плодовых соков прессованием. Чтобы извлечь содержимое клеток, это препятствие нужно устранить, повысив до предела клеточную проницаемость плодов ткани. Один из наиболее эффективных технологических приемов, позволяющих повредить цитоплазменные мембраны, - бланширование плодов водой или паром. При этом необходимо иметь в виду, что повреждения цитоплазменных мембран и увеличения клеточной проницаемости можно достигнуть на разных температурных уровнях, начиная с 65°C, изменяется лишь соответствующее время обработки. Естественно, что чем выше температура бланширования, тем меньше необходимое время тепловой обработки.

На рис. 14 показано изменение клеточной проницаемости яблок при бланшировании в пределах температурного диапазона 60-100°C. Поскольку клеточная проницаемость измерялась электрометрическим методом (чем больше клеточная проницаемость, тем выше электрическая проводимость) и

результат измерений зависит не только от клеточной проницаемости, но и от температуры объекта, то для того, чтобы снять влияние температуры на показания прибора, плодовую ткань после бланширования охлаждали и по показателям охлажденной ткани окончательно судили об изменениях клеточной проницаемости. Пунктирные линии на рис. 14 и показывают изменение показателя клеточной проницаемости K_n в период охлаждения.

Из рис. 14 видно, что показатель клеточной проницаемости выходит за пределы смертельных значений, начиная с 70°C . Поэтому, в случаях когда опасаются разваривания плодов при высоких температурах, можно производить бланширование не в течение 4-5 мин, скажем при 100°C , а в течение 8-10 мин при $70-80^{\circ}\text{C}$.

Цитоплазматические мембраны являются препятствием также и в том случае, когда нужно не извлечь содержимое клеток, а наоборот, пропитать чем-либо клетку извне, например сахаром или солью. Так, большой помехой непроницаемость цитоплазматических мембран является в производстве варенья. При варке варенья протекают противоположные по направлению диффузионно-осмотические процессы, в результате которых из плодов извлекается вытекающая наружу и частично испаряющаяся влага, а внутрь клетки проникает сахар из окружающего плоды сиропа. В соответствии с предъявляемыми к готовой продукции требованиями плоды после варки

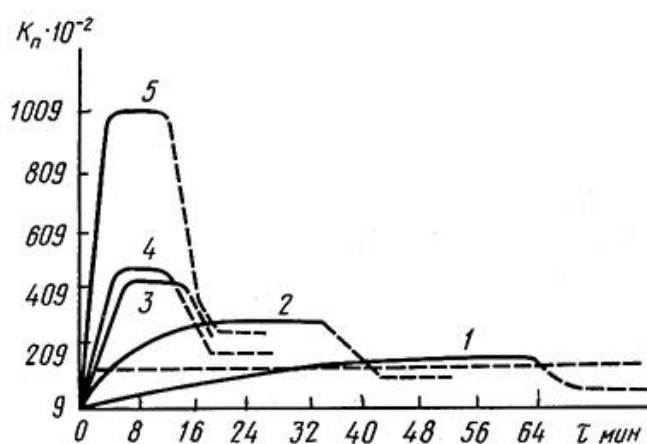


Рис. 14. Изменение клеточной проницаемости плодовой ткани при бланшировании (при температурах, $^{\circ}\text{C}$): 1-60; 2-65; 3-70; 4-80; 5 - 100

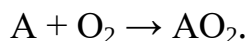
должны сохранить первоначальный объем и не быть сморщенными, а соотношение между плодами и сиропом должно находиться на уровне 1:1. Исходя из этих требований, варенье надо варить так, чтобы количество извлекаемой при варке влаги w

компенсировалось количеством впитываемого сахара, т. е. отношение w/c должно быть около единицы. Между тем, если погрузить свежие плоды или их дольки в сахарный сироп, то в первые минуты, пока плоды еще не прогрелись и цела протоплазма, происходит лишь осмотическое отсасывание влаги, а диффузионное проникновение сахара внутрь плодовых клеток задерживается непроницаемой для сахара цитоплазменной оболочкой. Поэтому плоды сразу же и сморщиваются. В дальнейшем цитоплазма при нагревании плодов повреждается и открывается доступ сахара в клетку. Но все равно влаги к этому моменту извлечено слишком много и нужной компенсации достигнуть не удастся. Отношение w/c значительно превышает единицу, и в результате по окончании варки и фасовки плодов и сиропа в соотношении 1:1 остается и постепенно накапливается в производстве избыток сиропа. Это очень осложняет технологию варенья и является одной из проблем в этом производстве. Если же плоды до варки пробланшировать, то клеточная проницаемость их возрастет и при последующем погружении в сироп сразу произойдет не только осмотическое отсасывание влаги, но и диффузионное проникновение сахара внутрь плодовой ткани через поврежденную цитоплазменную мембрану;

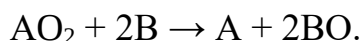
Инактивировать ферменты. Как отмечалось, деятельность ферментов, оказавшихся в пищевом продукте при переработке сырья, может вызвать порчу готовой продукции даже при отсутствии микроорганизмов. Это относится к таким «холодным» способам стерилизации, как, например, обеспложивающее фильтрование и ионизирующие излучения. Кратковременное прогревание или бланширование при 80-100°C инактивирует большинство ферментов, прекращает их деятельность и тем самым предупреждает ферментативную порчу.

Деятельностью окислительных ферментов объясняется также потемнение нарезанных семечковых плодов на воздухе. Это тоже пример нежелательного ферментативного процесса, с которым приходится встречаться в производстве компотов, джемов и некоторых других видов

фруктовых консервов и который следует предотвратить. Схема окислительного процесса ферментативного потемнения нарезанных плодов представляется в следующем виде. На первой стадии фермент (обозначаемый буквой А) присоединяет молекулярный кислород воздуха и активирует его, образуя соединение типа пероксида:



Если в плодах имеется соответствующий субстрат восстановительного характера (дубильные вещества, полифенолы, обозначаемые буквой В), то образовавшийся органический пероксид AO_2 отдает кислород уже в атомарном виде, окисляя, таким образом, дубильные вещества, которые молекулярным кислородом воздуха не окисляются. Поэтому вторая стадия ферментативного процесса протекает по схеме:



При этом фермент восстанавливается в первоначальном виде, а образующийся оксид ВО представляет собой темноокрашенное соединение, называемое иногда флобафеном. Таким образом, получается, что поскольку полифенолы кислородом воздуха без помощи ферментов не окисляются, то для предотвращения процесса потемнения необходимо окислительные ферменты инактивировать. С этой целью в упомянутых производствах применяют кратковременное (5-10 мин) бланширование в воде при температуре 85-100°C. Так как инактивирование ферментов лучше протекает в кислой среде, то при бланшировании воду рекомендуется подкислять лимонной или виннокаменной кислотой до концентрации 0,1-0,2%;

Гидролизовать протопектин. Получение фруктовой продукции, имеющей желеобразную консистенцию (повидло, джемы, мармелады, желе), невозможно без наличия в увариваемой массе растворимого пектина. Именно он в присутствии сахара и кислоты образует студни. Согласно существующим воззрениям желе получается тогда, когда осаждение пектина происходит в агрегатах мицелл в присутствии сахара, который действует как обезвоживающий агент, поглощающий сольватные оболочки, и в

присутствии водородных ионов, нейтрализующих отрицательные заряды пектиновых молекул. Образовавшееся желе представляет собой сплетение фибрилл из пектиновых молекул, промежутки между которыми заполнены сахарным сиропом.

В некоторых плодах пектиновых веществ содержится мало. Чтобы из такого сырья получить фруктовый студень, приходится вводить в рецептуру так называемые желирующие соки, т. е. соки из плодов, богатых растворимым пектином. Иногда же пектиновых веществ в плодах много, но они находятся главным образом в нерастворимой форме, в виде протопектина. Иногда необходимо так обработать плоды, чтобы произвести гидролиз протопектина и превращение его в растворимую форму, которая только и способна впоследствии обеспечить желеобразное состояние продукции. Чтобы гидролизовать протопектин, плоды бланшируют паром в течение 10-20 мин;

Удалить воздух. Содержащийся в межклеточных пространствах растительной ткани воздух, попадая в готовую продукцию, а также действуя на промежуточных этапах на сырье, вызывает ухудшение качества продукта, способствует коррозии металлической тары, вызывает повышенное давление в банках при стерилизации. При бланшировании сырье в значительной мере освобождается от воздуха;

Повысить калорийность и придать сырью специфические вкусовые свойства. Это достигается при обжаривании сырья в растительном масле, о чем будет подробнее сказано ниже.

Рассмотрим технику тепловой обработки.

Бланширование водой. Выбор аппаратуры для бланширования водой

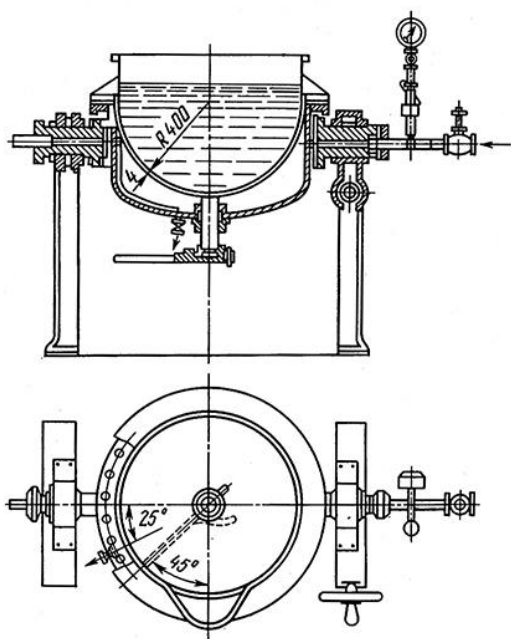


Рис. 15. Двустенный котел

связан с объемами производства. Если пропускная способность цеха небольшая, плоды бланшируют вручную в цилиндрического или прямоугольного сечения металлических дырчатых корзинах-сетках, которые загружают в наполненные горячей водой двустенные, котлы.

Двустенный котел (рис. 15) состоит из двух оболочек. Внутреннее «тело» изготовлено из стали или меди. В эту оболочку наливают подлежащую нагреванию воду. Наружное «тело» изготовлено из чугуна. В образовавшееся между двумя «телами» герметически закрытое пространство подают пар давлением обычно 0,2-0,3 МПа. Вода во внутренней оболочке нагревается до 80-85°C или до слабого кипения. По окончании бланширования сетки с плодами вынимают из котла и погружают в холодную воду, чтобы предотвратить разваривание сырья. Двустенные котлы изготавливают вместимостью 150, 300 и 500 л.

Ручной способ бланширования можно использовать, когда производительность линии измеряется десятками килограммов сырья в час.

При большой производительности линии применяют непрерывно действующие тепловые аппараты, называемые бланширователями. Эти аппараты бывают ленточными, ковшовыми и барабанными.

Один из типов ленточных бланширователей называемый также

скребковым, представлен на рис. 16. Это - прямоугольного сечения стальная ванна с водой, в которой установлено транспортирующее устройство, выполненное

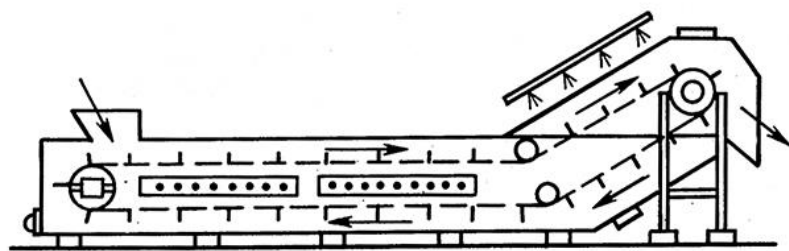


Рис. 16. Скребковый бланширователь

в виде горизонтальной ленты с поперечными планками (скребками), укрепленной на двух тяговых цепях. Скребки необходимы для предупреждения скатывания плодов обратно в ванну бланширователя с наклонной части ленты при выгрузке. Плоды с помощью элеватора через

бункер бланширователя попадают на бесконечную конвейерную ленту и проходят вдоль ванны с горячей водой в течение установленного времени тепловой обработки. Вода в бланширователе нагревается с помощью острого пара, подаваемого через дырчатую паровую трубу - барботер, установленный между рабочей и холостой ветвями ленты. В разгрузочной части ванны горизонтальная лента переходит в наклонное положение, выходя из горячей воды.

Наклон делается для того, чтобы плоды по течке самотеком поступали на следующий процесс (при этом не нужны промежуточные элеваторные устройства). Над наклонной частью ленты установлены душевые устройства для охлаждения бланшированных плодов водопроводной водой. Механически увлеченная плодами вода стекает с наклонной части ленты обратно в ванну.

Бланширование паром. Для бланширования паром также пользуются непрерывно действующими, чаще - ленточными или шнековыми аппаратами, называемыми шпарителями.

Получивший большое распространение в консервном производстве шнековый шпаритель (рис. 17) представляет собой закрытый желоб, в котором помещен шнек с полым перфорированным валом, выполняющим одновременно функцию барботера. На рисунке показан двухсекционный шнековый шпаритель. Плоды с помощью элеватора подаются в бункер шпарителя, устанавливаемого обычно на площадке высотой над уровнем пола не менее 2 м. Короб заполнен острым паром, подаваемым через полый вал. Обрабатываемые паром плоды перемещаются с помощью шнека вправо, проваливаются в нижнюю секцию, шнек которой движется в обратном направлении, и поступают по течке на следующий процесс.

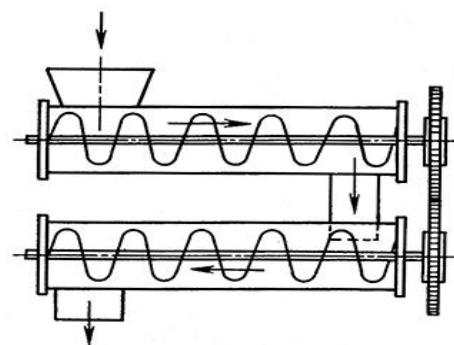


Рис. 17. Схема двухсекционного шнекового шпарителя

Для практической реализации усовершенствованных технологий и их обеспечения аппаратурно-технического сопровождения разработаны новые конструкции устройств и аппаратов.

Аппарат для паровой бланшировки и вакуумирования плодов в банках. Аппарат предназначен для реализации способа импульсно-паровой бланшировки и вакуумирования плодов в стеклобанках при производстве компотов и овощных натуральных консервов (рис.18).

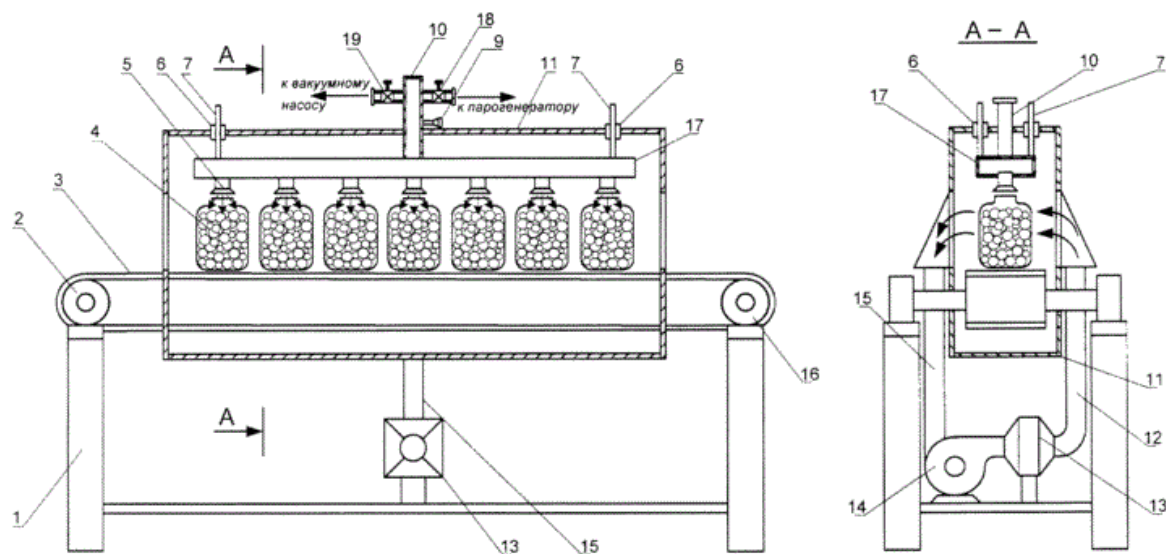


Рисунок 18 – Аппарат для паровой бланшировки и вакуумирования плодов в банках

Аппарат включает в себя каркас 1, на котором установлен пластинчатый транспортер 3, сборник-парораспределитель 17 с соплами для подачи пара и удаления воздуха из банок 5, выполненными с резиновыми прокладками, обеспечивающими герметическое соединение банок со сборником-парораспределителем, который попеременно выполняет функции распределителя пара и сборника воздуха из банок. С наружной стороны к углам парораспределителя приварены направляющие 7, которые перемещаясь по втулкам 6, обеспечивают возможность фиксации парового коллектора с соплами на различных высотах от транспортера в зависимости от высоты банок.

Для фиксации парового коллектора в различных положениях

аппарат снабжен зажимным винтом 9, который установлен на втулке 8. Для нагрева и подачи нагретого воздуха в камеру обработки аппарат снабжен вентилятором 14 и электрическим калорифером 13.

Работа аппарата осуществляется следующим образом.

Банки 4, после заполнения подготовленными плодами, транспортером 3, закрепленном на ведущем 2 и ведомом 16 барабанах, совершающим прерывистое движение с интервалом 10 с, подаются в камеру обработки, где в момент остановки транспортера оказываются под соплами для подачи пара. Пар из трубы 10 и сборник-парораспределитель 17 посредством сопел 5 подается в банки с плодами. Далее, после 10 с подачи пара в банки, банки перемещаясь оказываются под следующими соплами и так пока не пройдут всю камеру обработки, последовательно оказываясь под всеми соплами с интервалом 10 с. Плоды при обработке в течение 60-120 с (в зависимости от объема банок) за счет конденсации пара нагреваются до 65-75°C и при этом из них также выделяется воздух. По окончании процесса паровой обработки плодов в банках сборник-парораспределитель опускается до упора сопел с резиновыми прокладками с венчиками банок, отсоединяется от паровой линии посредством перекрытия вентиля 18 для подачи пара в трубу 10 и соединяется к вакуумной линии посредством открытия вентиля 19, и воздух, выделившийся из плодов в процессе нагрева паром, удаляется из банок через сборник-парораспределитель и трубу 10 в вакуумную линию. После отсоса воздуха из полостей банок, вентиль на вакуумной линии перекрывается, тем самым отсоединяя вакуумную линию от сборника-парораспределителя, который поднимают в первоначальное положение и банки выводятся из аппарата. В аппарате, для предотвращения термического боя банок в процессе подачи пара во внутрь банок, предусмотрено обдувание наружной поверхности банок нагретым воздухом с температурой 110-120°C и скоростью 3-5 м/с подаваемым по трубе 12, а отработанный воздух по трубе 15 обратно подается в

калорифер. Сверху камера для тепловой обработки закрыта кожухом 11.

Использование данного аппарата в линиях производства консервируемых продуктов гетерогенной консистенции (компоты, маринады) будет обеспечивать поточность производства, экономию тепловой энергии, увеличение производительности стерилизационного оборудования, а также повышение качества и конкурентоспособность готового продукта.

Устройство для предварительной обработки плодов и ягод.

Устройство (рис.19) предназначено для разваривания сырья при производстве пюреобразных консервов.

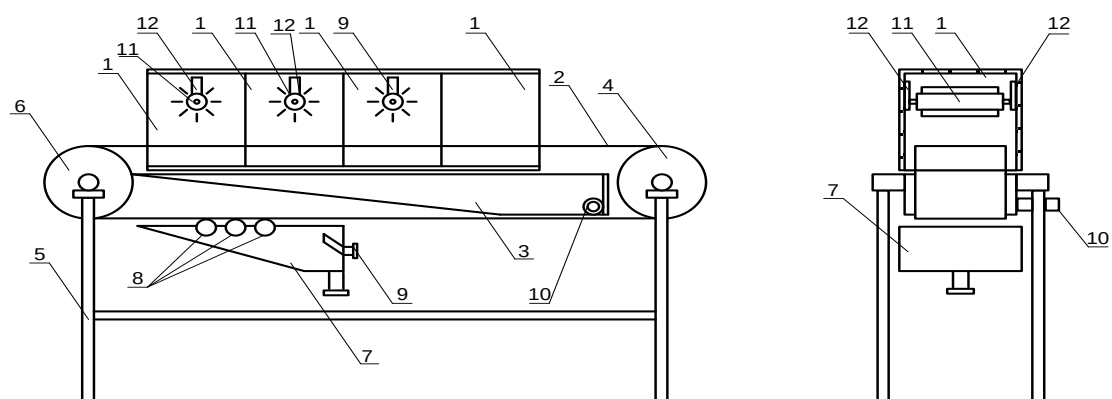


Рисунок 19 – Устройство для предварительной обработки плодов и ягод

Существенными отличительными признаками данного устройства от известных конструкций является то, что устройство снабжено расположенными над транспортером с возможностью перемещения в вертикальном направлении ворошителей сырья.

Транспортер находится внутри СВЧ-камеры, а в его нижней части размещен бак с проточной водой и щетками для промывки транспортной ленты.

Устройство состоит из СВЧ-камеры 1, транспортирующей ленты 2, с расположенным под ним стекателем 3 для сока самотека.

Транспортирующая лента натянута на приводной 4 и натяжной 6 барабаны, которые закреплены на каркасе 5. Над транспортером внутри СВЧ-камеры по ее длине на расстоянии 0,5 м друг от друга установлены

ворошители 11, закрепленные на телескопических планках 12. Время СВЧ-воздействия на сырье регулируется скоростью перемещения транспортирующего органа.

Кроме того, в нижней части транспортера находится бак 7 с проточной водой и с щетками 8 для удаления высушивающего сока-самотека с верхней части транспортера. Устройство содержит также штуцер 9 для подачи воды, патрубок 10 для отвода сока-самотека.

Устройство работает следующим образом.

Целые плоды после мойки, сортировки и инспекции поступают на транспортер и далее в СВЧ-камеру, где обрабатываются СВЧ-энергией частотой 2400 ± 50 МГц. При этом в зависимости от вида сырья устанавливают соответствующие расстояния между ворошителями и транспортером и продолжительность обработки, который регулируется скоростью транспортера через вариатор скоростей приводного устройства. Наличие ворошителей, расположенных над транспортером, расстояние между которыми (ворошителем и транспортером) регулируется посредством телескопических планок в зависимости от размеров сырья обеспечивает всестороннюю и равномерную обработку сырья за счет его перемешивания, обеспечивая соответственно выход сока более 85%, при этом до 30% получается сок-самотек.

Устройство обеспечивает поточность производства, увеличение выхода сока и повышение его качества за счет предотвращения окислительных процессов.

СВЧ-обработка растительного сырья. Реализуемая в настоящее время термообработка паром или в горячей воде наряду с потерей сухих веществ приводит к интенсивным окислительным процессам продукта, что существенно снижает его качество.

По нашей оценке, СВЧ-обработка усиливает проницаемость клеток и тем самым способствует как увеличению выхода качественного пюре за счет предотвращения окисления, основанного на объемном, быстром и

равномерном нагреве (до 85-92⁰С) плодов за счет поглощения микроволновой энергии.

На основании теории А.Н. Баха, одним из способов подавления окислительных процессов полифенольных соединений, которые и вызывают потемнение за счет окисления дубильных веществ, является инактивация ферментной системы, что и обеспечивает СВЧ-обработка.

Аппарат для обработки растительного сырья в ЭМП СВЧ.

Техническим результатом предлагаемого изобретения является обеспечение увеличения выхода сока, полное прекращение окислительных процессов в сырье и повышение качества готового продукта (рис.20).

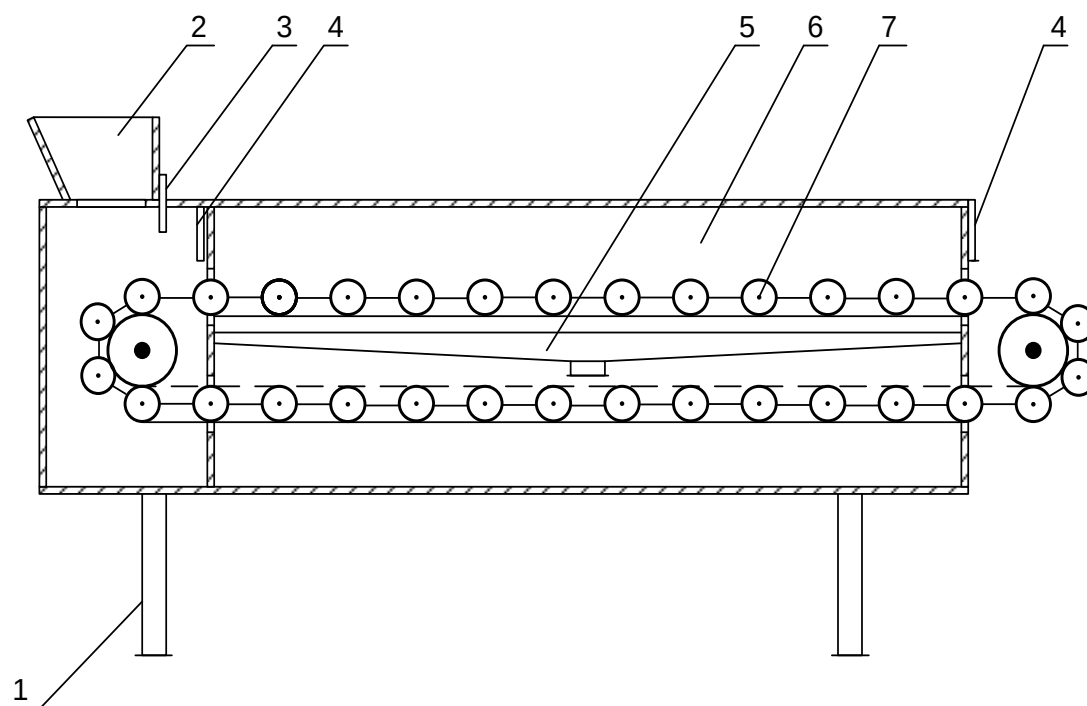


Рисунок 20-Аппарат для обработки растительного сырья в электромагнитном поле сверхвысокой частоты

Аппарат состоит из каркаса 1, загрузочного бункера 2, СВЧ-камеры 6 с магнетроном, транспортирующего органа 7, выполненного в виде роликового конвейера, между рабочим и холостым ветвями которого установлен стекатель для сока 5. Перед входом в СВЧ камеру, установлен шибер 3, предназначенный для регулировки толщины слоя сырья, поступающего в

СВЧ-камеру, а на входе и выходе транспортера из СВЧ-камеры установлены резиновые фартуки 4.

Аппарат работает следующим образом. Сырье после мойки и инспекции поступают через загрузочный на роликовый конвейер и далее с определенной толщиной слоя, устанавливаемую перемещением шибера в вертикальном направлении, попадает в СВЧ-камеру, где совершая одновременно вращательное (вместо с роликами) и поступательное (вместе с конвейером) перемешаются по камере в течение 2,5-3,5 мин. При СВЧ-обработке из сырья вытекает 5-8% сок-самотек, для сбора которого между рабочей и холостыми ветвями конвейера, на всю длину, установлен стекатель. После выхода из СВЧ-камеры сырье, в зависимости от назначения, направляют на прессование или протирание.

Внедрение аппарата при производстве пюреобразных консервов увеличивает выход готового продукта более 8-12%, полное предотвращение окислительных процессов и высокое качество готовой продукции.

Увеличение выхода полуфабриката основано на равномерном и объемном поглощении плодами микроволновой энергии, которая обеспечивает равномерный и быстрый нагрев плодов до 80-85°C, обеспечивающий разрушение стенок клеток и увеличения выхода сока с одновременной инактивацией фермента пероксидазы и тем самым предотвращению окисления сока.

Аппарат для СВЧ-нагрева продуктов в банках. Для обеспечения возможности СВЧ-бланшировки сырья непосредственно в банках разработана конструкция аппарата для СВЧ-обработки сырья (рисунок 21).

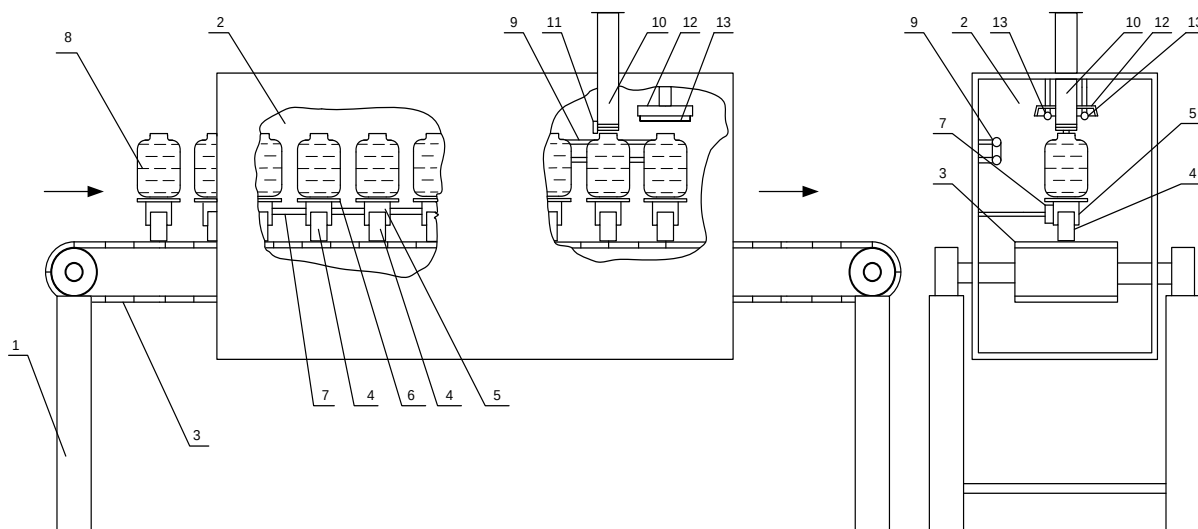


Рисунок 21 – Аппарат для СВЧ-нагрева консервируемых продуктов: 1 – станина; 2 – камера СВЧ-обработки; 3 – транспортирующий орган; 4 – втулки упорных пластин; 5 – упорные пластинки; 6 – приемный столик банок; 7 – направляющая для банок; 8 – банки; 9 – нагреватель электрический; 10 – магазин крышек; 11 – механизм подачи крышек; 12 – отражатель; 13 – инфракрасные лампы

Аппарат работает следующим образом: банки с продуктом подаются на приемные столики 6, и на транспортирующем органе попадают в СВЧ-камеру.

В процессе перемещения в камере, банки при касании с направляющей, за счет трения вращаются вокруг своей вертикальной оси, что обеспечивает равномерный нагрев продукта.

В процессе перемещения банок в СВЧ-камере в течение 1,0-2,5 мин, они подвергаются нагреву в ЭМП.

Дойдя до конца камеры, где находится магазин с крышками, банки накрываются крышками и попадают в область ИК нагрева, где посредством воздействия ИК лучей крышки подвергаются тепловому воздействию и далее выходят из камеры.

Внедрение аппарата в технологическую линию способствует за счет высокой температуры продукта, существенно сократить продолжительность режимов стерилизации.

Обжаривание. Для обжаривания сырье (овощи или рыбу) погружают на несколько (5-15) минут в растительное масло, нагретое примерно до 130-

140°C. При обжаривании из сырья испаряется значительная часть влаги, а извне в него впитывается некоторое количество масла. Благодаря этому содержание сухих веществ в обжаренном сырье и энергетическая ценность его возрастают. Кроме того, при обжаривании на поверхности обрабатываемого сырья образуется золотисто-коричневая, приятно хрустящая на зубах корочка из карамелизованных углеводов, что придает обжариваемому сырию специфический вкус.

Схема процесса образования корочки из карамелизованных углеводов при обжаривании представляется в следующем виде. При погружении сырья в горячее масло влага начинает испаряться и прежде всего - с поверхности продукта. Поскольку концентрация влаги в глубине получается больше, чем на поверхности, происходит диффузионное подсосывание влаги из глубины на поверхность, где она снова испаряется. Следует иметь в виду, что до тех пор, пока поверхность сырья влажная, температура ее не может подняться выше 100°C, хотя она и соприкасается с маслом, нагретым до 130-140°C: выкипающая влага отнимает тепло от поверхности и охлаждает ее. Для глубокой же карамелизации углеводов и образования корочки необходима температура выше 100°C. Таким образом, в первые минуты обжаривания корочка не образуется. Однако скорость испарения влаги с поверхности превышает скорость диффузионного подсосывания ее из глубины на поверхность. Поэтому через некоторое время наступает момент, когда поверхностный слой обезвоживается, температура его сразу поднимается выше 100°C и появляется карамелизованная корочка. При обжаривании овощей корочка образуется из содержащихся в них углеводов: сахаров, крахмала, целлюлозы, пектина. В рыбе углеводов нет, поэтому перед обжаркой ее панируют, т. е. вываливают в муке, и корочка образуется из углеводов муки.

Появление золотистой корочки - органолептический признак готовности обжаренного сырья. Однако имеется и более надежный - объективный критерий качества. Это убыль массы сырья при обжаривании,

так называемая видимая у жарка. Как отмечалось, при обжаривании происходят два противоположно направленных процесса массообмена: один - выпаривание влаги - направлен наружу, другой - впитывание масла-внутри. Влаг и выпаривается больше, чем впитывается масла, поэтому в процессе обжаривания масса сы рья убывает. Если обозначить массу сы рья до обжаривания А, а массу обжаренного сы рья - В, то относительную убыль в % к первоначальной массе - Х, называемую видимым процентом у жарки, определяют по формуле

$$X = (A - B) / A \cdot 100 \quad (3.3)$$

Многолетний опыт работы консервных заводов показал, при каких значениях видимого процента у жарки качество обжаренного сы рья получается наилучшим. Этот показатель нормируется, и для каждого вида сы рья установлен определенный видимый процент у жарки. Так, для моркови он составляет 45-50, для лука-50, для баклажанов 32-35, для рыбы - около 20. Сведения об этом показателе необходимы и для расчета норм расхода сы рья на единицу готовой продукции. Видимый процент у жарки используется, таким образом, и для контроля работы обжарочных аппаратов. Для этого периодически взвешивают необходимое количество сы рья, загружают его в сетку, обжаривают, дают стечь маслу, снова взвешивают, затем рассчитывают относительную убыль по формуле (3). Термин «видимый» показывает, что это изменение качества сы рья мы видам, производя взвешивание на весах, хотя данная у жарка не является подлинной потерей массы.

В отличие от видимой у жарки существует представление об «истинной» у жарке, под которой понимают убыль влаги сы рья при обжаривании, т. е. то, что на самом деле «истинно» у жарилось. С количественной стороны убыль влаги характеризуется так называемым истинным процентом у жарки, который показывает количество выпаренной при обжаривании влаги в процентах к исходному сы рью и обозначается W%.

Истинный процент у жарки необходимо знать в тех случаях, когда следует произвести теплотехнические расчеты, связанные с определением поверхности нагревательных элементов обжарочных аппаратов.

Как известно, требуемая поверхность нагрева змеевиков определяется из уравнения теплового потока

$$Q = kF\Delta t_r, \quad (3.4)$$

где, Q - количество тепла, которое необходимо передать через поверхность нагрева F при коэффициенте теплопередачи k , разности температур между теплоносителем и нагреваемым объектом Δt за время r .

Для непрерывно действующих аппаратов расчет ведется не на время теплового цикла x , а на час работы, поэтому для такого случая формула (4) имеет вид

$$Q = kF\Delta t \quad (3.5)$$

Отсюда находится требуемая поверхность нагрева:

$$F = Q / (k\Delta t) \quad (3.6)$$

Величины k и Δt для определенных типов аппаратов и конкретных видов сырья известны и являются постоянными. Что касается Q , то эта величина переменная, представляющая собой суммарный расход тепла на различные элементы теплового процесса: нагрев продукта, испарение влаги, нагрев транспортирующих органов и т. д. Из перечисленных статей расхода тепла подавляющая доля (65-70%) приходится на испарение влаги и может быть рассчитана по выражению

$$Q_H = Wr \quad (3.7)$$

где W - количество влаги, подлежащей выпариванию при обжаривании за час работы, кг; r - теплота испарения.

Таким образом, необходимая поверхность нагрева может быть приближенно рассчитана по формуле

$$F = (1,4 \div 1,5) Wr / (k\Delta t) \quad (3.8)$$

где $1,4 \div 1,5$ - коэффициенты, учитывающие статьи расхода тепла на процесс обжаривания, помимо расхода тепла на выпаривание влаги.

Итак, для тепловых расчетов поверхностей нагрева змеевиков обжарочных печей необходимо располагать сведениями об истинном проценте у жарки, с помощью которого определяют количество выпариваемой в час влаги. Этот показатель можно найти только расчетным путем, зная экспериментально определенные значения видимой у жарки и количества впитанного масла.

Зависимость между истинным и видимым процентами у жарки находят следующим образом.

Обозначим через A массу исходного сырья (в кг), X -видимую у жарку (в % к A), B - массу обжаренного сырья (в кг), W - истинную у жарку (в % к A), m - количество впитанного в сырье при обжарке масла (в % к B).

Расчет ведется по схеме:

$$W_0 \rightleftharpoons M$$

Это означает, что, с одной стороны, в процессе обжаривания определенная масса влаги W_0 (в кг) из сырья уходит наружу, а с другой - некоторая масса масла M (в кг) впитывается внутрь сырья. Разность между W_0 и M и означает убыль массы X_0 (кг), называемую видимой у жаркой.

Следовательно,

$$W_0 - M = X_0, \quad (3.9)$$

$$\text{а } W_0 = X_0 + M.$$

В выражении (3.9) фигурируют массы, которые можно определить исходя из принятых ранее обозначений.

Количество выпаренной влаги (в кг) составляет

$$W_0 - AW/100. \quad (3.10)$$

Убыль массы сырья при обжарке (в кг) равна

$$X_0 = AX/100. \quad (3.11)$$

Для расчета массы впитанного масла (в кг) необходимо знать массу обжаренного сырья, по отношению к которому считают процент впитанного масла:

$$B = A - X_0 = A - AX/100 \quad (3.12)$$

$$B = [A (100 - X)]/100$$

Отсюда

$$M = Bm/100, \quad (3.13)$$

или

$$M = A (100 - X) m/(100 \cdot 100) \quad (3.14)$$

Подставим выражения (3.10), (3.11) и (3.14) в формулу (3.9):

$$AW/100 = AX/100 + Am (100 - X)/(100 \cdot 100), \quad (3.15)$$

Отсюда

$$100AW = 100AX + Am (100 - X),$$

Или

$$100W = 100X + m(100 - X),$$

или, окончательно (в %)

$$W = X + m (100 - X)/100. \quad (3.16)$$

Пример. Определить количество влаги, выпариваемое в час из 2000 кг моркови, при условии, что видимая усадка по цеховым замерам составляет 50% и, по лабораторным анализам, в обжаренное сырье впитывается 13% масла. По формуле (3.16) находим истинный процент усадки:

$$W = 50 + 13 (100 - 50)/100 = 56,5\%.$$

Тогда количество влаги, выпаренной в час, из 2000 кг моркови будет равно

$$W_0 - 2000 \cdot 56,5/100 = 1130 \text{ кг.}$$

Овощи и рыбу обжаривают в аппаратах - обжарочных, или паромасляных печах. Паромасляными эти печи называются потому, что процесс обжаривания сырья производится в горячем растительном масле, нагреваемом с помощью водяного пара, который подается в глухие змеевики, погруженные в масло. Таким образом, в аппарате имеется два теплоносителя:

первичный - пар, отдающий свое тепло маслу, и вторичный - масло, отдающее свое тепло обжариваемому сырью. Масло, будучи промежуточным теплоносителем, играет роль технологического агента, который проникает в обжариваемый материал и становится компонентом химического состава готовой продукции. Схема паромасляной печи приведена на рис.22.

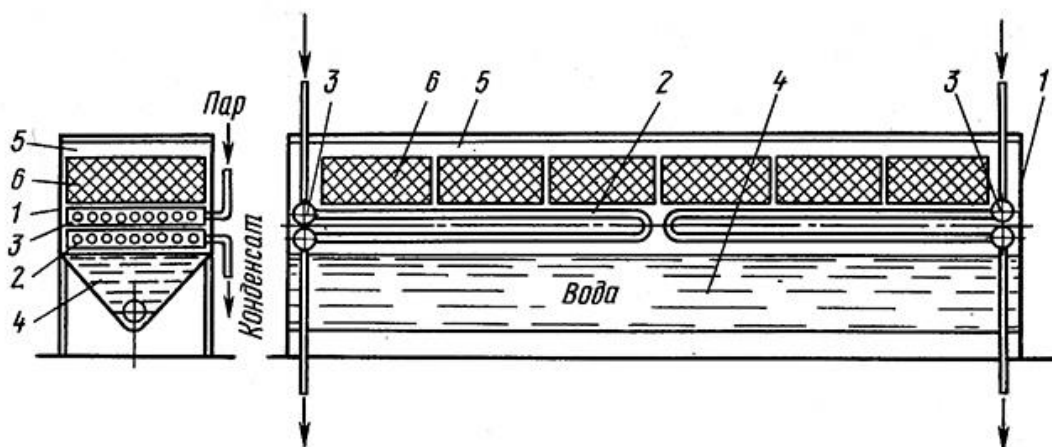


Рис. 22. Схема паромасляной печи: 1 - ванна печи; 2 - змеевики; 3 - коллекторы; 4 - водяная подушка; 5 - масло; 6 - сетка с сырьем

В обжарочных печах помимо погруженной змеевиковой поверхности нагрева существуют, по терминологии И.Г. Шифа [35], внешние поверхности, в качестве которых используются днища ванны печи, нагреваемые огнем или электрическими спиралями, а также выносные, находящиеся вне аппарата. Последние представляют собой нагревательные элементы, заключенные в трубки, между которыми движется масло, подаваемое с помощью насоса в печь. В овощеконсервном производстве применяются в основном паромасляные печи с погруженной поверхностью нагрева, при обжаривании рыбы нередко используются электронагревательные аппараты с внешней и погруженной поверхностью нагрева.

Паромасляные печи бывают разных конструкций, однако в основе большинства их лежит прямоугольная стальная ванна, которая внизу суживается в клин. В нижней части ванны (рис. 22) расположена змеевиковая поверхность нагрева в виде пучков глухих труб. Каждый пучок

входит в общую распределительную трубу - коллектор. В некоторых конструкциях аппаратов паровые трубы расположены вдоль боковых стенок ванны, а коллекторы - поперек, в некоторых же - наоборот.

На рис. 22 изображена поверхность нагрева, состоящая из двух расположенных по вертикали рядов труб, каждый из которых сообщается со своим коллектором. В данном примере пар из магистрали проходит в верхний коллектор поперек ванны печи, заполняет пучки труб верхнего и нижнего ряда и, отдав тепло маслу, направляется, сконденсировавшись, в конденсатоотводчик.

Подготовка печи к работе заключается в том, что в ванну наливают воду, заполняя ее клиновидную часть, а поверх воды - масло в таком количестве, чтобы загружаемое впоследствии сырье было полностью покрыто маслом. Таким образом, масло, плотность которого на 7-8%, меньше плотности воды и которое с водой не смешивается и в ней не растворяется, ложится слоем поверх «водяной подушки».

Водяная подушка необходима для удаления из масла частиц сырья, отломившихся в процессе обжарки от кусков и провалившихся через отверстия сетчатых корзин или несущего сырье полотна транспортирующего органа. Процесс обжарки длится непрерывно в течение ряда смен, а иногда и суток. При этом сырье непрерывно поступает в ванну обжарочного аппарата, проходит, обжариваясь, вдоль ванны, и, поглотив часть масла, выгружается с другого конца аппарата. Провалившиеся кусочки сырья при отсутствии водяной подушки падают на дно ванны и непрерывно подвергаются тепловой обработке, обугливаясь, загрязняя масло, способствуя быстрой порче его. При наличии водяной подушки эти частицы выпадают на дно ванны в воду и, таким образом, выключаются из процесса обжарки, не загрязняя масла. Наличие воды вблизи нижней поверхности змеевиков осложняет процесс обжарки и требует принятия мер предосторожности против возможного соприкосновения воды со змеевиками. Если клиновидная часть ванны заполняется проточной водой, то при колебаниях напора в водопроводной

сети не исключена вероятность того, что в какой-то момент уровень водяной подушки поднимется и вода коснется змеевиков, температура которых составляет 170-180°C. При этом происходит мгновенное и бурное вскипание воды, в результате чего горячее масло может толчками выплескиваться из печи, что чрезвычайно опасно для обслуживающего персонала. Однако неоднократные попытки сконструировать печь без водяной подушки оканчивались неудачей: масло быстро портилось, печи приходилось часто останавливать для чистки змеевиков и внутренней поверхности ванны.

Налив в ванну масло, пускают в змеевик пар и до загрузки сырья в печь некоторое время прогревают («прокаливают») масло при температуре 160-180°C. При этом поверхность масла покрывается рябью пузырьков, свидетельствующих о кипении. Прокаливание ведется до тех пор, пока кипение не прекратится, после чего в печь загружают сырье и начинают процесс обжаривания. Так как растительные масла при атмосферном давлении не кипят (точка кипения их выше 200°C, и задолго до достижения этой температуры начинается химическое разложение масел, в связи с чем точку кипения масел можно определить только под вакуумом, при небольшом остаточном давлении); то наблюдаемое выделение пузырьков свидетельствует о выкипании влаги. Это дает основание некоторым авторам объяснять процесс прокаливания необходимостью удаления влаги из масла для предотвращения последующего вспенивания при обжаривании сырья. Между тем в свежем масле содержится очень мало влаги (не более 0,2%). Такое количество совершенно несоизмеримо с той массой влаги, которая попадает в масло с обжариваемым сырьем, следовательно, это объяснение неверно. По-видимому, цель прокаливания заключается в удалении из масла белковых веществ, попавших в него из масличных семян в процессе производства. Эти вещества являются поверхностно-активными пенообразователями. Если их не удалить из масла до начала обжаривания, то при внесении в него большого количества влажного сырья масло может резко вспениться и «выбежать» из печи, как подогреваемое молоко из

кастрюли. При прокаливании белковые вещества коагулируют и в виде фузов выпадают из масла на дно ванны. Обычно окончание процесса коагуляции белковых веществ совпадает с концом выпаривания влаги. Таким образом, по внешнему признаку - окончанию процесса кипения - можно судить о том, что процесс прокаливании завершен. Прокаливание необходимо в том случае, когда обжаривание ведется в нерафинированном масле. Рафинированное масло, из которого удалены примеси белковых веществ, можно не прокаливать.

Обжарка - сложный технологический процесс как в отношении физических и химических превращений, происходящих в сырье и масле, так и в аппаратном оформлении.

Наибольшее значение для сырья имеет отмеченное выше увеличение содержания сухих веществ и образование на поверхности овощей или рыбы корочки карамелизованных углеводов.

Возрастание содержания сухих веществ при обжаривании, связанное с выпариванием влаги и впитыванием масла, поддается математическому расчету.

Обозначим содержание сухих веществ в сырье до обжаривания α %, а содержание сухих веществ в обжаренном материале r %. Тогда, используя обозначения из формул (3.9) - (3.16), можно записать следующее.

Масса сухих веществ, содержащаяся в A кг поступившего на обжарку сырья, составляет (в кг)

$$A\alpha/100 \quad (3.17)$$

Масса впитанного масла M согласно выражению (14) равна

$$M = Am (100 - x)/(100 \cdot 100).$$

Тогда общая масса сухих веществ в обжаренном сырье G_c будет (в кг)

$$\begin{aligned} G_c &= A\alpha/100 + Am (100 - x)/(100 \cdot 100) = \\ &A [100\alpha + m (100 - x)]/(100 \cdot 100) \end{aligned} \quad (3.18)$$

Отсюда процент сухих веществ в обжаренном сырье получится как отношение массы сухих веществ к массе обжаренного сырья:

$$R = \{A [100\alpha + m (100 - x)] / [(100 \cdot 100) : A (100 - X)/100] \} 100;$$

Окончательно

$$r = 100\alpha / (100 - x) + m \quad (3.19)$$

Пример. Содержание сухих веществ в луке до обжаривания 13%. Нормируемая видимая у жарка 50%, впитываемость масла в обжаренное сырье должна составлять 27%. Тогда содержание сухих веществ в обжаренном луке будет:

$$r = 100 \cdot 13 / (100 - 50) + 27 = 53\%.$$

Поскольку величины α , x и m оговариваются в технологических инструкциях, то расхождения между содержанием сухих веществ по лабораторным анализам и значениями r , рассчитанными по формуле (19), должны явиться основанием для поисков нарушений технологического регламента. Практически расчет содержания сухих веществ в обжаренных овощах представляет интерес только в производстве овощной икры, в которой этот показатель оговаривается соответствующим ГОСТом.

В соответствии с возрастанием содержания сухих веществ уменьшается и тот показатель качества сырья, который в теории массообменных процессов типа сушки и обжаривания принято называть влагосодержанием U , т.е. отношение массы влаги $(100 - \alpha$ или $100 - r)$ к массе сухих веществ $(\alpha$ или $r)$:

$$U = (100 - \alpha) / \alpha \cdot 100 \quad (3.20)$$

Так, в приведенном примере влагосодержание сырого лука составляет:

$$U_c = (100 - 13) / 13 \cdot 100 = 669\%,$$

а влагосодержание после обжарки будет равно:

$$U_0 = (100 - 53) / 53 \cdot 100 = 89\%.$$

Показатели качества сырого и обжаренного продукта (α, r, m, U, W) , а также основной технологический норматив - видимый процент у жарки X - для разных видов сырья неодинаковы и часть из них регламентирована

соответствующими ведомственными указаниями [28]. Сводка этих значений (регламентированных и расчетных) применительно к некоторым видам овощей приведена в табл. 9.

Таблица 9- Показатели для разных видов сырья

Сырье	види- мая ужар- ка, %	впи- танное мас- ло, %	Истин- ная ужар- ка, %	Содержание сухих веществ, %		Влагосодержание, %	
				в сырье	в обжаренном продукте	сырья	обжаренного продукта
Морковь	45-50	12,0	52-56	12,0	34-36	733	199-178
Лук	50	27,0	64	13,0	53	669	89
Белые коренья	35	13,0	43	20,0	44	400	128
Баклажаны целые	32-35	11,0	39-42	6,5	20,5-21,0	1438	388-376

Как отмечалось ранее, золотистая корочка карамелизованных углеводов образуется тогда, когда влагосодержание сырья, особенно в поверхностном слое, понизится настолько, что это дает возможность температуре материала подняться выше 100°C (обязательное условие эффективной карамелизации).

А.Н. Мальский [16] исследовал изменение температуры моркови при обжаривании в зависимости от понижения влагосодержания ее. Он установил, что температура материала с понижением влагосодержания постепенно растет, но не выходит за рамки 100°C до тех пор, пока влагосодержание не понизится примерно с 700 до 375%. Если учесть, что конечное влагосодержание готового полуфабриката по табл. 9 составляет около 200%, то образование корочки происходит незадолго до конца процесса.

Что касается режимов обжаривания: температуры и времени, то они установлены эмпирически, т. е. без особого научного обоснования, однако в свое время В.Н. Расходовой были выполнены ценные гистохимические исследования изменений растительной ткани при обжарке, которыми можно воспользоваться при изыскании оптимальных параметров процесса. Автор

исследований показала, что при высокотемпературной обработке растительная ткань (моркови) последовательно проходит через следующие стадии: теплового окоченения, набухания, внутреннего испарения, деформации и деструкции, химического разрушения.

В стадии теплового окоченения видимых нарушений в клеточной структуре не наблюдалось, за исключением коагуляции протоплазматического вещества. Эта стадия является самой начальной фазой превращений растительной ткани при обжарке и протекает при умеренных температурах.

Стадия набухания совпадает с началом парообразования, в результате чего объем клеток увеличивается, размер их становится гораздо крупнее, чем до нагревания, поэтому под микроскопом они кажутся набухшими. Коагулированное, вещество уплотняется. В этой стадии технологическая готовность еще не достигнута, потому что парообразование только началось, но пар еще не вышел за пределы ткани.

Далее наступает стадия внутреннего испарения, при которой значительная часть влаги в виде пара выходит из клетки, которая при этом уменьшается в размерах, сжимается. Форма клеток сильно нарушается. Начинается потеря клеточного строения ткани, появляются воздушные полости. Практикой установлено, что именно в этой стадии достигается оптимальный процент ужарки, необходимое влагосодержание и сырье следует убирать из паромасляной печи.

Если продолжать обжарку, то наступает четвертая стадия - полной деформации и деструкции, при которой клеточная структура полностью теряется, ткань сухая, плотная, кристаллов каротина в ней не видно. Такое сырье является уже пережаренным.

Действие высоких температур на обжариваемое растительное сырье не ограничивается стадией деформации. Последний этап - стадия химического разрушения ткани. Ткань приобретает темно-коричневую окраску,

становится вязкой, склеивающейся при резке. Клеток в ней совершенно не видно, в некоторых случаях ткань обуглена.

Указанные стадии изменения растительной ткани наблюдаются при любых повышенных температурах обжарки, однако, естественно, что чем ниже температурный уровень процесса, тем больше требуется времени для достижения той или иной стадий, а чем температура масла выше, тем короче процесс. При выборе режима тепловой обработки стремятся к тому, чтобы он был не слишком затяжным, но и не слишком быстрым, когда одна стадия так стремительно сменяет другую, что можно проглядеть оптимальную фазу - внутреннего испарения - и обнаружить стадию полной деформации или химического разрушения. С этой точки зрения неприемлем, например, температурный уровень в 105°C , при котором стадия внутреннего испарения достигается только через 30 мин. При температурах же $150-160^{\circ}\text{C}$ изменения в моркови протекают так быстро, что уловить необходимый момент окончания обжарки становится невозможным. Вот почему овощи обжаривают при температурах $130-140^{\circ}\text{C}$.

Это положение иллюстрируется рис. 23, на котором приведены данные исследований А.Н. Мальского по кинетике изменения влагосодержания моркови при разных температурах обжарки.

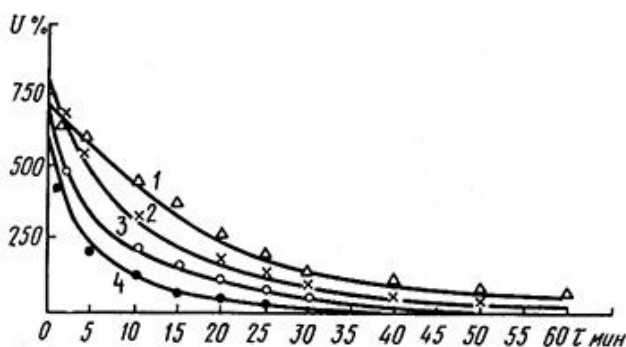


Рис. 23. Изменение влагосодержания в моркови в процессе обжаривания при температуре масла, $^{\circ}\text{C}$:
1 - 110; 2 - 120; 3 - 130; 4 - 140

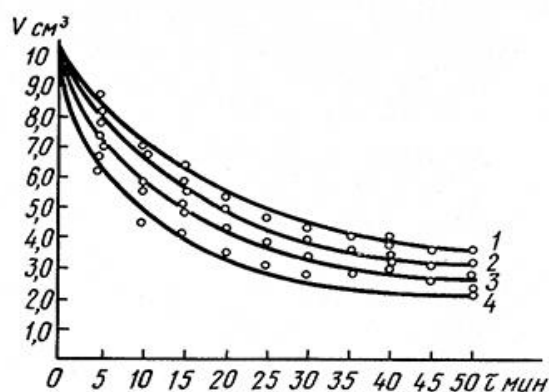


Рис. 24. Изменение объема кабачков при обжаривании в масле при температуре разных температурах обжаривания, $^{\circ}\text{C}$:
1 - 110; 2 - 120; 3 - 130; 4 - 140

Если принять (по табл. 9), что оптимальное влагосодержание обжаренной моркови должно составлять 200%, то это значение будет достигнуто при 140°C через 5 мин, при 130°C - через 10 мин, при 120°C - через 15 мин, а при 110°C только через 25 мин от начала обжарки.

Немалое значение для аппаратурного оформления процесса обжарки, как это будет показано дальше, имеет так называемая усадка сырья, т.е. уменьшение объема овощей при обжарке. Из рис. 24 видно, что в течение первых же минут обжарки овощи уменьшаются в объеме примерно на 30-40%.

Из приведенного материала следует, что вопрос получения обжаренного сырья надлежащего качества, в котором бы гармонически сочетались такие показатели, как видимая ужарка, сухие вещества, влагосодержание, содержание жира, достаточно сложен. Но еще большую проблему в процессе обжарки представляет рациональное расходование масла и сохранение высокого качества его. Многолетним опытом эксплуатации паромасляных печей при обжарке овощей и рыбы установлено, что при неправильной организации технологического процесса качество масла настолько быстро ухудшается, что иногда буквально через 3-4 дня оно становится непригодным для пищевых целей и может быть использовано только для технических нужд.

Актуальность этой проблемы не вызывает сомнений, если учесть относительно большую стоимость и дефицитность растительных масел по сравнению с овощами, а также тот факт, что ухудшение качества масла неминуемо приводит к понижению качества обжариваемого в этом масле сырья.

Чтобы уяснить причины ухудшения качества масла при обжарке, следует ознакомиться с теми изменениями, которые происходят в масле при тепловой обработке.

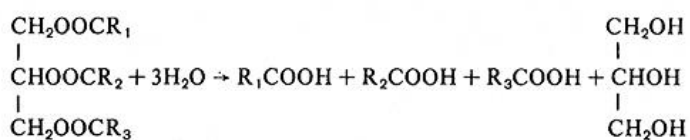
А.И. Сакович и Б.В. Зозулевич показали, что характер соответствующих изменений зависит от условий, при которых нагревается масло.

Оказывается, что если нагревать масло при 135-140°C без доступа воздуха и не обжаривать в нем сырье, то даже за 150 ч тепловой обработки качество масла практически не изменяется. Таким образом, сама по себе высокая температура не вызывает каких-либо превращений в масле.

Очень заметные изменения качества происходят при нагревании в присутствии воздуха. В этом случае из-за присоединения кислорода воздуха по месту двойных связей ненасыщенных жирных кислот, являющихся компонентами триглицеридов, а также из-за полимеризаций молекула масла тяжелеет, что вызывает увеличение его плотности, вязкости и потемнение.

В особенности заметны эти изменения, если велика удельная поверхность соприкосновения воздуха с маслом. Так, если составляет 0,33 см²/г, то йодное число масла за 180 ч нагревания при 135- 140°C понижается со 125,5 до 78,2, цветное число увеличивается с 5,0 до 35,9, а вязкость возрастает с 12,0 до 641,0. В то же время изменения кислотного числа невелики: с 0,5 до 2,43. Нужно, однако, сказать, что в реальных условиях обжаривания сырья в паромасляных печах изменения, связанные с влиянием кислорода воздуха, невелики из-за того, что удельная поверхность соприкосновения воздуха с маслом в печах очень мала, примерно 0,05 см²/г.

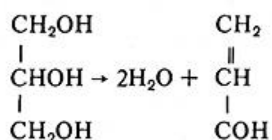
Наибольшие изменения качества происходят при действии водяных паров на горячее масло. В этом случае резко возрастает кислотное число (с 0,50 до 52,13 за 110 ч нагревания при 135-140°C), что объясняется гидролизом жира, проходящим по схеме:



где R₁, R₂, R₃ - радикалы жирных кислот.

Таким образом, при прохождении водяных паров через масло образуются свободные жирные кислоты типа олеиновой, пальмитиновой, стеариновой и т.п. и глицерин. Наличие свободных жирных кислот придает горечь маслу и свидетельствует о его порче.

Глицерин при высокой температуре также способен разлагаться, отщепляя воду и превращаясь в альдегид, называемый акролеином.



Акролеин при этом имеет газообразное состояние и оказывает слезоточивое действие. Заметно изменяются и другие показатели качества: цветное число возрастает с 5,0 до 111,2, а вязкость - с 12,0 до 27,2.

Поскольку наиболее характерным показателем, свидетельствующим о порче масла при обжарке сырья в паромасляных печах (в которых через горячее масло проходят большие массы водяных паров, испаряющихся из сырья), является кислотное число, издавна были установлены в нормативном порядке предельные значения его, выше которых масло не разрешалось использовать для этой цели.

Первоначально, когда закономерности процесса обжарки еще не были установлены и меры по предотвращению быстрого роста кислотного числа не были разработаны, предельную величину кислотного числа, выше которого масло считалось непригодным к работе, определили в 12, что является довольно высоким значением, если учесть, что в настоящее время этот предел снижен до 4,5. Однако и этот предел достигался порой довольно быстро (буквально за 3-4 дня), после чего масло приходилось удалять из печи как непригодное для пищевых целей. Если иметь в виду, что в печи загружали до 4000 кг масла, то можно себе представить, что быстрая и невосполнимая порча его в процессе обжарки представляла серьезную проблему.

Начало решению этой проблемы положили Е.И. Петропавловский и Н. И. Смирнов. Анализируя технику обжаривания сырья в паромасляных печах на различных консервных заводах, они обратили внимание на то, что поворотным пунктом, от которого зависит кинетика порчи масла, является момент долива свежего масла в печь, который в те времена производился

периодически, обычно один раз в сутки. К началу работы масло наливали в печь почти доверху и обжаривали в нем сырье до тех пор, пока в результате уноса значительной части масла, впитавшегося в сырье, не создавалась угроза оголения слоя сырья в корзинах. В это время, как правило, один раз в сутки, производился долив - пополнение убыли масла в печи. Доливать разрешалось только свежее масло. Таким образом, в момент долива к некоторому количеству побывавшего в работе масла, кислотное число которого заметно повысилось, добавляется определенное количество свежего масла с невысоким значением кислотного числа (если это было подсолнечное нерафинированное, а именно таким маслом пользовались в то время, то около 2). Получалось, что кислотное число усредненного масла снижалось, и обжаривание можно было продолжать.

Кислотное число масла после долива рассчитывали по формуле для средневзвешенных чисел:

$$S_{\text{ср}} = (G_1 S_1 + G_2 S_2) / (G_1 + G_2), \quad (3.21)$$

где $S_{\text{ср}}$ - кислотное число масла после долива; G_1 - количество масла, поработавшего в печи к моменту долива; S_1 - кислотное число поработавшего масла; G_2 - количество доливаемого свежего масла; S_2 - кислотное число свежего масла.

При рассмотрении выражения (3.21) становится ясно, что величина кислотного числа масла после долива $S_{\text{ср}}$ зависит в основном от соотношения между массами масла, побывавшего в работе, G_1 , и доливаемого, свежего G_2 . Если к моменту долива в печи будет много масла с повышенным кислотным числом S_1 то при добавлении небольшого количества свежего масла с малым значением кислотного числа S_2 кислотное число смеси $S_{\text{ср}}$ будет не намного отличаться от кислотного числа поработавшего масла. Если же к моменту долива в печи останется мало поработавшего масла, а свежего масла будет, следовательно, долито много, то получится значительный эффект от разбавления и кислотное число поработавшего масла после долива заметно уменьшится.

Исходя из этого, было предложено определять эффект разбавления поработавшего масла свежим по так называемому коэффициенту сменности (впоследствии его стали называв в литературе коэффициентом сменяемости) масла K , который представляет собой отношение суточного расхода масла W ко всему количеству масла в печи D :

$$K = W/D.$$

Вероятно, было бы понятнее, если бы W обозначало количество Доливаемого в сутки масла, а не расходуемого, однако фактически это одно и то же: сколько расходуется, столько и должно быть долито. Что касается выбранной единицы времени (сутки), то авторы исходили из того, что наименьшие изменения масло претерпевает в первые 30 ч обжарки.

Логическим выводом из всех этих рассуждений и выкладок явился предложенный Е.И. Петропавловским и Н.И. Смирновым принцип высокой сменяемости. Обследовав и обсчитав с этих позиций работу паромасляных печей на нескольких консервных заводах, они показали, что результаты были лучше там, где выше коэффициент сменяемости.

Приведем несколько примеров, характеризующих условия работы на консервных заводах в то время, когда велись исследования. Хотя, как будет показано ниже, это плохие примеры, связанные с нарушением, по незнанию, основных закономерностей технологии обжаривания, но они поучительны, ибо показывают, к чему такие нарушения правил могут привести и в настоящее время.

Допустим, что коэффициент сменяемости имеет низкое значение, например 0,2. Обжаривание ведется в нерафинированном подсолнечном масле с кислотным числом 2. Долив свежего масла в печь производится периодически, один раз в сутки, при этом, как показали исследования того периода, кислотное число масла в интервале между доливками нарастает на 4. Требуется определить, сколько суток можно вести обжаривание до удаления масла из печи как непригодного для пищевых целей.

Расчет производят по следующей схеме. В начале первых суток в печи имеется свежее масло с кислотным числом 2. К концу первых суток кислотное число увеличится на 4 и составит 6. Поскольку коэффициент сменяемости равен 0,2, это означает, что если все количество масла в печи принять за 10 ч, то за сутки расходуется 2 ч, останется к моменту долива 8 ч., а доливается 2 ч. свежего. Тогда кислотное число масла после долива к началу вторых суток по формуле (21) будет равно

$$S_{cp} = (8 \cdot 6 + 2 \cdot 2)/10 = 5,2,$$

а в конце вторых суток возрастет до 9,2. Обращаем внимание на то, что за первые сутки кислотное число возросло довольно резко - на 3,2.

Производя такой же расчет, получим, что в начале третьих суток кислотное число масла возрастет до 7,8:

$$S_{cp} = (8 \cdot 9,2 + 2 \cdot 2)/10 = 7,8,$$

а в конце третьих суток увеличится до 11,8, т. е. фактически дойдет до разрешенного в то время предела 12, по достижении которого Свежее масло доливать не разрешается. Таким образом, спустя всего лишь 3 сут. работы большое количество масла (многие сотни, а то и тысячи килограммов) в то время шло в отходы производства. Заметим все же, что за вторые сутки нарастание кислотного числа составляло всего 2,6 ед., что свидетельствует о том, что интенсивность изменений была несколько меньше.

Рассмотрим другой пример, в котором все условия обжаривания те же, что в предыдущем примере, но коэффициент сменяемости несколько выше - 0,5.

Тогда в начале первых суток работы кислотное число составляет 2, а в конце, как и в примере 1, - 6.

В начале вторых суток после долива кислотное число смеси будет равно

$$S_{cp} = (5 \cdot 6 + 5 \cdot 2)/10 = 4.$$

Таким образом, кислотное число за 1 сут. возросло всего на 2 ед., против 3,2 в предыдущем примере.

В начале третьих суток кислотное число смеси составит

$$(5 \cdot 8 + 5 \cdot 2)/10 = 5,$$

т. е. увеличится всего на 1, а в конце третьих суток достигнет 9.

Далее интенсивность нарастания кислотного числа резко убывает, в конце четвертых суток оно достигает 9,5, пятых - 9,75, шестых - 9,87, седьмых - 9,92 и, наконец, в начале каких-то n -х суток кислотное число масла после очередного долива свежего составит 6 ед, а в конце них - 10. Тогда в начале следующих $n + 1$ суток кислотное число смеси после долива будет

$$(5 \cdot 10 + 5 \cdot 2)/10 = 6,$$

а в конце - 10, что свидетельствует о том, что произошла стабилизация кислотного числа и в дальнейшем, сколько бы ни производилось обжаривание, процесс, будет проходить в диапазоне кислотных чисел (в начале и в конце суток) 6-10.

Из этого примера видно, какое большое значение имеет величина коэффициента сменяемости масла. Достаточно было увеличить его с 0,2 до 0,5, как удалось вообще избавиться от огромных невосполнимых отходов масла, ибо максимальное значение кислотного числа в этом примере (10) не достигло установленного в тот период предела (12).

Все же нельзя сказать, что бы можно было полностью удовлетвориться результатом, достигнутым при $K = 0,5$, ибо максимальное значение коэффициента сменяемости в этом примере (10) хотя и ниже официально установленного предела (12), однако близко к этому пределу и, следовательно, качество масла и обжаренного в нем сырья невысокое.

Поэтому рассмотрим пример, когда значение коэффициента сменяемости еще выше - 0,8.

В этом случае в начале вторых суток работы после долива кислотное число смеси равно

$$(2 \cdot 6 + 8 \cdot 2)/10 = 2,8$$

(ибо при $K = 0,8$ за сутки расходуется 8 из 10 ч. масла, остается 2 ч. поработавшего и доливается 8 ч. свежего), следовательно, за 1 сут. кислотное

число увеличилось всего на 0,8. В конце вторых суток кислотное число имеет значение 6,8.

В начале третьих суток нарастание кислотного числа резко падает, и оно составляет всего 2,96. Если произвести дальнейшие расчеты, то окажется, что на n -е сутки работы кислотное число масла до долива составит 3 ед., а в конце - 7. Начиная с $(n + 1)$ сут. наступает стабилизация кислотного числа:

$$(2 \cdot 7 + 8 \cdot 2)/10 = 3.$$

В дальнейшем процесс обжаривания будет происходить при диапазоне кислотного числа (в начале и конце суток) 3-7.

Здесь так же, как и в предыдущем примере, ликвидируются невосполнимые отходы масла, ибо максимальное значение кислотного числа (7) не достигает разрешенного предела (12).

Однако этот пример выгодно отличается от предыдущего тем, что максимальное значение кислотного числа значительно ниже предела, следовательно, качество масла и обжариваемого в нем сырья значительно лучше, чем при более низких значениях коэффициента сменяемости.

Предложенные Е. И. Петропавловским и Н. И. Смирновым понятия коэффициента сменяемости масла и принципа высокой сменяемости сыграли в свое время большую роль в совершенствовании процесса обжаривания сырья в растительном масле и его аппаратурного оформления, ибо указали пути дальнейшего развития технологий обжаривания.

Эти пути диктуются выражением (22), из которого следует, что для увеличения коэффициента сменяемости масла необходимо стремиться к увеличению суточного расхода масла W и к уменьшению общего его количества в печи к началу работы D .

Рассмотрим каждый из путей в отдельности.

Начнем со второго. Сколько же масла необходимо держать в печи и что нужно сделать, чтобы количество это было минимальным?

Для удобства обсуждения было предложено мысленно распределить весь столб масла в печи по высоте на 3 слоя (рис. 25): верхний $h_{в.а}$ - над змеевиками, средний $h_{с.п}$ - в который погружены змеевики, и нижний $h_{н.п}$ - под змеевиками, который отделяет змеевики от поверхности воды.

Поскольку сырье находится в верхнем слое и процесс обжаривания протекает в этом слое, он получил название рабочего, или активного.

Остальные два слоя называются пассивными и разделяются на средний пассивный и нижний пассивный.

Таким образом, получается, что для максимального снижения общего количества масла в печи необходимо стремиться к тому, чтобы высота каждого из этих слоев была минимальной.

Говоря о верхнем, активном, слое, нужно отметить, что высота его зависит прежде всего от высоты слоя загружаемого в печь сырья, которое должно быть обязательно покрыто маслом. Однако было бы нелепо делать вывод, что высоту слоя сырья нужно максимально снижать, ибо это привело бы к резкому уменьшению производительности обжарочного аппарата. Наоборот, нужно стремиться максимально, в пределах допустимого, увеличивать загрузку печи сырьем, стремясь к максимальному увеличению съема сырья с единицы поверхности, или, как говорят, зеркала масла в печи.

Однако если очень увеличить высоту слоя сырья в печи, то это может привести к неравномерному обжариванию нижнего и верхнего слоев, ибо температура нижнего слоя, примыкающего к змеевикам, будет значительно выше температуры верхнего слоя, поскольку температура масла по мере удаления от поверхности нагрева убывает.

Вот почему максимальная высота слоя сырья диктуется необходимостью равномерного обжаривания его. Эта высота для каждого вида сырья устанавливается экспериментально. Так, для моркови она находится в пределах 85-115 мм.

В то же время является преждевременным, казалось бы, вытекающий отсюда вывод о том, что высота активного слоя масла должна быть такова,

чтобы как раз покрывать слой сырья, если отвлечься от системы долива масла в печь.

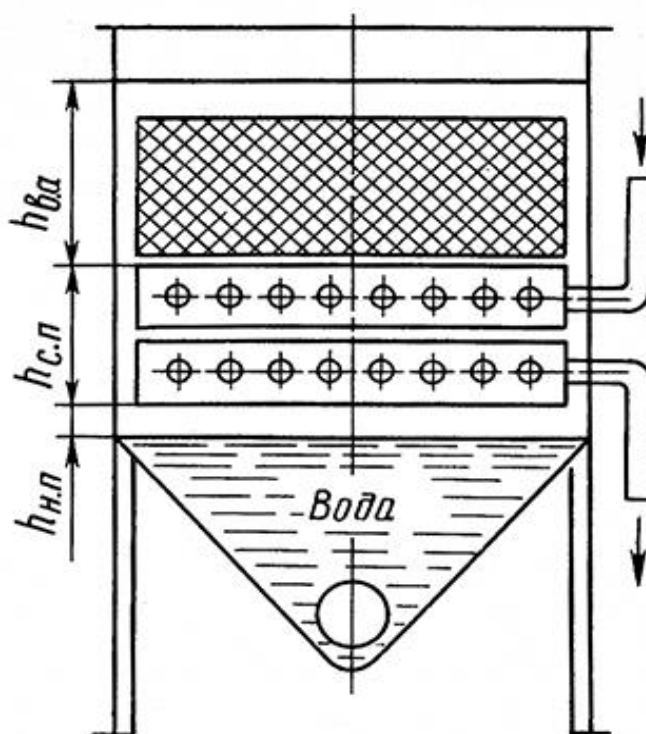


Рис. 25. Разделение столба масла на слои

Если налить масло с таким расчетом, чтобы покрыть сырье, и долив производить периодически, то как только первые порции обжаренного сырья выйдут из печи и унесут с собой часть впитанного масла, верхний слой сырья неминуемо оголится. И по мере продолжения обжаривания все большая часть сырья будет находиться вне масла. Этого допускать нельзя. По-видимому, при периодической системе долива в печи кроме того минимального количества масла, которое технически необходимо для покрытия сырья, должен быть еще и некоторый запас, размер которого не может быть меньше того количества масла, которое расходуется в промежутках между доливками.

Таким образом, если обозначить минимальное, технически необходимое для покрытия слоя сырья в печи, количество масла через d , а

величину запаса через z , то общее количество масла в печи D должно составлять

$$D = d + z, \quad (3.23)$$

а коэффициент сменяемости K можно обозначить в общем виде:

$$K = W/(d + z). \quad (3.24)$$

Таким образом, если, долив производится один раз в сутки, то запас должен равняться суточному расходу масла, а коэффициент сменяемости при доливе такой периодичности K_c будет иметь значение

$$K_c = W/(d + W). \quad (3.25)$$

Если доливать чаще, например 2 раза в сутки, то требуемый запас уменьшится вдвое, а коэффициент сменяемости $K_{C/2}$ из-за этого увеличится:

$$K_{C/2} = W/(d + W/2). \quad (3.26)$$

Еще больше увеличится коэффициент сменяемости при доливе 3 раза в сутки, так как второе слагаемое в знаменателе выражения (24) уменьшится еще больше:

$$K_{C/3} = W/(d + W/3). \quad (3.27)$$

Именно в результате таких простых рассуждений А.И. Сакович пришел к логическому выводу, что если, долив производить бесконечно часто, то величина запаса z будет равна W/∞ , т.е. обратится в нуль, а коэффициент сменяемости при бесконечно частом, т.е. при непрерывном, доливе будет иметь наибольшее в данных условиях значение

$$K_n = W/d. \quad (3.28)$$

При непрерывной системе долива никакого запаса масла сверх минимального, технически необходимого для покрытия слоя сырья в печи, держать не нужно. Да и сама логика непрерывного процесса «обжаривания» это подсказывает. Сырье поступает в ванну печи непрерывно, непрерывно передвигается, обжариваясь, вдоль ванны к разгрузочному концу и непрерывно выгружается из печи. Следовательно, и расходуется масло на

впитывание тоже непрерывно. Естественно, что и пополнение этого расхода также должно происходить не периодически, а непрерывно.

Предложенная А.И. Саковичем идея непрерывного долива масла в обжарочную печь явилась следующим, после работ Е.И. Петропавловского и Н.И. Смирнова, важнейшим этапом на пути решения проблемы рациональной организации процесса обжаривания сырья и ликвидации отходов масла, связанных с его порчей в процессе обжаривания.

Покажем на примере, как может возрасти коэффициент сменяемости масла при переходе от периодического долива 1 раз в сутки (со значением $K = 0,5$) на непрерывный способ.

Для этого варианта справедливо выражение (3.25):

$$K_c = W / (d + W).$$

Сделаем преобразования:

$$K_c (d + W) = W,$$

или

$$K_c d + K_c W = W.$$

Разделим каждый член этого равенства на d . Получим

$$K_c + K_c W/d = W/d.$$

Теперь заменим W/d его обозначением из формулы (28):

$$K_c + K_c K_H = K_H.$$

Отсюда

$$K_c = K_H - K_c K_H = K_H (1 - K_c),$$

и окончательно

$$K_H = K_c / (1 - K_c). \quad (3.29)$$

Подставив сюда значение $K = 0,5$, получим, что коэффициент сменяемости при переходе от периодического долива один раз в сутки на непрерывный способ увеличится вдвое:

$$K_H = 0,5 / (1 - 0,5) = 1.$$

Осуществить непрерывный долив масла в обжарочную печь технически нетрудно. Достаточно лишь установить поплавковый регулятор уровня в бачке, являющемся сообщающимся сосудом с ванной печи, и масло в аппарат будет поступать непрерывно, в полном соответствии с его непрерывной убылью.

Итак, если, долив масла осуществлять непрерывно, то минимальную величину верхнего активного слоя в печи можно определить в 85-115 мм.

Теперь о величине среднего пассивного слоя масла. Высота его зависит от диаметра змеевиков и от количества рядов, в которое уложена поверхность нагрева по высоте. В этом отношении бывали печи с однорядными, «полуторарядными» (трубы нижнего ряда располагались в шахматном порядке относительно труб верхнего ряда), двух-, трехрядными змеевиками и змеевиками с большим числом рядов.

Казалось бы, с позиций достижения минимальной высоты среднего слоя лучше было бы устанавливать только однорядные змеевики. Так в свое время на некоторых заводах и делали. Однако в этих случаях для того, чтобы уложить в аппарат требуемую по расчету поверхность нагрева, приходилось ванну печи делать длиной 9-11 м. При этом количество масла как в среднем слое, так и общее увеличивалось. Поверхность нагрева, как принято было говорить, получалась некомпактной, а сам аппарат - громоздким.

Для определения компактности поверхности нагрева конструкторы издавна предложили понятие удельной поверхности нагрева (n), которое обозначает количество квадратных метров змеевиков (F), приходящихся на 1 м² поверхности масла («зеркала») в печи (z).

$$n = F/z$$

При этом без особого научного обоснования было принято, что достаточно компактная поверхность нагрева получается при значении $n = 5,5$ - $6,5$ м²/м², а еще лучше, если n находится на уровне 9-10 м²/м², как в современных типах аппаратов [5].

Практика показала, что в эксплуатационном отношении неудачными являются как однорядные, так и многорядные (7-8 рядов) змеевики и что одним из наиболее подходящих вариантов являются двухрядные змеевики, изготовленные из овальных (длинная ось по высоте) труб, полученных путем сплющивания круглых. Общая высота такой поверхности, несколько больше, чем у двухрядных змеевиков круглого сечения, однако небольшой проигрыш по высоте компенсируется выигрышем в общей поверхности змеевиков, которых по ширине печи можно уложить больше, чем круглых.

Необходимо отметить, что в технической и научной литературе отсутствует четкое определение и научное обоснование понятия компактности поверхности нагрева. Во всяком случае, расчеты показывают, что укоренившееся представление об удельной поверхности нагрева как о величине, характеризующей удачную или неудачную конструктивную особенность нагревательных элементов печи, нуждается в пересмотре.

Рассмотрим выражение (3.30).

В этом выражении числитель F представляет собой функцию от общего расхода тепла Q , как это вытекает из формулы (3.5).

Из этой формулы

$$F = Q/(K\Delta t), \quad (3.31)$$

где K и Δt - то же, что в формуле (3.4).

Но, в свою очередь Q зависит от производительности печи G (в кг/ч):

$$Q = GWrK_Q / 100, \quad (3.32)$$

где W - истинная ужарка, % к G ; r - теплота испарения; K_Q - отношение общего расхода тепла к расходу тепла на выпаривание влаги.

Подставляя значение Q из уравнения (3.32) в выражение (3.31), получим

$$F = GWrK_Q/(100K\Delta t) \quad (3.33)$$

Что касается z , то это функция от длины печи L (в м):

$$Z = BL, \quad (3.34)$$

где B - ширина печи, м.

Если принять для простоты, что $B = 1$ м и подставить выражения (3.33) и (3.34) в формулу (3.30), то получится, что

$$n = GWrK_Q/(100K\Delta tL). \quad (3.35)$$

Но L тоже является функцией от G , что ясно из формулы для расчета производительности обжарочного аппарата (в кг/ч):

$$G = 60EL/r, \quad (3.36)$$

где r - время обжаривания, мин; E - количество сырья, приходящееся на 1 м длины печи, кг.

Отсюда

$$L = G r / (60E), \quad (3.37)$$

Подставляя выражение (3.37) в формулу (3.35), получим формулу для вычисления так называемой удельной поверхности нагрева:

$$n = 0,6WrK_QE/(K\Delta tr). \quad (3.38)$$

Рассматривая формулу (3.38), можно сказать, что значение удельной поверхности нагрева определяется более или менее постоянными эксплуатационными и теплофизическими показателями (истинная ужарка, теплота испарения, нагрузка сырья на 1 м длины ванны, время обжарки, коэффициент теплопередачи, температура пара и масла, доля расхода тепла на выпаривание влаги в общем расходе тепла) и поэтому не является произвольным или зависящим от конструктора. Фактически не зависит ни от абсолютной величины поверхности нагрева, ни от зеркала масла, ни от производительности печи. Это величина однозначная, получающаяся так сказать, «сама по себе», следовательно, она не может быть конструктивной характеристикой нагревательной камеры.

Примерно то же можно сказать о количестве рядов змеевиков.

Количество труб N , которое нужно уложить в печи, зависит от общей длины труб всей поверхности нагрева и длины печи L :

$$N = l/L. \quad (3.39)$$

В свою очередь N зависит от числа труб i , укладываемых по ширине печи в одном вертикальном ряду, и от количества рядов по высоте A :

$$N = An. \quad (3.40)$$

Таким образом,

$$An = l/L. \quad (3.41)$$

Но

$$l = F/(frd), \quad (3.42)$$

где d - диаметр труб.

Если теперь поставить в уравнение (3.41) значение l из выражения (3.42) и заменить F его значением из уравнения (3.39), а вместо L подставить его значение из формулы (3.37), то получим

$$An = 0,6WrK_QE/(K\Delta t \pi dr). \quad (3.43)$$

Отсюда

$$A = 0,6WrK_QE/(K\Delta t \pi nd). \quad (3.44)$$

Если принять, что ширина ванны 1 м, то количество рядов n по ширине равно

$$n = 1/d \quad (3.45)$$

(пренебрегаем для простоты необходимыми зазорами между трубами).

Подставив выражение (3.45) в формулу (3.44), получим

$$A = 0,6WrK_QE/(Kdtr \pi) \quad (3.46)$$

Таким образом, выходит, что A , так же как и ψ не зависит ни от каких конструктивных соображений и для данных условий является постоянной величиной, которая численно примерно в 3 раза меньше удельной поверхности нагрева, что видно из сопоставления выражений (3.46) и (3.38):

$$A = n/\pi. \quad (3.47)$$

Итак, для данного вида сырья и принятого режима работы удельная поверхность нагрева проектируемой нагревательной камеры и количество труб по высоте являются вполне определенными постоянными величинами, которые нельзя причислять к каким-либо характеристикам обжарочных печей.

По-видимому, о компактности поверхности нагрева и всей печи в целом целесообразно судить по двум показателям, один из которых характеризует

удельное количество масла в печи, а другой - удельную производительность аппарата.

Поскольку с целью повышения коэффициента сменяемости мы должны стремиться к минимальному количеству масла в печи, постольку в понятие компактности поверхности нагрева и всего обжарочного аппарата должно входить значение удельного количества масла в печи m (в $\text{кг}/\text{м}^2$):

$$m = M/F, \quad (3.48)$$

где M - общее количество масла в печи.

Распространенная еще недавно в консервной промышленности обжарочная печь М-8 с двухрядными змеевиками, удельная поверхность которой считается по нынешним нормам вполне удовлетворительной ($n = 5,8 \text{ м}^2/\text{м}^2$), характеризуется небольшим значением коэффициента сменяемости ($K = 0,4 \div 0,5$). Показатель удельного количества масла для этой печи составляет $47 \text{ кг}/\text{м}^2$.

Современная же печь АПМП-1, удельная поверхность нагрева которой несколько выше, чем у печи М-8 ($7,6 \text{ м}^2/\text{м}^2$), характеризуется резко увеличенным значением коэффициента сменяемости ($K = 1,7 \div 2,0$). Видимо, это связано с гораздо меньшим значением удельного количества масла ($m = 20,9 \text{ кг}/\text{м}^2$).

Необычайно высоким значением коэффициента сменяемости ($K = 3,6 \div 4,2$) характеризуется модернизированная печь АПМП-2, имеющая такую же удельную поверхность нагрева, как и модель АПМП-1, но показатель удельного количества масла которой $m = 9,9 \text{ кг}/\text{м}^2$, т.е. в 2 раза меньше, чем в предыдущем примере.

Таким образом, важнейшим показателем, характеризующим компактность поверхности нагрева и позволяющим прогнозировать коэффициент сменяемости масла (иными словами - качество масла в процессе обжаривания), является не удельная поверхность нагрева (величина, в которой не участвует ни количество масла, ни производительность аппарата), а удельное количество масла m - количество

масла в печи, приходящееся на 1 м² площади поверхности нагрева змеевиков. Желательно, чтобы m имело небольшие значения (10-20 кг/м²). Печи, характеризующиеся величиной m , равной 40-50 кг/м² и выше, будут в процессе эксплуатации иметь недостаточный коэффициент сменяемости (ниже единицы).

Удельная производительность печи g , под которой понимается съем продукции (в кг) с 1 м² зеркала масла в печи в час,

$$g = G/z, \quad (3.49)$$

характеризует компактность конструкции в отношении производительности.

Показательно сравнение современных печей М-8 и АПМП. Обе конструкции близки по габаритам (6,93 м² и 5,95 м²), но имеют разную производительность. Печь М-8 - всего 1200 кг/ч, а печи АПМП - 2000 кг/ч. Отсюда показатель g в первом случае составляет 173 кг/(м² • ч), а во втором - 336 кг/(м² • ч). Безусловно, печь АПМП более компактна по производительности, чем печь М-8 [21].

Таким образом, конструируя обжарочные аппараты, следует ориентироваться на оптимальное сочетание этих двух показателей. Тогда печь получится высокопроизводительной при относительно небольших габаритах, а качество масла в процессе обжарки будет высоким.

Следует заметить, что высокие показатели конструкции печей АПМП связаны с поддержанием стабильной температуры масла по всей длине печи благодаря ступенчатой поверхности нагрева - трехрядной с распределением 65% поверхности нагрева в первой половине длины печи и 35% - во второй при двухрядном расположении труб. Авторы конструкции учли фактор усадки сырья в процессе обжарки и уменьшили высоту слоя масла во второй половине печи. В печах с обычной не ступенчатой поверхностью нагрева высота активного слоя масла из-за усадки сырья значительно больше той, которая необходима для покрытия сырья.

Нижний, пассивный слой, как отмечалось раньше, должен изолировать змеевики от воды. Для этой цели можно было бы ограничиться высотой 15-

20 мм. Однако для поддержания такой минимальной высоты необходимо располагать приборами для регистрации местоположения линии раздела масла - вода и устройствами для регулирования этой линии.

Как для регистрации нижнего уровня масла, так и для регулирования его рационально использовать принцип разной электропроводности масла и водопроводной воды. Последняя хорошо проводит электрический ток, масло же является диэлектриком. Схема прибора для регистрации и световой сигнализации о местоположении линии раздела масла - вода, предложенная К.Г. Петриком и А.И. Саковичем, показана на рис. 26.

Два электрода погружены: один - в масло, другой - в воду. Расстояние между ними по высоте 15-20 мм. Оба электрода подключены к одной фазе электросети и являются, таким образом, фактически одним электродом с «расщепленным» концом. Другим парным электродом является сама металлическая ванна печи, заземленная через водопровод. Электрическая цепь замыкается через тот или

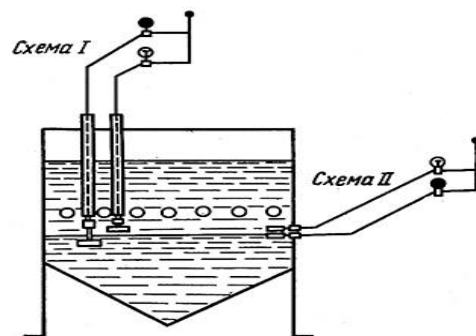


Рис. 26. Схемы контролирования линии раздела масло-вода в паромасляных печах

через те электроды, концы которых погружены в воду. На каждом из электродов имеется электрическая лампочка: на нижнем, погруженном в воду, - зеленая, на верхнем, погруженном в масло, - красная. При нормальном положении линии раздела светится только зеленая лампочка. Если уровень воды поднимется и коснется верхнего электрода, который при нормальных условиях должен находиться в масле, то электрическая цепь замкнется также через верхний электрод. При этом вспыхнет красная лампочка, сигнализируя об угрожающем подъеме уровня воды и необходимости понизить его. Если же уровень воды понизится, то и нижний электрод окажется в масле. В таком случае зеленая лампочка погаснет.

Это свидетельствует о том, что нижний уровень масла слишком возрос и линию раздела масло-вода нужно поднять.

Таким образом, можно сказать, что для поддержания минимальной высоты слоя масла в обжарочных печах необходимо работать с непрерывным доливом масла, применять компактную поверхность нагрева (как правило, двух- однорядную) и пользоваться точными контрольно-измерительными и регулирующими приборами, позволяющими поддерживать высоту нижнего, пассивного, слоя в диапазоне 15-20 мм.

Перейдем к выяснению факторов, определяющих суточный расход масла W .

Говоря о суточном расходе масла, имеют в виду полезный расход, связанный с нормальным впитыванием масла в обжариваемое сырье. Поэтому для увеличения суточного расхода масла необходимо всячески увеличивать производительность обжарочной печи. Чем больше сырья пройдет в единицу времени через аппарат, тем больше будет унесено впитавшегося в сырье масла, т. е. тем больше будет W .

Основные требования к паромасляным печам приводятся ниже.

1. Печь должна быть механизирована с таким расчетом, чтобы загрузка сырья в сетки (или на транспортирующее полотно), передвижение сеток через ванну, вытаскивание из ванны и опорожнение проходили механизированно, беспрепятственно, чего трудно добиться при ручной работе.

2. Механизация должна обеспечить максимальное использование зеркала масла и всего объема масла в активном слое. При правильной механизации печь максимально загружается сырьем: сетки опускаются в ванну печи вертикально, нет «мертвых», не использованных мест или участков у торцов печи. Необходимо, чтобы сетки шли по возможности теснее к змеевикам, зазоры между сетками и длинными сторонами ванны, а также между собой были минимальны.

3. Желательно, чтобы печи работали круглосуточно. При прочих равных условиях лучше, чтобы одна печь работала в 3 смены, чем 3 печи в 1 смену.

4. Необходимо избегать перерывов в работе печи, простоев. Кроме перечисленных требований надо обеспечить хорошую циркуляцию масла от нагревательных элементов к обжариваемому сырью и обратно, доступность змеевиков для чистки и минимальные потери масла с движущимися частями аппарата.

В тех случаях, когда сырье приходится укладывать в тару руками, процесс обжаривания завершается охлаждением сырья перед его фасовкой. Самый простой способ охлаждения заключается в том, что обжаренное сырье кладут в противни, помещаемые на этажерки, и дают ему самопроизвольно остыть на воздухе.

Поскольку коэффициент теплоотдачи от сырья к воздуху невелик, то такое охлаждение длится долго - минут 40. К недостаткам этого способа относится также потребность в больших площадях для этажерок в цехе и микробное обсеменение сырья в процессе длительного пребывания на открытом воздухе. Кроме того, процесс является ручным и периодическим.

Воздушное охлаждение можно интенсифицировать и механизировать, если применить для этой цели охладители - камеры, через которые на цепях передвигаются в вертикальном или горизонтальном положении сетки с обжаренным сыром, обдуваясь наружным воздухом, прокачиваемым через камеру с помощью вентилятора. Можно очень быстро охладить обжаренное сырье в так называемых жидкостных охладителях, погружая горячий продукт в холодное масло. Время охлаждения сокращается до 3-4 мин. Однако из-за конденсации водяных паров в капиллярах обжаренного материала образуется вакуум и в сырье впитывается дополнительное количество масла, что нежелательно.

Быстрого охлаждения обжаренного сырья можно достигнуть в вакуумных камерах. Как только создается вакуум, температура продукта понижается до того уровня, который соответствует данному пониженному давлению, желательно только разработать для этой цели непрерывно действующие аппараты.

ГЛАВА IV

ТАРА ДЛЯ КОНСЕРВОВ

В настоящее время основной вид тары в консервной промышленности - жестяные и стеклянные банки. Эти банки имеют свои специфические особенности, преимущества друг перед другом, достоинства и недостатки.

Жестяная тара - легкая, масса ее при равном объеме примерно в 3 раза меньше массы стеклянной тары. Отношение массы жестяной тары к массе продукта составляет всего 10-17%, для стеклянной же тары это отношение 35-50%.

Жестяная тара - небьющаяся, стеклянная - разрушается при толчках, ударах, падении и даже иногда при открывании.

Как будет показано в следующей главе, санитарная обработка жестяных банок перед расфасовкой осуществляется очень просто. Мойка же стеклянной тары - сложный и часто трудоемкий процесс.

Жестяная тара нечувствительна к перепадам температур, стеклянная тара нетермостойка, что осложняет процессы ее мойки и последующей тепловой стерилизации консервов.

Производство и применение жестяной тары легче поддается механизации и автоматизации.

Таким образом, фасовка консервов в жестяную тару создает большие удобства как для производства, так и для потребителей консервов:

- увеличивается производительность труда в консервной промышленности;
- уменьшаются транспортные расходы;
- устраняется опасность попадания осколков стекла и стеклянной пыли в продукт;
- сокращаются затраты на рабочую силу в процессах транспортировки тары, ее мойки, фасовки в нее продукта, закатки, стерилизации, упаковки консервов и их транспортировки.

Предпочтительнее оказывается жестяная тара в экспедициях, туристских поездках и походах.

С другой стороны, в отличие от стеклянной тары жестяные банки подвержены внутренней и внешней коррозии, для предупреждения которой необходимо расходовать дефицитное олово и дорогостоящие лаки, эмали и краски.

Благодаря прозрачности стекла многие виды пищевых продуктов, особенно фруктовые, расфасованные в стеклянную тару, выглядят очень привлекательно, и потребитель может реальнее представить себе качество приобретенных консервов, чем в том случае, когда продукт находится в непрозрачной таре. Стеклянная тара к тому же многооборотна, повторное же использование жестяной тары невозможно.

Помимо жестяной и стеклянной тары в консервном производстве используется также деревянная тара (бочки и ящики), полимерная, картонная. Правда, эти виды тары применяются для фасовки не стерилизуемой продукции. Например, в деревянные бочки фасуют плодовые полуфабрикаты (сульфитированное пюре, соки и фрукты), рыбные и овощные соленья, маринады, в деревянные ящики - сушеные плоды и овощи, повидло, цукаты, в картонные коробки - замороженную продукцию.

Металлическая тара. Жестяные банки - не единственный вид металлической консервной тары. Существуют еще алюминиевые банки и тубы, а также хромированная и алюминированная жестяная тара. Поэтому государственным стандартом узаконен термин «Банки металлические для консервов».

В соответствии с ГОСТ 30765-2001 металлические банки для консервов изготавливают двух типов: I - цилиндрические и II - фигурные. Банки типа I бывают сборные, сборные с язычком и штампованные, а банки типа II - только штампованные - овального, прямоугольного и эллиптического сечения.

Существует пять десятков металлических банок различных размеров и вместимости - от 69 до 9515 мл. Характеристика наиболее ходовых металлических цилиндрических банок приведена в табл. 10.

Таблица 10- Характеристика металлических цилиндрических банок

Принятое обозначение банок	Вместимость	Наружный диаметр, мм	Наружная высота, мм	Вид банок в зависимости от способа изготовления
1	96	76,0	27,0	Штампованные
3	241	102,3	39,2	Сборные и штампованные
6	269	86,7	56,7	Сборные
7	316	76,0	83,4	»
8	353	102,3	53,2	Сборные и штампованные
9	364	76,0	95,0	Сборные
12	565	102,5	81,4,	»
13	889	102,5	123,6	»
14	3020	157,1	172,5	»
15	8760	219,4	249,7	»

Материалом для производства консервной жестяной тары служит белая жечь, представляющая собой тонкопрокатанную сталь (толщина 0,2-0,3 мм), покрытую с двух сторон защитным слоем олова. В зависимости от способа нанесения защитного оловянного покрытия белая жечь выпускается двух видов - горячего и электролитического лужения.

При горячем лужении подготовленную соответствующим образом черную жечь пропускают через ванну с расплавленным оловом. В этом случае не представляется возможным получить тонкий (менее 1,5 мкм) регулируемый и равномерный до всей поверхности листа слой олова. Потери олова при горячем лужении значительны. Нанесение слоя олова горячим способом производится на сравнительно малопроизводительных агрегатах при скоростях лужения до 12 м/мин. Как отмечается в литературе [14], конструкция агрегатов позволяет производить горячее лужение листов

только определенных размеров (например, 712 x 512 мм), что вызывает повышенные потери металла при раскрое некоторых видов банок.

Электролитическое лужение рулонной жести осуществляется на высокомеханизированных и скоростных агрегатах, работающих со скоростью до 540 м/мин, с применением различных типов электролитов (щелочных, сернокислотных и др.). После электролиза и промывки ленты образующееся матовое оловянное покрытие, пройдя процесс кратковременного оплавления, становится глянцеvidным. Толщина оловянного покрытия при этом способе лужения может быть резко снижена (до 0,3 мкм), чем достигается значительная экономия олова (в 2-5 раз по сравнению с горячим лужением). Кроме того, при электролитическом лужении легко регулировать толщину слоя олова.

Для повышения коррозионной стойкости белой жести электролитического лужения ее пассивируют, нанося химическим или электрохимическим способом на поверхность луженого листа оксидные пленки. В состав агрегатов электролитического лужения жести входят участки, на которых осуществляется такое искусственное нанесение окисных пленок - пассивация.

Обработка полосы жести производится в растворах хромовой кислоты или бихромата натрия.

После пассивации на полосу жести в агрегате электролитического лужения наносится тончайшая пленка масла. Эта пленка толщиной примерно 0,01 мкм служит дополнительной защитой жести от коррозии при ее транспортировке и хранении, а также предохраняет оловянное покрытие от истирания. Нанесение масла производится электростатическим способом. В качестве смазки применяют хлопковое масло или синтетические масла.

Многие консервы характеризуются сильным агрессивным воздействием на оловянное покрытие, особенно если оно нанесено электролитическим способом. Поэтому белую жечь приходится с внутренней стороны лакировать. Для предохранения наружной стороны металлической тары от

атмосферной коррозии и для придания таре хорошего товарного вида ее также покрывают лаками и красками. Консервные лаки изготавливаются на масляносмольной (копаловой) или эпоксифенольной основе. К первому типу относится лак ФЛ-561 (41-К), ко второму - ФЛ-559, ЭП-527 и ЭП-547.

Подробные сведения о конструкциях и технологии металлической консервной тары приведены в специальных руководствах, в настоящем пособии мы ограничимся описанием наиболее распространенной сборной жестяной цилиндрической банки.

Цилиндрическая жестяная банка состоит из трех частей (рис. 27): крышки, доньшка и корпуса. Крышка и доньшко, которые совершенно одинаковы по конструкции и называются концами, присоединяются к отбортованному цилиндрическому корпусу при помощи закаточного шва.

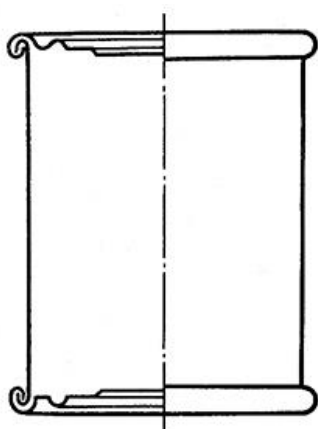


Рис. 27. Цилиндрическая жестяная банка

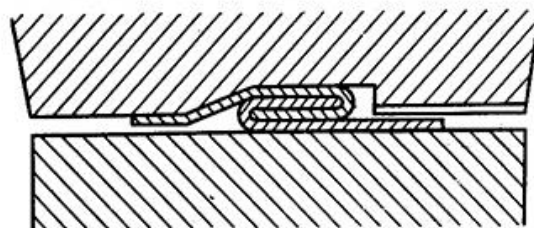


Рис. 28. Продольный шов

Как видно из рисунка, закаточный шов состоит из 5 слоев жести, 2 из которых дает отбортованный корпус, а 3 - крышка.

Герметичность закаточного шва обеспечивается не только плотным сжатием упомянутых слоев жести, но и наличием уплотняющего материала, находящегося в виде тонкой эластичной пленки на канале подвитого фланца конца и плотно заполняющего зазоры между слоями жести. Без уплотнительного материала, даже при очень сильном сжатии слоев жести, закаточный шов оказывается полностью проницаемым для воздуха.

Корпус банки образуется после свертывания в цилиндр прямоугольной пластинки (бланка) жести, на которой предварительно загнуты края, и последующего склепывания их «в замок» (рис. 28). Получившийся шов, называемый продольным, герметизируется путем пропайки оловянно-свинцовым сплавом. Таким образом, продольный шов состоит из четырех слоев жести. Однако нельзя допустить, чтобы 4 слоя жести оставались по всей длине продольного шва, иначе при отбортовке корпуса получалось бы 8 слоев жести, а в месте стыковки продольного и закаточного швов (в так называемом углошве) образовывалось бы 11 слоев жести (рис. 29).

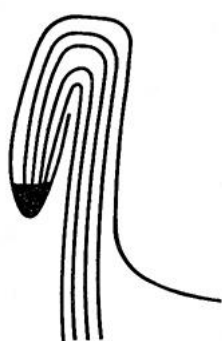


Рис. 29. Углошов из 11 слоев жести

При такой конструкции продольного шва была бы очень затруднительной нормальная работа герметизирующего органа закаточной машины, которому пришлось бы, обегая периметр крышки, совершить «прыжок» с 11 слоев жести (в месте углошва) на 5 (или

«взбираться» с 5 слоев на 11). Поэтому соединение «в замок» делается не по всей длине продольного шва. С одной стороны бланка вырубает углы, а с другой - делают просечку (рис. 30) в двух местах. Затем образующиеся поля между просечными и обрубленными уголками загибают в противоположные стороны под углом около 145° . После этого из прямоугольной пластинки формируют цилиндрический корпус и прочно соединяют его края. При этом в основном по всей длине края корпуса соединяются прочным замком, имеющим 4 слоя.

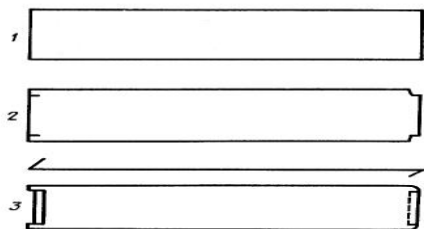


Рис. 30. Последовательность обработки заготовки корпуса: 1 - заготовка; 2 - обрубка углов и просечка; 3 - загиб полей



Рис. 31. Соединение краев корпуса внахлестку

На торцах же (возле вырубленных уголков) просеченные и загнутые края пластинки накладываются на боковую поверхность корпуса, образуя после пропайки соединение внахлестку, состоящее только из двух слоев жести (рис. 31), которые при отбортовке дают 4 слоя. Таким образом, получается, что нормальный углошов содержит не 11, а всего 7 слоев жести, и, следовательно, закаточный орган машины работает в небольшом интервале слоев жести: от 5 до 7 (рис. 32).

Концы жестяных банок штампуются, при этом для устранения возможной необратимой деформации под действием внутреннего избыточного давления крышку (донышко) делают специальной формы, которая называется рельефом (рис. 33). Рельеф состоит из кольцевого выступа - бомбажного кольца и нескольких кольцевых ступеней, способствующих упругой деформации крышки, вздутию ее во время стерилизации.

В главе IX показано, что увеличение объема жестяной банки при стерилизации благодаря вздутию концов является положительным фактором, снижающим давление в таре по сравнению с вариантом, когда крышки не вздуваются (как это происходит, например, при стерилизации консервов в стеклянной и жестяной таре с применением противодавления, препятствующего вздутию крышек).

Прифальцовка концов к корпусам банок производится на закаточных машинах с образованием двойного закаточного шва. Из-за сложности формы шва закатывание осуществляют в два последовательно выполняемых приема или, как говорят, в две операции.

Рабочими органами закаточной машины являются ролики первой и второй операции.

Ролики первой операции предварительно подкатывают фланец крышки под фланец корпуса банки.



Рис. 32. Углошов из 7 слоев жести

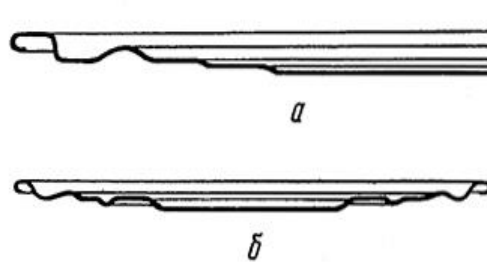


Рис. 33. Рельеф концов: а - упругий; б - жесткий

Ролики второй операции окончательно оформляют шов, плотно сжимая и прокатывая все пять слоев жести. Последовательность образования двойного закаточного шва показана на рис. 34.

Как отмечалось, герметизация закаточного шва достигается применением уплотнительных пленок, получаемых из полимерных дисперсий.

С этой целью используют водно-аммиачную пасту, представляющую собой коллоидно-дисперсную систему, основным наполнителем которой обычно является синтетический каучук - бутадиенстирольный латекс (СКС-30П и СКС-50П, где 30П и 50П означает процентное содержание каучука в латексе, т.е. 30 или 50%).

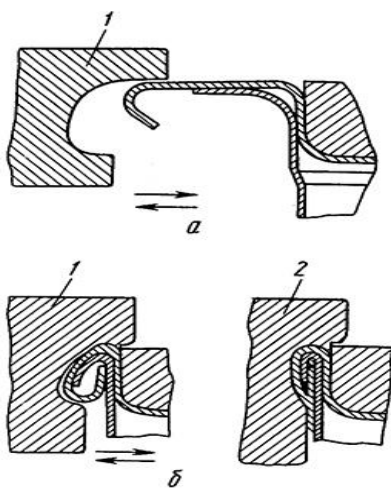


Рис. 34. Последовательность образования двойного закаточного шва: а - первая операция; б - начало и конец второй операции; 1 - закаточный ролик первой операции; 2 - закаточный ролик второй операции

Для улучшения механических свойств в состав пасты вводят наполнители (до 50%): каолин, мел, оксид цинка, диоксид титана и др. Загущение латексной смеси достигается добавлением синтетических смол.

Во избежание коагуляции пасты в ее состав вводят казеин, полиакриламид, водный раствор аммиака, мыла, канифоль. Диоксид титана и сера являются вулканизаторами, повышающими водостойкость пасты.

После нанесения и высушивания водно-аммиачная паста образует сплошную однородную

пленку, заполняющую все неровности закаточного шва и обладающую высокой эластичностью.

Как отмечалось выше, для герметизации продольного шва жестяных банок применяют сплавы олова со свинцом, называемые припоем. Припой марки ПОС-40 состоит из 40% олова и 60% свинца. Припой ПОС-60 содержит 60% олова и 40% свинца. Для пайки корпусов из белой жести горячего и электролитического лужения применяют припой ПОС-40, а для пайки банок' из лакированной и литографированной белой жести - ПОС-50 и ПОС-60.

Применение хромированной лакированной жести для изготовления консервной тары возможно лишь при отсутствии перехода хрома в продукт, ибо хром относится к числу металлов, переход которых в продукт должен ограничиваться. Предельно допустимая концентрация хрома в водоемах санитарно-бытового использования регламентируется в пределах 0,1мг/л (для Cr^{6+}) - 0,5 мг/л (Cr^{3+}). Особенно токсичными считаются ионы шестивалентного хрома. Однако хром, растворяющийся в пищевых продуктах, представляет собой соли трехвалентного хрома, так как соединения шестивалентного хрома могут образоваться лишь в среде, где имеются сильные окислители, повышенное давление и высокая температура. Поэтому в консервах, где отсутствуют вещества, являющиеся окислителями, а давление в банках при хранении, как правило, ниже атмосферного, хром может находиться только в форме Cr^{3+} .

Хромирование жести заключается в том, что ленту тонкой стальной полосы после обезжиривания электролитически покрывают тончайшим слоем металлического хрома -толщиной от 0,01 до 0,08 мкм. В состав электролита входят хромовый ангидрид и серная кислота.

Далее хромированная полоса проходит ванну пассивации, где на ней образуется слой окиси хрома, и затем поступает на участок лакирования и сушки. Нанесение слоя пищевого лака производится в электрическом поле высокого напряжения (120-140 кВ). Распыленные частицы лака оседают на

хромированной заземленной полосе равномерным слоем толщиной 3-8 мкм. Сушка лаковой пленки осуществляется при помощи токов высокой частоты при температуре полосы 300°C, продолжительность 2-3 с.

Применение для изготовления консервной тары алюминия и его сплавов в сочетании с лаковым покрытием перспективно.

Как отмечает Я.Ю. Локшин, в нашей стране благодаря значительному росту производства алюминия, его безвредности для организма человека, высокой пластичности, легкости, этот вид тары должен стать одним из широко применяемых в консервной промышленности.

Лента из алюминия обладает недостаточной коррозионной стойкостью для большинства консервированных пищевых продуктов. Поэтому такую ленту лакируют, а перед нанесением лака производят механическую, химическую или электрохимическую обработку поверхности для лучшей адгезии лаковой пленки.

При механической подготовке поверхность ленты обрабатывают щетками или абразивами. В качестве химической подготовки используют хромирование в растворах хромовой кислоты с образованием очень тонких

пленок хрома и его окислов. Электрохимическая обработка, или анодирование, производится в растворе серной кислоты; при этом в течение 1 мин обработки образуется оксидная (анодная) пленка толщиной 0,3-0,4 мкм. Далее следуют лакирование и сушка. Температура металла при сушке лаковой пленки составляет 320°C, продолжительность сушки 30-50 с.

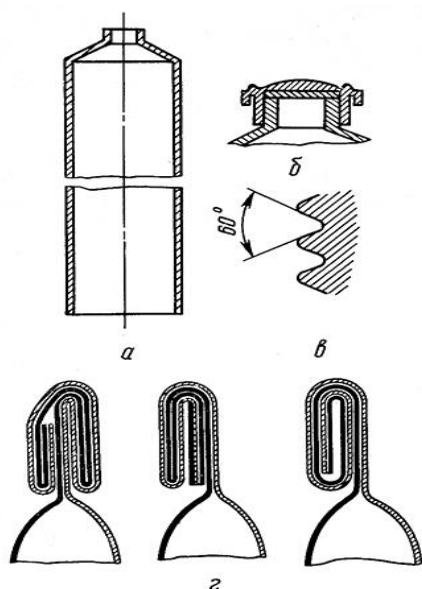


Рис. 35. Алюминиевая туба с колпачком и типы швов: а - общий вид тубы; б - носик тубы с бутонем и прокладкой; в - профиль резьбы; г - типы

Перспективу для изготовления консервной тары имеет алюминированная жечь. Ее получают нанесением на прокат

тонкой стальной ленты слоя алюминия толщиной 1-5 мкм. Процесс металлизации производится в атмосфере глубокого вакуума - 0,13-0,013 Па (10^{-3} - 10^{-4} мм рт. ст). При этом атомы испаренного алюминия конденсируются на поверхности стальной полосы, температура которой ниже температуры испаренного алюминия. Алюминированную жесть лакируют.

Из листового алюминия толщиной 4-5 мм изготавливают также тубы для фасовки пастообразной консервируемой продукции, главным образом для питания детей (рис.35).

Алюминиевые тубы экономичны в изготовлении и при использовании. Стоимость туб, расход материалов, отношение массы тары к массе продукта значительно ниже, чем соответствующие показатели для стеклянной тары той же вместимости. Процессы производства туб, наполнения и упаковки легко поддаются механизации и автоматизации на всех участках.

Трубы, предназначенные для фасовки консервов детского питания, заполняются со стороны хвостовой части, которая вслед за тем герметизируется. Герметичность хвостовых швов обеспечивается уплотнительными прокладками, в качестве которых применяют водно-аммиачную пасту, виниловый лак, полоски латекса и др. Носик тубы герметизирован металлической пленкой.

Внутренняя поверхность алюминиевых туб лакируется пищевыми лаками, на наружной стороне печатается красочная этикетка.

Стеклянная тара. Стеклянная тара - банки, бутылки, бутылки - широко распространена в консервной промышленности для фасовки плодовых и овощных консервов. В отдельные годы выпуск плодоовощных консервов в стеклянной таре достигал 70-80% от общего выпуска консервов. Мясные и рыбные консервы редко фасуют в стеклянную тару.

Стеклянные консервные банки производят на крупных специализированных консервных заводах. На этих заводах постоянно совершенствуется технология и широко внедряются мероприятия по

улучшению качества банок. Проводится значительная работа по уменьшению массы банок, улучшению оформления венчика горла банок и получению более чистой его поверхности. Внедряются новые высокопроизводительные методы укупорки. В ближайшие годы планируется увеличение выпуска стеклянной консервной тары, однако прирост этого выпуска еще отстает от роста производства консервов.

Стеклом называют все аморфные тела, получаемые переохлаждением расплава. Раньше представляли стекло как определенное химическое соединение кремниевой кислоты, но проведенные исследования привели к выводам о микронеоднородности аморфной структуры стекла, в которой нашли более тонкие структурные образования - кристаллиты.

Основная составная часть промышленных стекол - кремнезем. Он вводится в состав стекла в виде кварцевого песка, являющегося основным видом сырья в стекольной промышленности. От качества кварцевого песка во многом зависит качество стеклотары. Высокосортные кварцевые пески должны содержать 99-99,8% SiO_2 и 1-0,2% примесей. Оптимальный размер зерен песка 0,2-0,5 мм - 85-90% общей массы используемой партии песка.

В состав песка вводятся также следующие вещества: оксид бора B_2O_3 - с борной кислотой, бурой или бурсодержащим минералом - ашаритом;

- оксид алюминия Al_2O_3 - с глинистыми примесями в песке, с глиной, полевым шпатом, а также с чистым глиноземом;

- оксид натрия Na_2O - с разными видами содопродуктов (кальцинированная сода, содопотаашная смесь, сульфат натрия и пр.);

- оксид кальция CaO - с известняком, мелом;

- оксид магния MgO - с доломитом;

- оксид бария BaO - с углекислым, серноокислым и азотнокислым барием.

В рецептурах стекла добавляемые оксиды металлов часто обозначают в общем виде - R_2O , RO , R_2O_3 в зависимости от валентности металла R. Так, рецептура стекла при выработке тары на прессовыдувных машинах ПВМ составляет (в %): R_2O - 16,5 -16,7; RO - 8,5-8,7; $\text{SiO}_2 + \text{R}_2\text{O}_3$ - 74,6- 75,0.

В состав тарных стекол рекомендуется вводить до 3,5% MgO и 2,0-3,0% Al_2O_3 .

Процесс производства стеклотары состоит из комплекса операций, направленных на получение расплавленного стекла, именуемого стекломассой, и операций, направленных на формирование из жидкой стекломассы стеклянных банок и на окончательную их отделку в виде промышленной продукции.

Смесь сырьевых материалов загружают в засыпочный карман стеклоплавильной печи и проталкивают в ванну, где она нагревается и расплавляется благодаря сжиганию смеси газогенераторного газа и воздуха. Температура варки стекломассы 1450-1550°C. Из варочной части стекломасса поступает в студочную часть, в которой температура массы снижается до 1150-1200°C, после чего она направляется к стеклоделательным машинам.

Для изготовления консервной тары применяется прессовыдувная машина типа ПВМ. Банки изготавливают в два приема. Сначала прессуют предварительную заготовку - пульку и окончательно формируют горло стеклянной банки, затем заготовку раздувают сжатым воздухом до нужного размера и формы.

После охлаждения стеклотару подвергают отжигу на отжигательных печах - лерах. При отжиге устраняются остаточные натяжения в стекле, которые возникают при охлаждении стеклянного изделия вследствие того, что сначала охлаждаются наружные слои стекла и образуются затвердевшие ограничивающие пленки, а затем между ними охлаждаются внутренние слои стекла. Отжиг состоит в том, что изделие нагревается до размягчения и затем медленно охлаждается.

Нарушения технологического режима и правил технической эксплуатации оборудования могут привести к порокам в готовых стеклянных банках. Некоторые из них не допускаются, а другие - ограничиваются. Не допускаются следующие пороки:

- непровар (неоднородность стекла) и рух (закристаллизовавшиеся непрозрачные частицы стекла);

- открытые пузыри на поверхности, разрушающиеся при легком постукивании металлическим стержнем;

- мошка (мелкие пузыри диаметром до 0,8 мм, сосредоточенные в одном месте);

- камни (посторонние непрозрачные включения), пузыри, резко выраженные складки на венчике горла, наружная подпрессовка (излишек стекла) по торцу венчика горла, просечка (тонкая волосяная трещина) через весь венчик;

- сквозные посечки, прилипы стекла к наружной поверхности; свиль (отдельные или расположенные группой нити), осяуемая рукой;

- несмываемые пятна от смазки форм. Ограничиваются пороки: небольшие пузыри;

- посечки поверхностные волосяные, не сосредоточенные в одном месте.

Согласно ГОСТ 5717-70 форма, основные размеры в миллиметрах, вместимость и масса банок должны соответствовать указанным на рис. 32 и в табл. 11.

Венчики горловин банок и бутылей в зависимости от способов укупорки бывают трех типов (рис. 36): I-обкатной, II - обжимной, III - резьбовой.

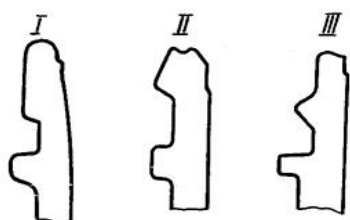


Рис. 36. Типы венчиков горловин стеклянной тары

Банки имеют условные обозначения, которые включают тип (I, II или III), диаметр венчика горловины (58, 82, 68) и вместимость (мл).

Например: консервная банка I-82-1000, т.е. банка обкатная с диаметром венчика горла 82 мм вместимостью 1000 мл; или II-82-650, т.е. банка обжимная с диаметром венчика горла 82 мм, вместимостью 650 мл.

Точное соблюдение основных (контролируемых) размеров венчика горла (диаметра и высоты) - первейший залог герметичности консервов при

укупорке, стерилизации и транспортировке. Эти размеры приведены в табл. 12.

Таблица 12- Размеры стеклянной тары

Вместимость, мл		Номер венчика горловины	Общая высота тары Н	Диаметр цилиндрической части D	Высота цилиндрической части h ₁	Высота нижнего закругления h ₂	Радиусы закруглений					Масса 100 шт., кг, не более
номинальная	полная						Г ₁	Г ₂	Г ₃	Г ₄	Г ₅	
100	130 ⁺³	58	65 ₁	64 ₁	14	22	3	9	30	3	75	11
200	225 ⁺⁷	58	100 ₁	64 ₁	49	22	3	9	30	3	75	14
350	385 ⁺¹⁰	68	125 ₂	72 ₁	63	22	4	9	36	4	120	18
350	385 ⁺¹⁰	82	88 ₁	89 ₂	26	30	4	12	45	5	160	19
500	560 ⁺¹⁵	82	118 ₂	89 ₂	56	30	4	12	45	5	160	24
650	710 ⁺¹⁵	82	141 ₂	89 ₂	79	30	4	12	45	5	160	30
800	865 ⁺¹⁵	82	164 ₂	93 ₂	93	25	4	45	35	5	195	33
1000	1030 ⁺²⁰	82	162 ₂	105 ₂	87	30	4	24	45	8	-	41
2000	2080 ⁺³⁰	82	207 ₃	133 ₂	89	40	12	60	45	10	18	70
3000	3200 ⁺⁵⁰	82	236 ₃	154 ₂	107	40	12	68	45	12	30	96
5000	5200 ⁺¹⁰⁰	82	286 ₃	172 ₂	164	35	12	54	45	15	50	130
5000	5200 ⁺¹⁰⁰	82	286 ₃	172 ₂	164	35	12	60	45	15	60	135
10000	10300 ⁺¹⁵⁰	100	380 ₃	220 ₂	165	70	30	105	90	15	-	240

Укупорка стеклянной тары осуществляется металлическими (жестяными или алюминиевыми) крышками, снабженными для герметизации уплотняющими прокладками.

Выше упоминались основные методы укупорки стеклянной тары, применяемые на консервных заводах нашей страны. Банки и бутылки герметизируются обкатным, обжимным и резьбовым способами, а узкогорлые бутылки - корончатыми крышками по способу СКК. При любом способе укупорки крышки с прокладкой должны быть прочно и герметично зафиксированы на венчике горла тары и оставаться постоянно в таком положении на всех последующих процессах консервирования, транспортировки и хранения консервов.

Установлено, что более надежная герметичность укупорки обеспечивается, когда уплотняющая прокладка находится на боковой поверхности венчика горла, как это наблюдается при герметизации по способу I. На рис. 37 показана крышка СКО (тип I, стеклотара консервная обкатная). Такие крышки изготавливаются из жести № 20, 22 и 25 или алюминия толщиной 0,38-0,50 мм. При изготовлении крышек СКО-82 из тонкой жести (№ 20, 22) на них формируется дополнительное кольцо жесткости по окружности.

Белая жечь для крышек может быть лакированной и нелакированной. Алюминий должен быть покрыт с обеих сторон слоем пищевого консервного лака или эмали. В пазы борта готовых крышек вкладываются специальные резиновые кольца.

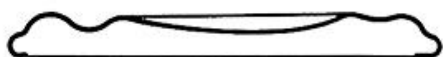


Рис. 37. Обкатная крышка СКО

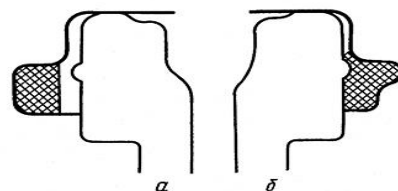


Рис. 38. Профиль крышек СКО: а - до обкатки; б - после обкатки

На рис. 38 показана крышка СКО на горле банки в разрезе до и после обкатки. Такой шов образуется на закаточных машинах при помощи специальных роликов, работающих аналогично роликам закаточных машин для жестяной тары с той только разницей, что герметизация крышек СКО (способ I) осуществляется в одну операцию, а прикатка крышек к корпусу жестяных банок - в две. В процессе обкатки крышки профилированным роликом происходит деформация стенки фланца и завитка крышки, так, что уплотняющее резиновое кольцо плотно прижимается к горлу банки и благодаря трению и упору в венчике горла крышка прочно и герметично присоединяется к банке.

При регулировке роликов закаточных машин, используемых для обкатки банок I, ориентируются на определенную прочность укупорки, которую устанавливают методом нахождения критического давления,

необходимого для срыва крышки. С этой целью в дне банки с помощью сверлильной станка (или ручной дрели), в патрон которого вставлена заостренная стальная трубка (или заточенный трехгранный напильник), просверливают отверстие диаметром 15-20 мм. Для облегчения сверления на дно банки наносят несколько капель скипидара и абразивный порошок. Такую банку укупоривают крышкой и заполняют водопроводной водой.

В отверстие вставляют просверленную эластичную резиновую пробку (используемую в лабораторной практике), через которую проходит металлическая трубка диаметром 10- 12 мм (рис: 39). Один конец трубки вводят в банку, а другой соединяют с тройником, на котором в верхнем штуцере находится манометр на 5 кгс/см² с ценой деления 0,1 кгс/см². С другой стороны тройника установлен пробковый кран, соединённый гибким шлангом с резервуаром сжатого воздуха или прямо с водопроводом (при наличии в нем давления не ниже 3 ат).

При испытании медленно подают воду или воздух, через пробковый кран. Давление доводят до критической величины, при которой крышка срывается с горловины банки. При этом замечают показания манометра.

Банка 1-82 считается нормально обкатанной; если критическое давление составляет 1,5-1,7 ат.

Для смягчения гидравлического удара при срыве крышки банку погружают в сосуд с водой. Вместо просверливания отверстия в дне банки можно пробить отверстие в крышке, что гораздо проще, однако при этом нужно остерегаться деформировать крышку, ибо результаты испытания получатся недостоверными.

При укупорке стеклянных банок по способу

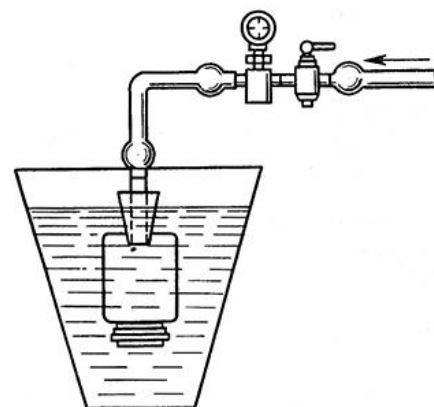


Рис. 39. Приспособление для определения прочности укупорки стеклянной тары

II и III уплотняющая прокладка располагается в дне крышки и соответственно на торце венчика горла, при этом условия для герметизации хуже, чем в варианте I.

На рис. 40 показана схема герметизации стеклянных банок обжимным способом II, а на рис. 41 резьбовым способом III.

Консервная тара типа II («Евро-кап») представляет собой стеклянную банку, жестяную или алюминиевую крышку и уплотнительную прокладку, помещенную на периферийную часть торца (дна) крышки с внутренней стороны.

Торцовая часть венчика горла - это площадка, по которой проходит кольцевая канавка. Боковая часть венца горла имеет сплошной уступ, ниже которого располагается упорный выступ - карниз, служащий для открывания банок.

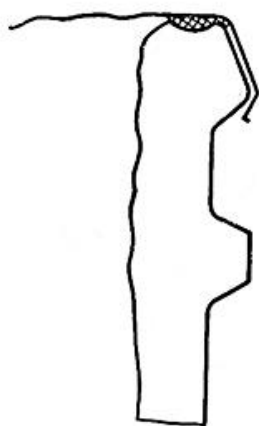


Рис. 40. Схема герметизации способом II

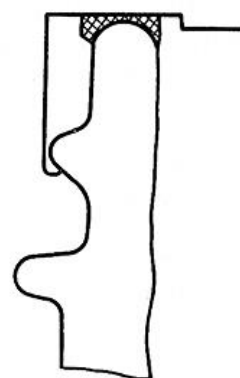


Рис. 41. Схема герметизации способом III

Борт крышки «Еврокап» представляет собой усеченный конус, расширяющийся книзу, на его боковую поверхность нанесены вертикальные гофры, расположенные по всей окружности с шагом 3,5-4 мм. Нижний край борта закатан наружу в виде ободка, разделенного сквозными просечками на 20-40 частей. Уплотняющая прокладка изготовлена путем заливки специальной пастой периферийной части торца (дна) крышки и

последующей термообработки, при которой обеспечивается прочное сцепление прокладки с адгезионным лаком (эмалью), покрывающим жёсть.

Процесс укупорки банок типа II осуществляется путем введения горла банки с надетой крышкой в специальный обжимной цилиндр, диаметр которого на 1,5-3 мм больше номинального диаметра венца горла. При этом уплотняющая прокладка прижимается к торцу банки, а гофрированный борт крышки обжимается вокруг уступа горла, частично заходя под него.

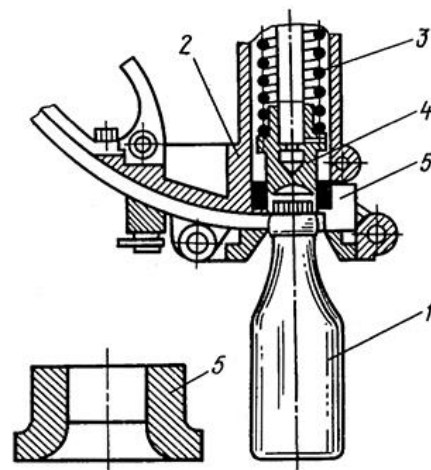
В процессе укупорки банка подвергается паровой вакуумизации. При этом перегретый пар давлением 0,5-1 ат, имеющий температуру 120~ 130°C, поддается струями, направленными в верхнюю часть банки и вытесняющими из нее воздух. Благодаря этому после укупорки, стерилизации и охлаждения в банке образуется вакуум, повышающий надежность герметизаций. Прочность укупорки по этому способу нормируется в пределах 0,7-1,3 кг/см².

Применение обжимной тары более сложно, чем в варианте I, и надежность герметизации ниже (отсутствие каких-либо регулирующих элементов для изменения параметров процесса укупорки, необходимость создания вакуума, повышенные требования к качеству банок и крышек и т. п.). Однако большое достоинство ее заключается в легкости открывания, чего нельзя сказать о банке I, для открывания которой требуется очень большое усилие (не исключено разрушение венчика горла).

Отличительная особенность способа укупорки III заключается в навинчивании крышки на венчик горла за 1/4 (или менее) оборота, что осуществляется применением специального укупорочного приспособления. В результате давления крышки на торец венчика горла, прокладка на крышке (паста) уплотняется и герметизирует банку.

Крышка при этом не деформируется. Банка с продуктом подвергается термической вакуумизации паром перед закрыванием крышкой.

Внешний вид банок типа III привлекателен, крышки легко отвинчиваются, могут быть использованы в домашних условиях после опорожнения банок. Однако из-за упомянутых выше осложняющих моментов ее можно использовать только для фасовки продукции, стерилизуемой при температурах не выше 100°C.



Узкогорлые бутылки укупориваются корончатыми крышками. При этом бутылка поднимается к укупорочной головке (рис. 42) или последняя опускается к бутылке, совершая рабочий ход. При вводе венчика горла бутылки в укупорочную головку он поднимает крышку, лежащую доньшком вверх в очке. При этом крышка надевается на венчик. Дойдя до упорного штока прижима крышек, бутылка венчиком горла поднимает его вверх, сжимая пружину. При дальнейшем цикле укупорки венчик горла с крышкой поднимается в кольцевом укупорочном патроне, имеющем конусную рабочую поверхность. При этом крышка деформируется и обжимается на венчике горла, прочно закрепляя и уплотняя прокладку на торце венчика.

Рис. 42. Укупорка бутылок корончатой крышкой СКК:
1 - бутылка; 2 - укупорочная головка;
3 - пружина;
4 - шток прижима крышки; 5 - кольцевой укупорочный патрон

Полимерная тара. В последние годы в мировой практике производства, консервированных пищевых продуктов получила некоторое распространение тара из полимерных материалов.

Полимеры относятся к тем новым экономичным материалам, которые могут в ряде случаев заменить жести и стекло в производстве консервной тары. Они используются для упаковки пищевых концентратов, сушеных плодов и овощей и пищевых продуктов, консервированных химическим и асептическим способами, а в комбинации с другими материалами могут быть применены для герметичной упаковки пастеризуемой продукции - джемов,

варенья и т. п., а также для изготовления тары, наполняемой продуктом, подлежащим тепловой стерилизации.

Полимерная тара обладает рядом ценных технических свойств, высокими эстетическими качествами и получает все большее распространение в народном хозяйстве.

В то же время, как отмечает В.Г. Поповский [20], к полимерам в большей мере, чем к каким-либо другим видам материалов, предъявляются особые требования в отношении механической прочности, химической устойчивости к действию компонентов пищевого продукта, экономичности, не дефицитности и невысокой стоимости исходного сырья по сравнению с такими материалами, как металл и стекло, а также высокой технологичности - возможности переработки в готовые изделия высокопроизводительными способами при малых трудовых затратах, санитарно-гигиенической безупречности, т. е. невозможности перехода в пищевой продукт из полимерного материала посторонних веществ, изменяющих вкус и запах продукта, а также вредно влияющих на организм человека.

К этим общим требованиям добавляется еще и ряд специфических: для полимерных покрытий - высокая адгезионная стойкость и непроницаемость; для полимерных тарных и упаковочных материалов - возможно более высокая степень герметичности (непроницаемость в отношении микроорганизмов, а также водо-, паро-, газо- и ароматонепроницаемость); малая светопроницаемость, особенно для ультрафиолетовых лучей.

К основным полимерным материалам относятся следующие: лакированный целлофан, целлофан с покрытием на основе сополимера винилиденхлорида и винилхлорида типа СВХ-40, СВХ-60 или с покрытием на основе винилиденхлорида и акрилонитрита типа СВН-80;

- полиолефины-полиэтилен, полипропилен, сополимеры этилена с пропиленом типа П-2020-Т и П-2070-П;

- плиофильмы - пленки на основе гидрохлорида каучука, например экагшен (гидрохлорид синтетического изопренового каучука-СКИ-3 с добавкой сорбиновой кислоты как структурообразователя);

- полимеры на основе винилхлорида (например, суспензионный поливинилхлорид ПВХ-62 с пластифицирующими добавками, наполнителями, стабилизаторами и смазками);

- материалы на основе полистирола (например, полистирол марки СН П, получаемый совмещением сополимера стирола и акрилонитрита с нитрильным каучуком);

- полиамидные упаковочные материалы, например полиамид-11 (рильсан), получаемый из аминокислоты;

- полиэфирные пленки на основе полиэтилентерефталата (например, лавсан);

- фторопласты и др.

Большинство полимерных упаковочных материалов обладает комплексом ценных свойств, однако среди них нет ни одного, который бы полностью удовлетворял отмеченным выше требованиям. Так, например, целлофан прочен, прозрачен, малогазопроницаем, безупречен в санитарно-гигиеническом отношении, но не стоек к действию влаги, трудно поддается термической сварке, малоэстетичен; полиэтиленовая пленка обладает хорошей водостойкостью, химической устойчивостью, низкой паропроницаемостью, легко поддается термической сварке, однако она кислородопроницаема, недостаточно прочна, неустойчива к маслам и жирам; полиэтилентерефталатная пленка безупречна в санитарно-гигиеническом отношении, прозрачна, прочна, мало газо-, паро- и водопроницаема, но плохо поддается термической сварке; полиамидные пленки обладают высокой прочностью, эластичностью, теплостойкостью, незначительной газопроницаемостью, но недостаточно устойчивы к влаге, трудно поддаются термической сварке и т. д.

Поэтому полимерную тару и упаковку стараются изготавливать из комбинированных материалов, сочетающих лучшие свойства отдельных компонентов. Подбирая необходимое сочетание составляющих одинарных пленок, можно получить многослойный упаковочный материал практически с любыми заданными свойствами. Особенно широкое распространение получила пленка полиэтиленполиамид.

Комбинированные упаковочные материалы получают не только из многослойных полимерных пленок, но и из бумаги или картона с полимерами или из алюминиевой фольги с полимерами и т. д.

Большое распространение в упаковочной технике имеет комбинированный материал целлофан-полиэтилен, сочетающий высокую механическую прочность и малую газопроницаемость целлофана с влагостойкостью, эластичностью и способностью к термической сварке полиэтилена.

В последние годы вместо парафинированных бумаги и картона стали применять покрытия на основе микрокристаллического воска и различных полимеров. Такие материалы отличаются прочностью, эластичностью, влагостойкостью, высокими санитарно-гигиеническими качествами.

Упаковочные материалы на основе алюминиевой фольги наиболее надежно защищают пищевой продукт от действия внешней среды. Такие материалы имеют две основные структуры: полимер - алюминиевая фольга - полимер и полимер - бумага - алюминиевая фольга - полимер. Внешний слой полимера защищает материал от механических повреждений и от действия химических агрессивных факторов. Внутренний слой материала должен обеспечивать термическую сварку, защищать поверхность алюминиевой фольги от действия пищевого продукта.

Большое применение в пищевой промышленности имеют коробки и пакеты из бумаги и картона с полимерными покрытиями или вкладышами для замороженной продукции. Хорошо, например, сохраняют свое качество яблочный, виноградный, томатный, вишневый, черносмородиновый и другие

соки, фасованные в пакеты из комбинированных материалов: целлофан-полиэтилен (ПЦ-2), бумага с полиэтиленовым покрытием (типа «Тетрапак»), целлофан - алюминиевая фольга - полиэтилен.

Особенно удачной оказывается мелкая фасовка этих продуктов (0,25-0,5 кг) в пакеты, имеющие форму параллелепипедов и тетраэдров.

Пастообразные непастеризуемые виды пищевой продукции: джем, варенье, конфитюр, повидло, протертые яблоки с сахаром, сохранность которых обеспечивается высокой концентрацией осмотически деятельных веществ, целесообразно фасовать в мелкую полимерную тару на основе поливинилхлорида или полистирола (баночки, стаканчики, коробочки) на поточных высокопроизводительных линиях типа «Форм-Сил». Подобная линия фирмы «Хассиа» (ФРГ) установлена на некоторых консервных заводах нашей страны. Такого же типа линии, называемые «Пак-Форм», выпускают итальянские фирмы. Эти линии производят от 2000 (при вместимости упаковки 200-250 мл) до 7000- 8000 (при вместимости 30-50 мл) упаковок в час.

Жидкие пищевые продукты, стабильность качества которых при хранении основана на асептическом розливе или на добавлении консервантов, в настоящее время фасуют в бумажную или картонную тару с полимерными покрытиями (прямоугольную или тетраэдрическую) аналогично применяемой для фасовки молока длительного хранения. Такая тара состоит из нескольких слоев материалов по схеме лак (или парафин) - бумага - алюминиевая фольга - полиэтилен. Эти продукты фасуют также в полимерные бутылки.

Для изготовления консервов, сохранность которых должны быть обеспечена тепловой стерилизацией, используют полимерную тару на основе полиэтилентерефталата - полиэтилена, полипропилена, полиамида-11 и других теплостойких полимерных материалов, при этом особое внимание уделяется прочности сварных швов и мерам, позволяющим максимально удалить воздух из тары при фасовке с целью предупреждения возникновения

избыточного давления при стерилизации. Давление в аппарате на протяжении всего цикла должно превышать давление в таре, препятствуя раздуванию пакетов.

Возможна также стерилизация консервов в таре из жестких полимерных материалов (например, стаканах) на основе полиэтилена или полипропилена высокой плотности, укупоренных жестяными крышками.

Нашли применение полимерные упаковочные материалы (как отмечалось в главе II) для длительного хранения плодов и овощей, стойкость которых обеспечивается созданием модифицированной атмосферы.

Подбором полимеров по типу, толщине пленки и селективной газопроницаемости в ряде случаев удается добиться оптимальных условий газообмена и среды, обеспечивающих длительное хранение плодов и овощей. Мелкую упаковку (0,5-1 кг) - пакеты из полимерных материалов - из экономических соображений применяют главным образом для цитрусовых плодов, груш, ягод, а для более дешёвых плодов и овощей используют крупные упаковки (ящики, камеры) с полимерными вкладышами и облицовками.

Для постоянства состава газовой смеси внутри полимерной упаковки решающее значение имеет проницаемость ее для кислорода и диоксида углерода. Исследования показали, что для упаковки яблок и груш условие сохранения постоянного газового состава внутри упаковки может быть выражено следующим образом:

$$P_{CO_2} / P_{O_2} > 1,6,$$

где P_{CO_2} и P_{O_2} - проницаемость пленочного материала соответственно для диоксида углерода и кислорода.

Этому условию хорошо удовлетворяет полиэтиленовая пленка, для которой проницаемость диоксида углерода в 2-5 раз выше кислородопроницаемости.

Бумажно-металлическая тара. Самыми распространенными являются комбинированные банки для пастеризуемой продукции вместимостью 200,

300 и 400 г, полностью имитирующие обычные консервные банки с двумя одинаковыми металлическими концами. Корпус же изготавливается из рулонной или импрегнированной бумаги с использованием защитных бумажных материалов (пергамента, кашированной фольги, бумаги с полимерным покрытием), лака или парафина, связующих веществ (костного клея, поливинилацетатной эмульсии), многокрасочных этикеток и пр. Для изготовления концов используется белая и черная лакированная жечь, алюминий.

Картонная тара. Картонные ящики применяются для наружной упаковки консервов и консервной тары. Ящики изготавливаются из гофрированного картона и состоят из целых боковых и торцовых стенок и составных дна и крышки - внутренних и наружных клапанов. Внутренние размеры ящиков, марки картона и бумаги, масса груза, размещение банок в ящике, размеры и количество перегородок и прокладок между ними приводятся в соответствующем государственном общесоюзном стандарте. В зависимости от типа и размера банок масса груза в картонных ящиках составляет 15-30 кг.

Деревянная тара. Некоторые виды консервной продукции, сохраненной благодаря осмотически деятельным веществам - сахару или соли (повидло, джем, варенье, томат-паста), молочной или уксусной кислоте (соления, квашения, маринады) или антисептикам (сульфитированные плоды и пюре), иногда фасуют в деревянные бочки.

Бочки изготавливают из древесины лиственных и хвойных пород: осины, липы, березы, осокоря, ели, кедра, лиственницы.

Бочки состоят из основы и днищ, которые делают из клепок прямоугольной формы. Влажность клепок не должна превышать 18%. Необходимо, чтобы клепки основы и днищ были выструганы с наружной и внутренней сторон.

Бочки должны быть симметричной правильной формы, без перекосов, впадин и выпуклостей; надломленных клепок быть не должно. Бочки плотно

стягивают обручами, расположенными с обоих концов симметрично. Концы стального обруча соединяются заклепками или электросваркой.

Иногда в бочках высверливают по одному-два наливных отверстия: на укупорочном дне или на клепках основы. Пробки для закупорки наливных отверстий изготавливают конусообразные.

Внутренняя поверхность бочек должна быть чистой, не иметь постороннего запаха, не свойственного данной породе древесины.

Кроме бочек для фасовки цукатов, пастилы, повидла, сушеных плодов и овощей используют также тесовые и фанерные ящики. Отдельные части ящика соединяют гвоздями, вязальной проволокой, стальной упаковочной лентой.

ГЛАВА V

ФАСОВКА, ЭКСТАУСТИРОВАНИЕ И ГЕРМЕТИЗАЦИЯ

Перед поступлением на фасовку консервная тара должна быть тщательно осмотрена и подвергнута санитарной обработке для удаления загрязнений и обеззараживания от микроорганизмов.

Жестяные банки, как правило, изготавливаются на том же консервном заводе, где производится фасовка в них консервов. Поэтому путь, проходимый тарой от места изготовления до места фасовки, прямой, короткий, без всяких перевалочных пунктов, где тара могла бы загрязниться и инфицироваться. К тому же процесс изготовления жестяных банок механизирован, а белая жесть, из которой изготовлены банки, прибывает на консервный завод в упаковке, исключающей ее загрязнение.

Вот почему поступающая в технологический цех тара только осматривается для отбраковки деформированных банок (с вмятинами, нарушенной отбортовкой и другими дефектами). Далее порожние банки выборочно проверяют на герметичность, а затем шприцуют горячей водой и острым паром и подают для наполнения.

Наиболее простой способ проверки порожних банок на герметичность - закатывание их с небольшой порцией (0,5-1,5 мл) низкокипящей жидкости, лучше всего - серного эфира. При опускании в горячую воду (85-90°C) эфир закипает, превращается в газообразное состояние и в банке образуется избыточное давление. Если банка негерметична, то в местах негерметичности (в закаточных или продольных швах) происходит видимая глазу утечка газов в виде пузырьков.

Гораздо сложнее подготовить к фасовке стеклянную тару. Она изготавливается на специализированных заводах, часто расположенных на далеком расстоянии от консервного завода (иногда в другом городе). Поэтому ее приходится перевозить железнодорожным, водным и автомобильным транспортом с множеством перевалочных инстанций.

Для перевозки стеклянной тары используются картонные или деревянные ящики, однако допускается транспортировка банок вместимостью 1 л и выше и без ящиков, штабелями, с перекладыванием рядов банок соломой, стружкой или другими упаковочными материалами.

Прибывшую на завод стеклянную тару хранят в закрытых помещениях или под навесом в упаковочных ящиках или штабелями.

Таким образом, условия транспортировки и хранения стеклянной тары не исключают загрязнения ее, запыления, инфицирования и даже механического боя, щербления венчика горла и попадания мелких осколков стекла внутрь банок. Поэтому прибывшую на завод стеклянную тару перед подачей на фасовку продукции тщательно осматривают, моют с применением разнообразных моющих средств и дезинфицируют.

При осмотре визуально проверяют наличие дефектов: трещин, посечек, щербления и т. п. Банки с недопустимыми дефектами бракуют. Далее банки калибруют по основным размерам венчика горла и высоте. Выборочно проверяют качество отжига стекла с помощью поляроидных полярископов, действие которых основано на изменении оптических свойств стекла при наличии в нем внутренних напряжений.

Осмотр стеклянной тары производится как при поступлении ее на склад для хранения, так и перед мойкой. При этом вновь отбирают банки битые, с трещинами, щербинами, посечками, стрелками на дне и другими дефектами, которые могли остаться при предварительном осмотре незамеченными или образоваться в процессе подачи тары в цех. Кроме того, в соответствии с действующими инструкциями каждую банку или бутылку необходимо поворачивать вверх дном и встряхивать, для удаления осколков стекла, которые могут находиться внутри. Нужно также помещать стеклянную тару над соплом сжатого воздуха для выдувания прилипших к стенкам мелких осколков стекла и стеклянной пыли, которые могли попасть в банки еще на стеклотарном заводе и при всех последующих операциях с пустой тарой.

Стеклянные банки полагается мыть лишь на автоматических или полуавтоматических моечных машинах, в которых осуществляются следующие операции: отмочка в теплой (45°C) воде, отмочка в специальном моющем растворе при 80°C , шприцевание щелочным раствором при 80°C , шприцевание оборотной водой при 85°C и чистой водой при 90°C . Общая продолжительность процесса мойки банок 5-10 мин в зависимости от особенностей конструкции моечной машины. Мойка банок ручным способом в ваннах разрешается в виде исключения. Грязное стекло очень плохо смачивается обычной водой (угол смачивания высок, примерно $60-65^{\circ}$), поэтому без применения специальных моющих средств осуществить эффективный процесс мойки нельзя,

В рецептуру моющих растворов входят каустическая сода (едкий натр), кальцинированная сода (углекислый натрий), тринатрийфосфат, жидкое стекло (силикат натрия), сульфенол, метасиликат натрия, поверхностно-активные вещества, разрешенные Минздравом СССР, и некоторые другие вещества в разных сочетаниях и концентрациях.

Так, каустическая сода применяется в концентрациях 0,65-3%, поверхностно-активные вещества - в количестве 0,2-0,4%, тринатрийфосфат - 0,3-1,5% и т. д.

Входящая во все рецептуры моющих растворов едкая щелочь NaOH обладает наилучшей из всех компонентов смачивающей способностью и наиболее высоким бактерицидным действием. Тринатрийфосфат - $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, добавляемый в моющую жидкость в небольшом количестве, переводит содержащиеся в воде соли жесткости в легкорастворимые соединения, умягчает ее. При мойке стеклянной тары тринатрийфосфат позволяет предотвратить образование серого налета на чистой банке и осадка на носителях моечных машин. Силикат натрия - $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 11\text{H}_2\text{O}$ обладает сильным эмульгирующим (в отношении жировых загрязнений) действием. Естественно, что моющее действие усиливают синтетические поверхностно-активные вещества, которые позволяют также полностью удалить следы

растворителя с вымытых банок. Установлено, что особенно действенным средством для отмыва возвратной, наиболее загрязненной консервной стеклянной тары является водный раствор, содержащий 3,5% ОП-10 (продукт обработки смеси алкилфенолов окиси этилена) и 1,5% П-16 (смесь натриевых солей продуктов сульфирования тетраизопропилдифенилметана).

Характеристика свойств моющих средств приведена в табл. 13 (по данным В.Г. Свириды, Н.А. Пигулевского и В.И. Петкевича).

Насколько эффективно осуществлен процесс, мойки стеклянной тары, можно судить по углу смачивания, который после этой операции резко снижается.

Чистую новую тару можно мыть горячей оборотной водой с температурой 75-85°C в течение 2-5 мин и ополаскивать горячей чистой водой с температурой 90-95°C в течение 0,7-1 мин.

Поступающие на фасовку банки должны удовлетворять требованиям, устанавливающим не только физическую чистоту, но и чистоту бактериальную. В частности, процесс мойки должен обеспечить удаление микроорганизмов с внутренней поверхности тары не менее чем в 99% вымытых банок. При этом микробиальная загрязненность вымытой тары не должна превышать 500 клеток на внутренней поверхности банки. Поэтому в случае, когда мойка тары не обеспечивает требуемой бактериальной чистоты, необходимо после мойки продезинфицировать тару, погружая ее на 1-2 мин в подогретые до 50°C растворы, содержащие активный хлор (хлорной извести, хлорамина и т. п.) - 100 мг/л. После дезинфекции банки путем шприцевания ополаскивают горячей водой с температурой 90-95°C до полного удаления дезинфектанта.

Таблица 13- Характеристика свойств моющих средств

Свойства моющих средств	Степень интенсивности действия			
	Максимальная	Средняя	Ниже среднего уровня	Минимальная
Смачивающая способность	NaOH	Na ₂ SiO ₃ -11H ₂ O	Na ₃ PO ₄	Na ₂ CO ₃
Эмульгирующая способность (удаление масел и жиров)	Na ₂ SiO ₃ -11H ₂ O	Na ₃ PO ₄ -12H ₂ O	Na ₂ CO ₃	NaOH
Растворение сухих веществ протеинов	Na ₂ SiO-11H ₂ O	NaOH	Na ₂ CO ₃	Na ₃ PO ₄ -12H ₂ O
Разрушение загрязнений	Na ₂ SiO ₃ -11H ₂ O	Na ₃ PO ₄ -12H ₂ O	NaOH	Na ₂ CO ₃
Бактерицидное действие	NaOH	Na ₂ SiO ₃ -11H ₂ O	Na ₂ CO ₃	Na ₃ PO ₄ -12H ₂ O
Степень смываемости струей воды	Na ₃ SiO ₃ -11H ₂ O	Na ₂ SiO ₃ -11H ₂ O	Na ₂ CO ₃	NaOH

Завершающий процесс санитарной обработки стеклянной тары - шпарка острым паром. Она производится в тех случаях, когда процесс мойки не обеспечивает требований к бактериальной чистоте, а дезинфекция почему-либо не применяется. Кроме того, шпарка необходима для поддержания высокой температуры тары во избежание термического боя при фасовке очень горячей продукции.

Шпарку стеклянной тары производят в технологическом цехе в закрытых камерах в течение, по крайней мере, 1 мин. На шпарку подают

банки непосредственно после ополаскивания чистой горячей водой, причем во избежание остывания обработанных банок шпарочная аппаратура должна располагаться на расстоянии не более 2 м от места фасовки.

Металлические крышки вразброс укладывают в сетки и шпарят в кипящей воде 2-3 мин.

Фасуют консервы машинным способом или вручную.

При фасовке следят за соблюдением установленной массы нетто и соотношением компонентов консервов.

Большинство консервов состоит из двух компонентов: твердой части - плодов, овощей, рыбы, мяса и жидкой - сиропа, рассола, томатной заливки, бульона. К ним относятся консервы типа компотов, маринадов, рыбы в томатном соусе и масле и т. п.

Бывают консервы многокомпонентные, в которых твердая часть представлена несколькими видами сырья и содержится жидкая фаза. К ним относятся, например, овощные закусочные консервы типа фаршированного перца или баклажанов, содержащие основное сырье, морковный фарш и томатный соус.

Существуют и однокомпонентные консервы, пюре - или пюреобразные, жидкие или густые однородные массы, такие, например, как томатная паста, протертые фрукты, натуральные соки и соки с мякотью, повидло и пр.

При составлении рецептуры исходят из того, что основную ценность консервов представляет сырье, т. е. твердая часть, а не жидкая. Поэтому сырье стараются поместить в банку поплотнее, а жидкой части наливают столько, сколько требуется для заполнения промежутков между твердыми частями консервов (как правило, 60-70% твердой части и 40-30% жидкой). Конечно, жидкая часть консервов, содержащая томат-пюре, сахар, соль, пряности (перец горький, душистый и др.), жиры и другие компоненты, повышает в определенной мере пищевую ценность и улучшает вкус консервов, их усвояемость, придает им остроту, облегчает равномерное распределение тепла при последующей стерилизации.

Рецептура - один из основных документов при выработке консервов. Она отражает апробированные десятками лет вкусы потребителей и должна строго соблюдаться. При излишней жидкой части снижается содержание сухих веществ в консервах, жира и других питательных веществ. При недостатке жидкой части вкус консервов ухудшается, они делаются слишком сухими и хуже прогреваются при стерилизации. Кроме того, изменения в рецептуре приводят к нарушению установленных и утвержденных норм расхода сырья на единицу готовой продукции.

Рецептуру принято давать в процентах от массы нетто фасуемого продукта или же в килограммах на 1 т консервов при укладке. Учитывая возможные и часто неизбежные колебания в дозировке составных частей, в рецептуре иногда указывают определенные их пределы.

В табл. 14 приведена рецептура некоторых компотов.

Таблица 14- Рецептура некоторых компотов

Сырье	плоды	сахарный сироп	Концентрация сиропа при заливке, %
	кг на 1000кг компотов при укладке		
Абрикосы целыми плодами	604	396	38
Айва дольками	709	291	43
Вишня с косточкой	693	307	60
Груши половинками без кожицы	674	326	36
Персики целыми плодами без кожицы	639	361	35
Сливы сорта Венгерка половинками	651	349	26
Черешня с косточкой	716	284	35
Яблоки половинками без кожицы	641	359	26

Здесь количество каждого компонента указано одной цифрой.

В табл. 15 приведены рецептуры некоторых овощных консервов.

Таблица 15 - Рецептуры некоторых овощных консервов

Консервы	Основное сырье	Фарш	Томатный соус или заливка	Масло растительное

	% к массе укладываемых проектов			
«Перец фаршированный овощами, в томатном соусе»	22-28	37-43	30-36	2,0
«Томаты фаршированные овощами, в томатном соусе»	32-38	27-33	29-35	3,0
«Баклажаны, фаршированные овощами в томатном соусе»	37-43	22-28	30-36	2,0
«Зеленый горошек»	65-70	-	35-30	-
«Фасоль стручковая»	60-65	-	40-35	-
«Цветная капуста»	55-60	-	45-40	-
«Кукуруза сахарная»	60-65	-	40-35	-

В этой таблице состав компонентов указан в определенных пределах. Следует заметить, что, поскольку некоторые составные части консервов в свою очередь являются многокомпонентными (например, фарш, томатный соус, заливка), рецептура их приводится отдельно. Например, заливка для консервов «Зеленый горошек» и «Кукуруза сахарная» должна содержать 3% соли поваренной и 3% сахара; заливка консервов «Фасоль стручковая» - только 3% соли; заливка консервов «Цветная капуста» - 2,5% соли и 0,2% лимонной кислоты.

Рецептура фарша для овощных закусочных консервов приведена ниже.

Компоненты	%к массе готового фарша
Морковь обжаренная	76,0
Белые корни обжаренные ¹	8,0
Зелень свежая ²	3,0
Лук обжаренный	11,0
Соль	2,0

В табл. 16 приведена рецептура томатного соуса для овощных закусочных консервов (содержание компонентов указано в процентах).

В рецептуре указано сырье, прошедшее все операции технологического процесса (кратковременное хранение на сырьевой площадке, чистку, резку, обжарку и т. д.). На каждой такой операции имеются нормированные потери и отходы, зная которые, можно рассчитать количество сырья на изготовление 1т готовой продукции (так называемую норму расхода).

Расчет зависит от указаний, приводимых в соответствующих технологических инструкциях относительно количества тех или иных потерь и отходов, а также от рецептуры консервов.

Таблица 16 – Рецептура томатного соуса

Компоненты	«Баклажны фаршированные в томатном соусе»	«Перец фаршированный в томатном соусе»	«Томаты фаршированные в томатном соусе»
Томатная масса 8%-ная	89,71	90,45	85,65
Мука	-	1,0	3,0
Сахар	7,14	6,2	8,2
Соль	3,1	2,3	3,1
Перецдушистый молотый	0,03	0,03	0,03
Перецгорький молотый	0,02	0,02	0,02

Нужно сказать, что в обозначении количества отходов и потерь в технологических инструкциях нет единообразия.

Иногда потери и отходы того или иного вида сырья указывают суммарно, в процентах к исходному (т. е. поступившему на переработку) количеству сырья. Так принято указывать потери и отходы в производстве компотов.

В производстве натуральных плодово-ягодных соков показывают отдельно отходы при прессовании, отдельно - все потери на технологических операциях и общую сумму потерь и отходов.

Для овощных и закусочных консервов потери и отходы обычно указывают на нескольких технологических операциях (например, чистке, обжарке и т. д.), причем соответствующие проценты выводят по отношению к количеству сырья, поступившего на данную технологическую операцию. Поскольку такие проценты берутся от разных количеств сырья, суммировать их нельзя.

Расчет норм расхода, сырья на 1000 кг готовых консервов при условии, что проценты потерь и отходов указываются суммарно по отношению к сырию, поступившему на переработку производится следующим образом.

Обозначим количество сырья, предусмотренное рецептурой на 1000 кг продукта, через S кг, а суммарный процент потерь и отходов в производстве - x . Тогда, если общее количество сырья, поступившего на переработку для изготовления 1000 кг консервов, - T принять за 100%, рецептурное количество сырья S составит $100 - x\%$. Искомая норма расхода сырья T находится из пропорции:

$$\begin{aligned} S &= 100 - x \\ T &= 100 \\ T &= S \cdot 100 / (100 - x) \end{aligned} \quad (3.50)$$

Пример. Потери и отходы абрикосов в производстве компотов составляют 8%. По рецептуре в 1000 кг этих компотов при фасовке содержится 604 кг плодов и 396 кг сиропа. Тогда норма расхода абрикосов на изготовление 1 т компотов будет:

$$T_{\text{абр}} = 604 \cdot 100 / (100 - 8) = 657 \text{ кг.}$$

Что касается нормы расхода сахара, то для расчета ее необходимо в формулу (50), дающую возможность рассчитать норму расхода сиропа, ввести значение концентрации сиропа (α %). Тогда формула (50) примет вид:

$$\begin{aligned} T_{\text{сах}} &= [S_c \cdot 100 / (100 - x_c)] \cdot \alpha / 100, \\ T_{\text{сах}} &= S_c \alpha / (100 - x_c). \end{aligned} \quad (3.51)$$

где S_c - количество сиропа в 1000 кг компотов по рецептуре, кг; x_c - потери сиропа при изготовлении, %.

Потери сиропа в производстве компотов принимаются равными 1,5%, концентрация сиропа для заливки абрикосов по таблице составляет 38%, а количество сиропа в 1 т компота при фасовке - 396 кг. Тогда норма расхода сахара будет:

$$T_c = 396 \cdot 38 / (100 - 1,5) = 153 \text{ кг.}$$

Аналогично по формуле (50) ведется расчет норм расхода сырья на 1000 кг натуральных плодово-ягодных соков.

Допустим, что в производстве яблочного неосветленного сока суммарные отходы и потери составляют 40%. Тогда норма расхода яблок на 1000 кг будет:

$$T_{яб} = 1000 \cdot 100 / (100 - 40) = 1667 \text{ кг.}$$

В том случае, когда потери и отходы обозначаются не суммарно, а отдельно в процентах к сырью, поступившему на данную технологическую операцию, расчет нормы расхода ведется несколько иначе.

Допустим, что в технологическом процессе имеются потери на трех операциях, обозначенные последовательно x_1 , x_2 и x_3 . Если обозначить количество сырья, предусмотренное рецептурой на 1 т консервов, S кг, то количество сырья S_3 , поступившее на последнюю, третью, технологическую операцию, где имеются отходы x_3 (и принимаемое за 100%, ибо от него ведется отсчет отходов x_3), можно найти из пропорции:

$$\begin{aligned} & S_3 - 100 \\ & S - 100 - x_3 \\ & S_3 = S \cdot 100 / (100 - x_3). \end{aligned}$$

Аналогично можно найти количество сырья S_2 , поступившее на предыдущую операцию, где имеются отходы x_2 :

$$S_2 = S_3 \cdot 100 / (100 - x_2) = S \cdot 100 \cdot 100 / [(100 - x_3)(100 - x_2)].$$

Наконец, количество сырья, поступившее на первую операцию, где имеются отходы x_1 , принимаемое также за 100%, находится следующим образом:

$$S_1 = S_2 \cdot 100 / (100 - x_1) = S \cdot 100 \cdot 100 \cdot 100 / [(100 - x_3)(100 - x_2)(100 - x_1)].$$

Но ведь количество сырья S_1 , поступившее на первую операцию, и есть искомая норма расхода сырья на 1000 кг готовой продукции, которую принято обозначать буквой T . Тогда для данного случая норма расхода сырья определится по формуле

$$T = S \cdot 100^3 / [(100 - x_1)(100 - x_2)(100 - x_3)],$$

а в общем виде для этого варианта

$$T = S \cdot 100^n / [(100 - x_1)(100 - x_2) \dots (100 - x_n)] \quad (3.52)$$

где S - количество сырья, предусмотренное рецептурой на 1000 кг консервов, кг;

$x_1, x_2, \dots, x_n$ - потери и отходы на операциях, % к сырью, поступившему на данную операцию;

n - число операций, где имеются потери или отходы.

Пример. Требуется рассчитать норму расхода моркови на изготовление 1т консервов «Перец фаршированный в томатном соусе» при условии, что имеется 5 технологических операций, на которые указаны потери и отходы: чистка - 10,5%, у жарка- 45-50%, обжарка - 2%, остывание - 2% и укладка - 1%;

При выборе рецептуры консервов по табл. 15 принимаем, что процент фарша равен среднему значению, из указанных пределов 37-43, т. е. 40%.

Тогда, считая, что процент моркови в фарше составляет 76%, находим, что на 1000 кг консервов приходится

$$1000 \cdot 40 \cdot 76 / (100 \cdot 100) = 304 \text{ кг моркови.}$$

Следовательно, искомая норма расхода моркови по формуле составит

$$T_m = 304 \cdot 100^5 / [(100-10,5) (100-47,5) (100-2) (100-2) (100-1)] = 680 \text{ кг.}$$

За видимый процент у жарки в формуле принята средняя величина из указанных пределов 45-50, т. е. 47,5%.

Технологические расчеты усложняются, если в процессе производства сырье подвергается увариванию и концентрация сухих веществ в нем возрастает. Так происходит, например, в производстве джемов, варенья, конфитюров, повидла, томатной пасты и т. п.

В этом случае учитывают количество компонентов, поступивших на варку, содержание сухих веществ в них до варки и в готовом продукте. Далее расчет ведут следующим образом.

Допустим, что на варку поступают 3 компонента (как, например, в производстве джемов): очищенные плоды, сахар и желирующий сок. Обозначим соответствующие рецептурные количества A , B и C кг, а содержание сухих веществ в каждом компоненте r_1 , r_2 и r_3 %.

Тогда масса сухих веществ, поступивших на варку с плодами, составит $A r_1 / 100$ кг. С сахаром вносится $B r_2 / 100$ кг сухих веществ; с желирующим соком - $C r_3 / 100$ кг сухих веществ.

Таким образом, с рецептурными количествами компонентов на варку подается сухих веществ

$$A r_1 / 100 + B r_2 / 100 + C r_3 / 100 \text{ кг.}$$

С другой стороны, это же количество сухих веществ останется в сваренном джеме, массу которого можно обозначить D кг, содержание сухих веществ в нем R %. Тогда можно записать равенство:

$$(A r_1 + B r_2 + C r_3) / 100 = D R / 100, \text{ или}$$

$$A r_1 + B r_2 + C r_3 = D R,$$

откуда выход джема из суммы рецептурных компонентов составит

$$D = (A r_1 + B r_2 + C r_3) / R. \quad (3.53)$$

Теперь можно рассчитать количество очищенного сырья, которое нужно подать на варку для получения 1000 кг джема. Этот расчет делается на основании пропорции-

$$\frac{A - D}{S - 1000}$$

Отсюда

$$S = A \cdot 1000 / D \text{ кг.} \quad (3.54)$$

Следовательно, норма расхода плодов (неочищенных) на 1000 кг джема с учетом суммарных потерь и отходов x % будет:

$$T = S \cdot 100 / (100 - x), \text{ или}$$

$$T = A \cdot 1000 - 100/[D (100 - x)]. \quad (3.55)$$

Если подставить в формулу (55) значение D из выражения (3.53), то получим

$$T = A \cdot 1000 \cdot 100R/[(Ar_1 + Br_2 + Cr_3)(100 - x)). \quad (3.56)$$

Пример. На варку абрикосового джема согласно существующим технологическим инструкциям поступает: плодов - 100 ч., сахара - 120 ч., сока - 15 ч.

Если принять, что в абрикосах содержится 13% сухих веществ, в сахаре - 99,85%, а в желирующем соке - 10%, то с учетом 15% отходов и потерь плодов при переработке норма расхода сырья на изготовление 1000 кг джема по формуле составит:

$$T_{аб} = 100 \cdot 1000 \cdot 100 \cdot 69/[(100 \cdot 13 + 120 \cdot 99,85 + 15 \cdot 10)(100-15)] = 604 \text{ кг.}$$

Расчет ведется на стерилизованный джем, содержание сухих веществ в котором составляет 69%.

Этот же расчет можно сделать и по стадиям, т. е. сначала рассчитать выход джема по формуле (53):

$$D = (100 \cdot 13 + 120 \cdot 99,85 + 15 \cdot 10)/69 = 194,7,$$

потом составить пропорцию, найдя количество очищенного сырья, необходимое для получения 1000 кг джема, по формуле (3.54).

$$S = 100 \cdot 1000/194,7 = 513,6 \text{ кг}$$

и, наконец, по формуле рассчитать норму расхода плодов на 1000 кг джема:

$$T = 513,6 \cdot 100/(100-15) = 604 \text{ кг.}$$

По формуле (56) можно определить норму расхода и других компонентов джема, если вместо A подставить значения B - сахара или C - сока из рецептуры, а в качестве a: взять указанные для каждого из этих компонентов потери в производстве.

По аналогичной схеме ведется расчет норм расхода сырья и материалов на 1000 кг варенья, повидла и конфитюра.

При фасовке следят за соблюдением не только соотношения компонентов консервов, но и массы нетто в целом, ориентируясь на действующие республиканские прейскуранты. В этих прейскурантах применительно к каждому виду консервов приведены нормированные Государственным комитетом по ценам республики массы нетто, на которые имеются утвержденные цены. Поскольку выпускать консервы можно лишь при наличии утвержденных цен на них, предприятия обязаны подгонять массу нетто продукта в той или иной таре под ближайшее нормированное прейскурантом значение с допустимым отклонением $\pm 2-3\%$.

Поэтому, выпуская, например, джем в литровой стеклянной таре, предприятие обязано придерживаться нормированной массы нетто 1200, 1250 или 1300 г с отклонением $\pm 3\%$.

В зависимости от типа пищевого продукта фасовка его машинами может производиться двумя способами. Однородные консервы - жидкие, пюре и пюреобразные (соки, соусы, икра, пасты и т.п.) - фасуются с помощью так называемых объемных наполнителей с мерными сосудами, внутренний объем которых соответствует подаваемой в тару дозе продукта.

Если консервы состоят из двух компонентов, то овощи, плоды или рыбу чаще всего укладывают вручную (хотя существуют и машинные устройства для укладки некоторых видов твердых частей консервов), а жидкую часть - томатный соус, сирой, рассол - дозируют с помощью наполнителей до постоянного уровня. В этих устройствах роль емкостей, отмеривающих необходимую порцию, играет сама заполняемая тара. В зависимости от того, на какую высоту нижний патрон рабочего стола поднимает банку, в нее дозируется жидкость до того или иного уровня (например, на 10 мм ниже верхней кромки банки). Эти наполнители менее точны, чем объемные, так как при колебаниях объема тары (особенно - стеклянной, при изменении толщины стенок), в банки подается разное количество жидкости.

Таблица 17- Массы нетто некоторых консервов

Консервы	Банки металлически е		Тара стеклянная вместимостью мл			
	8	9	200	350	500	1000
Консервы из томатов «Томаты натуральные целые»	-	-	-	-	510	950
«Сок томатный натуральный»	-	350	200	-	500	1000
«Томатная паста 30%-ная»	-	375	210	375	560	1050
«Соус томатный острый»	-	-	200	350	500	-
Консервы овощные закусочные «Овощи фаршированные в томатном соусе»	330	-	-	330	510	965
«Икра овощная»	335	-	200	335	510	-
«Перец резаный с фаршем в томатном соусе »	345	-	-	345	500	965
Натуральные овощные консервы «Горошек зеленый»	-	360	-	-	520	970
«Кукуруза сахарная»	330	365	-	-	515	-
Консервы плодоягодные «Компот абрикосовый с косточками»	-	-	-	-	535	1000
«Компот абрикосовый половинками»	-	-	215	340	545	1020
«Компот вишневый»	-	-	190	345	570	1070
Соки плодоягодные	-	-	200	350	500	1000
Варенье и джем	-	400	-	400	650	1250

Следует иметь в виду, что, стремясь избежать несоблюдения нормированных значений масс нетто и упреков в недовесе, на заводах нередко проявляют склонность к переполнению банок. Между тем, как это будет показано в главе X, переполнение тары, особенно стеклянных банок, приводит к возникновению высокого избыточного давления в них при стерилизации, которое может вызвать срыв крышек с горловины банок, нарушение герметичности и укупорки и даже разрушение тары. Стеклянные банки обжимные, типа II более чувствительны к этому фактору, чем банки типа I обкатные.

Наполненные банки передают на герметизацию или сначала на эксгаустирование.

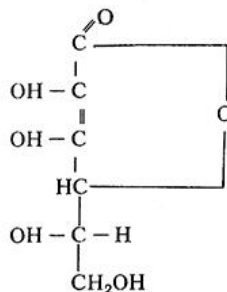
Эксгаустированием называется процесс удаления воздуха из банки с продуктом перед ее герметизацией (от английского слова «exhaust» -

разрезать, выкачивать, вытягивать). В консервном производстве применяется еще и другой процесс-удаление воздуха из продукта, когда он еще не фасован в тару, а находится в каком-либо аппарате. Такой процесс называется деаэрацией, а соответствующий аппарат, в котором он осуществляется, - деаэратором. При эксгаустировании воздух удаляется не только из продукта, но и из свободного, не заполненного продуктом пространства банки.

Наличие воздуха в герметизированной банке может привести только к отрицательным последствиям.

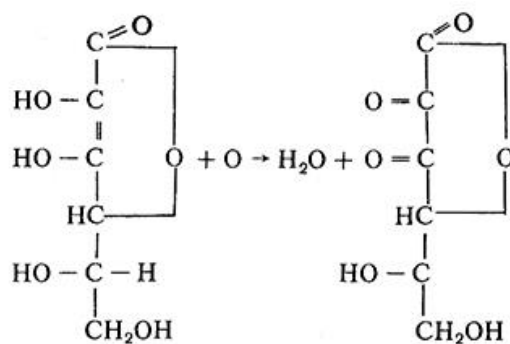
Во-первых, в присутствии воздуха при последующей высокотемпературной обработке во время стерилизации разрушаются некоторые биологически активные вещества продукта, такие, например, как аскорбиновая кислота.

Вообще говоря, сама по себе восстановленная форма аскорбиновой кислоты



является устойчивой к нагреванию, так что разрушение витамина С при стерилизации пищевых продуктов связано не столько с действием высокой температуры, сколько с влиянием кислорода воздуха при нагревании.

Разрушение аскорбиновой кислоты происходит в несколько стадий. Сначала восстановленная форма ее переходит в дегидроформу по схеме



Хотя образовавшаяся дегидрированная форма витамина С также является биологически активной, однако в отличие от восстановленной формы она нетермоустойчива из-за наличия двух лабильных кетонных групп и в дальнейшем необратимо разрушается с образованием щавелевой и триоксимасляной кислот.

С. И. Лахтионова экспериментально подтвердила, что процесс разрушения аскорбиновой кислоты протекает в соответствии с закономерностями химических реакций первого порядка, и показала, что константа скорости реакции термической деградации аскорбиновой кислоты в присутствии воздуха имеет в 10-20 раз большие значения, чем в отсутствие кислорода.

Во-вторых, наличие кислорода воздуха в банке может вызвать коррозию металлической тары в процессе стерилизации и хранения консервов.

По современным воззрениям, коррозия металлической консервной тары представляет собой электрохимический процесс, связанный с работой множества микрогальванических элементов (МГЭ), находящихся на поверхности жестяных банок.

Происхождение МГЭ разное. С одной стороны, МГЭ образуются в порах оловянного покрытия, где оголена железная основа и где, следовательно, имеются два соприкасающихся металла-электрода, погруженных в пищевой продукт, являющийся электролитом. Таким образом, получается гальванический элемент Sn - продукт - Fe [14].

Другие типы МГЭ получаются в результате работы гальванопар, образованных промежуточными слоями между железной основой и

оловянным покрытием. Таких промежуточных слоев - электродов не меньше трех. Имеется слой FeSn_2 , который образует с соединенным с ним слоем олова сопряженный потенциал $\text{FeSn}_2 + \text{Sn}$. Таким образом, возникает гальванический элемент Sn - продукт - $\text{FeSn}_2 + \text{Sn}$. Далее в глубину расположены гальванопары $\text{FeSn}_2 + \text{Sn}$ - продукт - FeSn_2 и FeSn_2 - продукт - Fe .

Наконец, на поверхности жестяной тары, соприкасающейся с продуктом, множество гальванических элементов, образованных одним лишь оловом, которое весьма неоднородно как в химическом отношении, так и по физической структуре, да к тому же находится в гетерогенной пищевой среде. Потенциал оловянного электрода в значительной степени зависит от содержания в растворе соединений, образующих с оловом комплексы, а также от содержания в продукте кислорода, сероводорода и других окислителей, и восстановителей. Из-за неодинаковых условий диффузии к отдельным макро-и микроучасткам гальванопар будут подводиться с различной скоростью комплексообразователи, окислители и восстановители. С разной скоростью будут отводиться от электродов и продукты коррозии. В результате этого возникает разность потенциалов между отдельными участками олова, расположенными в неодинаковых условиях, и находящимися рядом микрокристалликами Sn , которые могут рассматриваться как два разных электрода с неодинаковым потенциалом. Таким образом, получается еще один тип МГЭ: Sn - продукт - Sn .

Известно, что если погрузить два соединенных между собой металла (Me , и Me_2) в электролит, то при наличии неодинаковых потенциалов этих электродов и благодаря образованию контактной разности потенциалов Me_1/Me_2 происходит переход электронов с одного электрода - Me_1 (являющегося более электроотрицательным) на другой - Me_2 . Возникает электрический ток, это - физическая сторона процесса [10].

Из-за перехода электронов с Me_1 на Me_2 нарушается равновесие двойного электрического слоя на обоих электродах, из-за чего с электрода

Me, выделится в электролит некоторое количество ионов Me_1^+ а на электроде Me_2 разрядится соответствующее количество ионов Me_2^+ , превратившись в металл Me_2 . Это уже будет химическая сторона процесса.

Таким образом, снова возникает разность в зарядах электродов, вызывающая переход электронов с Me_1 на Me_2 , т. е. появление электрического тока, и дальнейшее течение описанных переходов ионов - химическая сторона механизма работы гальванического элемента. В результате создается самопроизвольно протекающий электрохимический окислительно-восстановительный процесс, при котором Me_1 имеющий электроотрицательный потенциал, будет растворяться (окисляться), а на Me_2 будут разряжаться (восстанавливаться) ионы Me_2^+ и выделяться в металлическом виде Me_2 .

В теории коррозии активный, т. е. более электроотрицательный, растворяющийся электрод называется анодом, а парный электрод, на котором происходят восстановительные реакции, - катодом.

Возвращаясь к коррозии жестяной тары, нужно сказать, что вопрос о том, какой из металлов (олово или железо) является анодом, а какой - катодом, не так элементарен, как может показаться, если посмотреть в таблицу напряжений. В этой таблице железо[^] имеющее нормальный электроотрицательный потенциал - 440 мВ стоит выше, чем олово, нормальный потенциал которого составляет всего -136 мВ. Получается, что в электрохимических процессах анодом должно быть железо, а катодом - олово, т. е. в результате работы гальванического элемента Fe - продукт - Sn должно происходить растворение железа с выделением водорода на катоде.

На самом деле все происходит гораздо сложнее. Прежде всего, значения нормальных потенциалов металлов (так называемый ряд напряжений), приведенные во всех руководствах по физической химии, относятся только к воде при температуре +25°C. Однако эти потенциалы резко изменяются при погружении металлов в растворы, причем в зависимости от химического состава среды металлы могут становиться то более, то менее

электроотрицательными. Поэтому не только в разных консервах олово и железо могут играть роль анода или катода, но даже в одном и том же продукте, в одной и той же консервной банке из-за упомянутой выше гетерогенности среды и неодинаковой скорости диффузии ионов образующихся продуктов коррозии происходит обращение полюсов.

Таким образом, процесс электрохимической коррозии в консервной банке протекает с растворением как олова, так и железа, причем в разных консервах по-разному.

В табл. 18 приведены потенциалы металлов, участвующих в коррозии жестяной тары, содержащей томатную пасту и компот из клубники.

Таблица 18- Потенциалы металлов, участвующих в коррозии жестяной тары

Металл	Электродный потенциал, мВ	
	томатная паста	компот из клубники
Sn	-610	-550
FeSn ₂ +Sn	-564	-540
FeSn ₂	-540	-530
Fe	-550	-545

Анализируя эту таблицу, можно сказать, что в томатной пасте будет происходить растворение олова, электроотрицательный потенциал которого в этих условиях наибольший - 610 мВ. При этом оголяется слой FeSn₂. Так как сопряженный с ним потенциал FeSn₂+ Sn - следующий по значению после потенциала олова (-564 мВ), то этот слой также будет защищать от растворения железа, потенциал которого менее электроотрицателен (-550 мВ). Однако, будучи очень тонким, слой FeSn₂ быстро растворяется. Только после того, как растворится олово и нарушится связь со слоем FeSn₂, в банке больше не будет действовать сопряженный потенциал FeSn₂ + Sn и на поверхности жести останется только один тип МГЭ - FeSn₂-- томатная паста - Fe, где роль анода играет железо: его отрицательный потенциал (-550 мВ) больше, чем у слоя FeSn₂ (-540 мВ). Поэтому процесс коррозии банок из белой жести в томатной пасте в первый период протекает с интенсивным растворением олова, а после растворения слоя олова теряет свое защитное действие и слой FeSn₂, что приводит к растворению железа.

Иначе протекает процесс коррозии белой жести в среде компота из клубники. В этом продукте также вначале растворяется олово (имеющее наивысшее значение отрицательного потенциала из всех электродов -550 мВ), а затем сразу начинается растворение железа, отрицательный потенциал которого ближе других к потенциалу олова (-545 мВ). Здесь промежуточный слой FeSn_2 защитной роли не играет (его отрицательный потенциал - 530 мВ и отрицательный потенциал сопряженного слоя $\text{FeSn}_2 + \text{Sn}$ - 540 мВ меньше отрицательного потенциала железа). В этой среде оловянное покрытие недолго защищает железную основу и коррозия завершается прободением стенок банки [8].

Упомянутая ранее обратимость полюсов гальванических элементов зависит от химического состава среды и от времени работы МГЭ. Некоторое время в гальванопаре железо - олово анодом может быть сначала, например, олово, а затем полюса в связи с изменившимся составом среды меняются, начинает растворяться железо. В табл. 19 приведены данные об обратимости полюсов гальванопары железо-олово в различных средах [16].

Таблица 19- Обратимость полюсов гальванопары железо-олово в различных средах

Среда	ЭДС _{2мВ}		Продолжительность обращения полюсов, мик
	Fe-Sn	Fe-Sn	
Лимонная кислота	43	8	350
Яблочная кислота	44	33	105
Щавелевая кислота	-	89	-
Уксусная кислота	24	22	240
Янтарная кислота	263	-	-
Винная кислота	56	24	160
Молочная кислота	77	-	-
Глутаминовая кислота	34	-	-
«Бычки в томате»	10	37	2
«Говядина тушеная»	52	29	410
«Камбала в масле»	360	-	-
«Перец фаршированный»	-	-	-
Компот сливовый	150	6	75

Приведенные в табл. 19 данные могут быть использованы э качестве справочного материала для определения характера коррозии жестяной тары в тех или иных консервах.

Так, консервы «Камбала в масле», в которых происходит только анодное растворение железа при высокой ЭДС МГЭ Fe - продукт - Sn, могут дать при хранении водородный бомбаж. Накопления же солей олова в этих консервах не бывает (потенциал оловянного электрода все время положителен по отношению к Fe, обращения полюсов не происходит).

Напротив, в консервах «Перец фаршированный» наблюдается только умеренное растворение олова: ЭДС МГЭ Fe - продукт - Sn относительно невелика, выделения водорода ожидать не приходится (обращения полюсов нет).

Изучая причины перехода олова в консервы, исследователи выяснили, что доминирующим фактором, определяющим скорость растворения оловянного покрытия, является работа микрогальваноэлементов Sn - пищевой продукт -Sn. По сравнению с этим фактором влияние МГЭ Fe - пищевой продукт - Sn незначительно. Это объясняется тем, что, во-первых, число МГЭ с парами Sn - Sn в сотни раз превышает количество МГЭ с парами Fe - Sn, а во-вторых, ток, протекающий через электролитическую

ячейку МГЭ Sn - Sn, больше, чем ток, протекающий при работе МГЭ Fe - Sn (поры электролитической ячейки Sn - Sn значительно мельче, чем поры в оловянном покрытии ячейки Sn - Fe, поэтому электрическое сопротивление ячейки Sn - Sn значительно меньше, следовательно, коррозионный ток - больше, чем в системе Sn - Fe).

Из приведенного материала вытекает, что нормальная работа микрогальванического элемента связана с беспрепятственным перетеканием электронов с более активного компонента данной гальванической пары (анода) на электрод, имеющий меньший электроотрицательный потенциал (катод). Это вызывает нарушение равновесия двойных электрических слоев на обоих электродах, в результате чего возникает так называемый анодный химический процесс растворения материала электродов. В этом и заключается сущность коррозии белой жести, причем из-за обратимости полюсов растворению подвергаются оба металла - олово и железо (олово - в большей мере).

Таким образом, степень коррозии связана с уровнем ЭДС данного гальванического элемента, который обусловлен разностью электродных потенциалов, зависящей от интенсивности потока электронов от анода к катоду. Отсюда вытекает, что для уменьшения коррозии необходимо тем или иным способом ослабить работу гальванических элементов, уменьшить интенсивность потока электронов.

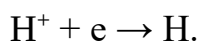
Оказывается, что коррозия наиболее интенсивно протекает в начале, процесса, а с течением времени уменьшается, что свидетельствует о самопроизвольном замедлении работы гальванического элемента. Это замедление, или поляризация МГЭ, зависит от ряда причин.

Переход электронов с анода на катод может происходить беспрепятственно только в том случае, если на катоде они будут расходоваться на восстановительные реакции. Если этого не произойдет, то концентрация электронов на катоде повышается, а на аноде уменьшается,

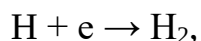
потенциалы анода и катода сближаются, разность потенциалов МГЭ уменьшается, и анодный коррозионный процесс замедляется.

Наибольшее значение в коррозионных процессах имеет катодная поляризация, когда отрицательный потенциал катода растет из-за того, что поступившие с анода электроны перестают по той или иной причине связываться.

Обычно электроны у катода связываются на восстановлении ионов водорода



Нужно сказать, что процесс разрядки ионов водорода на катоде происходит довольно медленно, так что скорость восстановления этих ионов не поспевает за скоростью их транспортировки от анода, что замедляет расходование электронов и вызывает поляризацию катода. Кроме того, образовавшийся атомарный водород превращается далее в молекулярный



пленка которого адсорбируется на катоде, меняет его электрокинетические свойства и образует новую гальваническую цепь с обратным направлением ЭДС, что усиливает поляризацию МГЭ. Такая поляризация называется химической.

С другой стороны, при работе МГЭ концентрации электролита в анодном и катодном пространствах становятся различными. В связи с этим образуется концентрационный гальванический элемент также с обратным направлением ЭДС, что вызывает концентрационную поляризацию.

Ознакомление с сущностью электрохимического процесса внутренней коррозии металлической консервной тары приводит к выводу о том, что естественно наступающая поляризация микрогальванических элементов, находящихся на поверхности банок, является положительным явлением и что следует принять все меры для устранения имеющихся в банке деполяризаторов.

Таковыми деполяризаторами являются все окислители. К ним относятся, например, ионы трехвалентного железа, восстанавливающиеся на катоде до двухвалентных по схеме $\text{Fe}^{3+} + e \rightarrow \text{Fe}^{2+}$. Поэтому следует избегать попадания солей железа в продукт, однако наиболее сильный деполяризатор - кислород воздуха, находящийся в незаполненном продуктом пространстве консервной банки или поглощенный продуктом на каком-либо технологическом процессе, связанном с сильной аэрацией (при протирании, центрифугировании и т. п.). При этом связывание электронов происходит по схеме:



Следовательно, удаление воздуха из банки с продуктом перед герметизацией является важным технологическим процессом, препятствующим коррозии металлической тары при стерилизации и хранении консервов.

Наконец, эксгаустирование позволяет значительно снизить избыточное давление в таре при стерилизации.

Существует два метода эксгаустирования: тепловой и механический.

Тепловое эксгаустирование заключается в нагревании банок с продуктом до их герметизации. При этом в результате нагревания воздух выходит из продукта, а водяные пары упругость которых повышается, вытесняют его из банки.

Тепловое эксгаустирование может быть осуществлено в аппаратах, называемых паровыми эксгаустерами. В этих аппаратах банки передвигаются с помощью какого-либо транспортирующего устройства, подвергаясь действию острого пара.

Пройдя через эксгаустер, банки с продуктом нагреваются до 80-85°C. В промышленности были распространены горизонтальные дисковые эксгаустеры. Аппарат представляет собой закрытую стальную прямоугольную камеру, на торцовых сторонах которой имеются входной и выходной проемы. Внутри эксгаустера расположены в шахматном порядке

сцепленные друг с другом зубчатые горизонтальные диски, являющиеся транспортирующим элементом. Банки с приемной «звезды» поступают на движущиеся диски и, переходя с одного диска на другой, совершают извилистый путь, который значительно больше длины эксгаустера. В нижней части эксгаустера под диском расположены паровые дырчатые трубы. Крышка во избежание потерь пара через нее снабжена водяным затвором. Пройдя за 10 мин эксгаустер И нагревшись, банки сходят на другую «звезду», передающую их на следующую операцию. Из-за ряда конструктивных недостатков, наличие которых приводит к разбрызгиванию жидкой части консервов, недостаточному нагреву или бою стеклянной тары и т. п., эти громоздкие аппараты теперь в консервной промышленности почти, нигде не применяются.

Ф.И. Коган и Ю.Д. Рейф предложили использовать для теплового эксгаустирования консервов в стеклянной таре инфракрасное излучение. При этом авторы исходили из того, что цель эксгаустирования - прогреть лишь поверхностный горизонтальный слой продукта - «зеркало», а не весь продукт в банке. Выделяющиеся из верхнего слоя продукта водяные пары вытесняют из паровоздушного пространства тары воздух. Именно для такой цели очень эффективен инфракрасный обогрев, он позволяет прогреть поверхностные слои пищевых продуктов за несколько секунд.

Физические основы применения инфракрасного излучения для тепловой обработки пищевых продуктов заключаются в следующем. Поток инфракрасного излучения, взаимодействуя с материалом, преобразуется в тепло. Способность материала поглощать инфракрасные лучи зависит от его оптических свойств и длины волны излучения.

Таблица 20- Способность материала поглощать инфракрасные лучи

Продукт	макс мкм	Глубина проникно вения, мм	Продукт	макс мкм	Глубина проникно вения, мм
Лед из дистиллированной	0,88	30	Сухарь Морковь	1,00 0,88	4 1,5

воды					
Агар (50%)	0,88	15	Картофель	1,00	6
Хлеб			Томатная паста	1,00	1
ржаной	1,00	7	(W-70%)		
пшеничный	1,00	11-12	Зерно пшеницы	1,00	2
украинский	1,00	18-20	Мука	1,00	2
Тесто пшеничное	1,00	4	Мармелад	1,00	Более 20

Как отмечают И.А. Рогов и А.В. Горбатов [26], инфракрасному излучению в спектре электромагнитных волн соответствует диапазон этих волн от 0,76 до 750 мкм, условно разделяемый на 3 группы: длинноволновый - 750-25 мкм; средневолновый - 25-2,5 мкм; коротковолновый - 2,5-0,76 мкм

Поскольку желательно, чтобы поток ЦК-излучения проникал по возможности глубже, для ИК-обработки выбирают коротковолновую часть инфракрасного спектра, которая обладает максимальной проникающей способностью. Практически для большинства пищевых продуктов максимальная по эффективности длина волны находится на уровне 1 мкм, при этом глубина проникновения ИК-лучей составляет, как правило, всего несколько миллиметров (табл. 20).

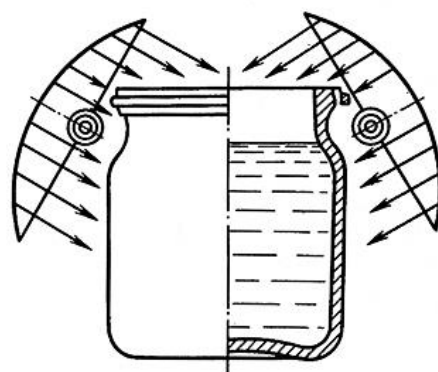
Небольшая глубина проникновения является, с одной стороны, недостатком этого способа тепловой обработки, поскольку материал в большом объеме практически прогреть нельзя. Но, с другой стороны, если поставить перед собой цель произвести нагревание только поверхностных слоев (осуществить обжаривание, подсушку и т.п.), эта особенность инфракрасного обогрева положительна, ибо, создавая высокие плотности энергии (около 60 кВт/м²) и сосредоточивая лучистую энергию в небольшом объеме, можно в течение очень короткого времени повысить температуру материала.

Для теплового эксгаустирования наиболее подходящие электрические излучатели типа КИ-220-1000. Они представляют собой трубчатые

кварцевые лампы накаливания, предназначенные для включения в сеть переменного тока с напряжением 220 В. Лампа смонтирована в кварцевой трубке, по оси которой расположена вольфрамовая спираль, являющаяся телом накала. Максимум излучения такой лампы приходится на длину волны около 1 мкм, однако в процессе ее эксплуатации он несколько сдвигается в область более длинных волн - до 1,4 мкм.

Схема облучения банок с консервами инфракрасными лучами при тепловом эксгаустировании показана на рис. 43.

Инфракрасные излучатели расположены на уровне свободного пространства банки с двух сторон. Так как стекло хорошо пропускает инфракрасные лучи в коротковолновой части спектра, то они легко проникают в банку, и поверхностный слой подвергается непосредственному нагреву. Для получения направленного потока



лучистой энергии лампы располагаются в фокусе параболических отражателей из анодированного алюминия. Отражатели - поворотные, расположены с наклоном к вертикальной оси под углом 60-65°. Благодаря этому одновременно нагреваются поверхностный слой продукта и металлическая крышка, которой накрывается банка в процессе эксгаустирования. Часть инфракрасного излучения направляется на наружную поверхность тары ниже «зеркала» продукта в банке. Это нужно для выравнивания температуры по поверхности тары и предупреждения термического боя.

Рис. 43. Схема облучения банок с консервами лампами ИК-обогрева при тепловом эксгаустировании.

Подлежащие эксгаустированию банки накрывают крышкой и направляют на транспортер эксгаустера, проходящий через туннель, вдоль боковых сторон которых расположены ИК-излучатели. Проходя по транспортеру в зоне инфракрасного излучения, банки с продуктом

эксаугируются в течение 20-60 с. По выходе из туннеля они поступают на транспортер закаточной машины и немедленно укупориваются.

Механическое эксгаугирование заключается в отсасывании воздуха из банки с помощью вакуум-насоса. Как отмечалось в главе V, этот процесс осуществляется на вакуум-закаточных машинах, в камере которых, опережая процесс закатывания, создается разрежение. При этом воздух откачивается и из банки, которая тут же герметизируется.

Казалось бы, механическое эксгаугирование, не требующее специального аппаратного оформления (так как совмещено с процессом герметизации тары), осуществить проще, чем извлечь воздух из банки тепловым путем, однако и оно имеет некоторые особенности, осложняющие его применение и снижающие эффективность.

Во-первых, по ряду причин, максимальная величина механического вакуума, которая достигается в камере вакуум-закаточных машин, обычно составляет 0,86 МПа (650 мм рт. ст.). Таким образом, степень возможного эксгаугирования не превышает

$$650: 760 \cdot 100 = 85,5\%.$$

Во-вторых, в свое время И.С. Каган с сотрудниками установил, что даже этот не слишком высокий вакуум можно применять для ограниченного числа продуктов.

При наблюдении за поведением продуктов, находящихся в разреженной атмосфере, авторы открыли явление, названное ими вакуумным расширением. Оно заключается в том, что плоды, помещенные в атмосферу с пониженным давлением воздуха, увеличиваются в объеме вследствие расширения воздуха, содержащегося в межклеточном пространстве растительной ткани и «раздувающего» таким образом уложенное в банку сырье. Увеличение объема плодов приводит к вытеснению некоторого количества жидкой части консервов из банки.

В количественном отношении это явление характеризуется так называемым «коэффициентом вакуумного расширения» ($K_{в.р.}$),

представляющим собой приращение объема плодов при вакуумизации в процентах к первоначальному объему плодов:

$$K_{B.P} = [(V_2 - V_1)/V_1] 100, \quad (3.57)$$

где V_1 - объем плодов до вакуумизации; V_2 - объем плодов при вакуумизации.

Оказалось, что разные плоды и овощи неодинаково расширяются, попадая в разреженную атмосферу, по-видимому, из-за разного содержания воздуха в межклетниках, разной эластичности клеточных стенок и пр. Одни виды сырья сильно увеличиваются в объеме, другие - слабее, третьи - мало или вовсе не расширяются.

Для соблюдения нужного соотношения элементов консервов (т. е. между твердой и жидкой частью) и предупреждения потерь заливки приходится дифференцировать величину механического вакуума в зависимости от коэффициента вакуумного расширения. Для плодов с низким значением $K_{B.P}$ можно применять механический вакуум 600-650 мм рт. ст. (остаточное давление 213-146 гПа), для продуктов со средним и высоким $K_{B.P}$ рекомендуется механический вакуум 250-450 мм рт. ст. (остаточное давление 678-412 гПа). Таким образом, в ряде случаев естественные свойства консервируемого сырья ограничивают эффективность механического эксгаустирования пределами 33-59%.

Наконец, есть еще одно важное обстоятельство, значительно уমাляющее возможности механического эксгаустирования. В упомянутом исследовании отмечено еще одно интересное явление, заключающееся в том, что величина вакуума в банках, укупоренных под механическим разрежением, через 20-30 мин после герметизации (в то время, когда автоклав заполняется банками, но стерилизация еще не началась) оказывается меньше своего первоначального значения (хотя, казалось бы, благодаря остыванию после закатки и конденсации водяных паров можно было бы ожидать повышения вакуума).

Это явление, названное «вакуумным поглощением», объясняется тем, что воздух при вакуумном расширении в момент закатки не успевает выйти из межклеточных ходов и выходит уже после того, как банка герметизирована, увеличивая в ней давление и как бы «поглощая» вакуум. Бывает, что вакуум к началу стерилизации совершенно «исчезает».

Явление вакуумного поглощения характеризуется с количественной стороны так называемым коэффициентом вакуумного поглощения $K_{в.п.}$, величина которого для разных плодов неодинакова

$$K_{в.п.} = W_{кон}/W_{нач} \quad (3.58)$$

где $W_{кон}$ - вакуум в банке через 30 мин после закатывания на вакуум-закаточной машине; $W_{нач}$ - вакуум в банке в момент закатки.

Для многих видов сырья коэффициент вакуумного поглощения находится в пределах 0,4-0,6.

Таким образом, с учетом этого коэффициента получается, что при помощи механического эксгаустирования к началу стерилизации можно создать небольшой вакуум в банке (остаточное давление 0,08-0,07 МПа). Степень эксгаустирования при этом не превышает 25%.

Следует оговориться, что ограничения, накладываемые на возможности механических эксгаустеров явлениями вакуумного расширения и поглощения, относятся только к консервам, содержащим плоды, в тканях которых находится воздух. В мясных же и рыбных консервах воздуха нет, нет его и во многих продуктах переработки плодов и овощей, например в натуральных фруктовых соках. Поэтому для таких продуктов механическое эксгаустирование очень эффективно.

Можно ослабить явления вакуумного расширения и поглощения, производя, например, бланширование растительного сырья, т.е. удалив часть воздуха из плодов еще до укладки в тару.

Для эффективного удаления воздуха из банок перед закаткой можно воспользоваться также обоими способами эксгаустирования, т. е.

применением вакуум-закаточных машин при герметизации предварительно подогретых банок.

Банки с продуктом герметизируют на закаточных или укупорочных машинах той или иной конструкции и немедленно передают на стерилизацию.

При фасовке в жестяные банки консервов без жидкой фазы (например, мясо тушеное, лосось натуральный) появляется возможность произвести стопроцентную проверку на герметичность погружением в горячую воду, температурой 85-90°C. При этом находящийся в банках воздух расширяется, давление в них повышается. В случае негерметичности пузырьки воздуха выходят из швов корпуса и концов банок. При испытании можно непрерывно перемещать банки по желобу, опущенному в горячую воду, негерметичные банки удаляют из потока. Такой способ проверки на герметичность возможен только тогда, когда продукт закатан в холодном состоянии, и на безвакуумных закаточных машинах.

Для остальных консервов пользуются методами выборочной проверки на герметичность наполненных жестяных банок.

Один из методов лабораторного контроля связан с использованием

прибора Бомбаго (рис. 44).

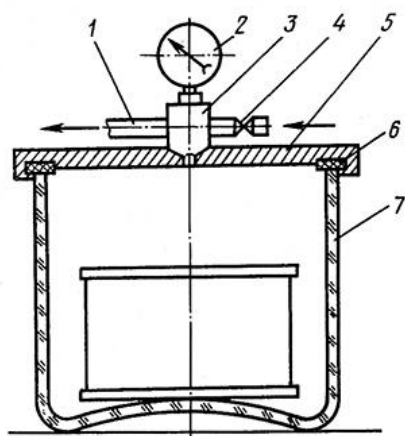


Рис. 44. Прибор Бомбаго для испытания наполненных жестяных банок на герметичность

Прибор состоит из стеклянного толстостенного сосуда 7 (например, эксикатора), герметически закрываемого притертой стеклянной крышкой с трехходовым краном либо металлической крышкой 6 с резиновой прокладкой и навинтованным отверстием для подсоединения трехходовой насадки 3.

Наполненные банки проверяют на герметичность следующим образом. В сосуд наливают предварительно прокипяченную воду. В сырой воде имеется растворенный воздух, пузырьки которого при испытании выходят из воды и могут исказить результаты определения. Поэтому воду необходимо деаэрировать кипячением. Банку, подлежащую испытанию, тщательно вытирают (особенно швы) тряпкой, смоченной бензином (для обезжиривания и предотвращения прилипания пузырьков воздуха), затем опускают ее в воду, накрывают сосуд крышкой 5 и, закрыв краник 4, подключают вакуум-насос к патрубку 1. Разрежение регистрируют с помощью вакуумметра 2. Под действием возникающего в банке избыточного давления концы ее вспучиваются, и в случае негерметичности воздух потоком пузырьков, отрывающихся от негерметизированных участков продольного или закаточного швов, выходит через воду наружу. Появление одиночных не отрывающихся пузырьков, не означает, что банка негерметична. Такие пузырьки «вылезают» из наружной полости закаточного шва вполне герметичной банки. По окончании испытания вакуум-насос выключают, вакуум в сосуде нарушают, открывая краник 4, снимают крышку и вынимают испытываемую банку.

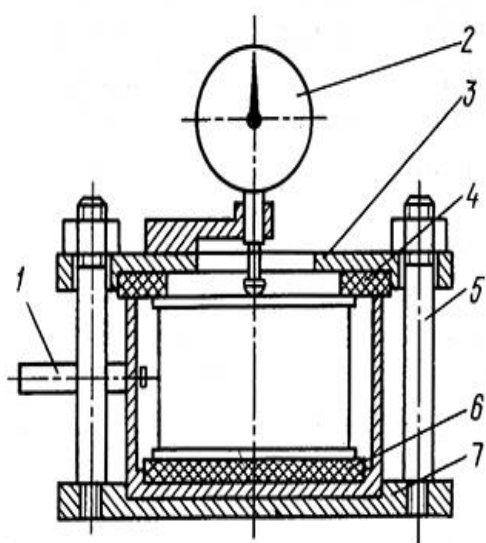


Рис. 45. Прибор В.3. Жадана для испытания наполненных жестяных банок на герметичность

Более совершенный способ проверки наполненных жестяных банок на герметичность предложил В.3. Жадан. Применяемый для проверки прибор (рис. 45) состоит из металлического полого цилиндра 7, на дно которого уложена резиновая прокладка 6.

Цилиндр устанавливают на основание 5 штатива 4. Внутри цилиндра помещают испытываемую банку, затем накрывают

крышкой 3, имеющей уплотняющее резиновое кольцо и круглый вырез, через который к крышке банки подводится ножка индикатора 2. Крышку цилиндра плотно прижимают к торцу цилиндра и крышке банки с помощью болтов, насаженных на стойки штатива. Далее на крышку банки опускают ножку индикатора, ставят его шкалу в нулевое положение и через патрубок 1 нагнетают в полость цилиндра воздух под давлением 0,08-0,1 МПа. Если банка негерметична, воздух через места неплотностей проникает внутрь банки, крышка которой прогибается наружу. Прогиб крышки улавливается стрелкой индикатора. Описанный прибор может являться основным элементом стенда для массовой проверки на герметичность наполненных жестяных банок.

Чтобы не загрязнить воду в автоклавах при последующей стерилизации, наполненные и герметизированные банки моют горячей водой под душем или в горячих щелочных растворах.

ГЛАВА VI

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕПЛОЙ СТЕРИЛИЗАЦИИ КОНСЕРВИРУЕМЫХ ПРОДУКТОВ

Консервирование пищевых продуктов при помощи тепловой стерилизации заключается в том, что продукт, уложенный в герметически укупориваемую консервную тару, подвергается в течение определенного времени нагреванию. Тепловая обработка осуществляется в общих чертах следующим образом. Консервные банки загружают в стерилизационный аппарат, в котором постепенно повышают температуру, доводя ее до определенного уровня. Нужную температуру поддерживают в течение некоторого промежутка времени, затем ее постепенно понижают, после чего простерилизованные банки выгружают из аппарата.

Таким образом, основными параметрами, характеризующими процесс стерилизации, являются температура, которую нужно поднять и поддерживать в стерилизационном аппарате, и время, в течение которого консервы подвергаются нагреванию. Эти два параметра можно назвать микробиологическими, поскольку именно ими определяется гибель микроорганизмов. Несоблюдение этих параметров приводит к возникновению различных видов биологического брака консервов (газообразование с бомбажом - т. е. вздутием крышек, скисание, плесневение и пр.), обнаруживаемых, как правило, через несколько дней, а иногда и недель после стерилизации.

Если процесс стерилизации ведут при температурах выше 100°C, то в аппарате необходимо с помощью насыщенного водяного пара создать соответствующее термодинамической таблице давление. Так как без этого давления нельзя получить нужной температуры стерилизации, то считается само собой разумеющимся, что определенной температуре стерилизации должно соответствовать определенное значение давления по манометру. Поэтому такое давление не является третьим параметром процесса.

Однако во многих случаях стерилизацию приходится проводить под давлением, величина которого превышает упругость греющего пара, необходимую для обеспечения заданной температуры стерилизации. Это дополнительное «сверхпаровое» давление создают «холодным» путем, с помощью сжатого воздуха или воды. Так поступают тогда, когда возникающее в таре при стерилизации внутреннее давление угрожает вызвать необратимую деформацию жестяных банок или срыв крышек с горловины стеклянных банок, это внутреннее давление следует уравновесить наружным, не повышая температуры греющей среды в аппарате. В таких случаях появляется третий параметр процесса стерилизации - давление. Этот третий параметр не влияет на уничтожение микроорганизмов и является чисто физическим атрибутом процесса, однако соблюдать его нужно не менее точно, чем первые два, иначе также появляется производственный брак продукции. Отличие данного брака от биологического заключается только в том, что обнаруживается он сразу же по окончании процесса стерилизации и выгрузки банок из аппарата.

Параметры процесса стерилизации для различных консервов неодинаковы. Так, например, «Паштет диетический» (печеночный) в банке 9 стерилизуют при температуре 113°C, причем продолжительность пребывания банок в аппарате составляет 130 мин. Консервы «Перец фаршированный» в банках 1-82-500 стерилизуют при 120°C, выдерживая в автоклаве в течение 90 мин. Для компотов из вишен установлен температурный уровень в 100°C, причем время пребывания банок 1-82-1000 в аппарате составляет 70 мин. Что касается виноградного сока в бутылках 1-58-500, то его обрабатывают при температуре 85°C в течение 45 мин.

Рассмотрим факторы, которые влияют на параметры процесса стерилизации и определяют выбор режима тепловой обработки консервов.

6.1 Факторы, определяющие выбор температуры стерилизации

Все консервируемые пищевые продукты являются хорошей питательной средой для развития тех или иных микроорганизмов. И каждая консервная банка к моменту поступления ее на стерилизацию в той или иной мере обсеменена микробами. Однако не в каждом продукте микроорганизмы могут развиваться в одинаковой мере хорошо. Микробы очень чувствительны к активной кислотности той среды, в которой они находятся, причем большинство из них плохо развиваются в кислой среде, но хорошо действуют в малоокислотных продуктах. Некоторые же, наоборот, хорошо развиваются именно в кислых средах. Поэтому порча разных пищевых продуктов вызывается лишь теми микробами, которые при данной кислотности могут развиваться, и, следовательно, тип микробной порчи зависит от химической природы продукта.

Возвращаясь к вопросу о выборе температуры стерилизации, следует учесть, что в кислой среде микроорганизмы не только плохо развиваются, но и плохо переносят действие высоких температур, быстро погибая при нагревании. И наоборот, в малоокислотных продуктах микроорганизмы являются термоустойчивыми, часто переносят многочасовое кипячение. Отсюда делается вывод, что малоокислотные пищевые продукты, в которых микроорганизмы термоустойчивы, следует стерилизовать при высоких температурах, а для кислотных консервов можно ограничиться более умеренной температурной обработкой.

Вот почему, разрабатывая режимы стерилизации консервов, необходимо при выборе температуры тепловой обработки располагать сведениями об активной кислотности пищевых продуктов, чтобы определить, какие из них являются малоокислотными, а какие можно отнести к кислым средам.

При ознакомлении с имеющимися в литературе данными выясняется, что по принятым в химии критериям все консервируемые пищевые продукты следует отнести к кислым средам, ибо водородный показатель их всегда (за редкими исключениями) ниже 7, что видно из данных В. С. Грживо (табл.21).

Поэтому микробиологи установили свой критерий для оценки степени кислотности пищевых продуктов, основанный на реакции на активную кислотность самого опасного, с позиций здравоохранения, возбудителя порчи *Cl. botulinum*.

Бактерии-возбудители ботулизма являются токсигенными спороносными анаэробами и потому находят для себя вполне подходящие условия в консервах, герметично укупоренных, из которых большая часть воздуха удалена перед закаткой. Известно 6 типов возбудителей ботулизма- А, В, С, D, Е и F. Как отмечает С. А. Мордвинова, наиболее опасны для консервной промышленности возбудители типов А и В, так как они отличаются высокой термоустойчивостью. Споры этих возбудителей не погибают даже при многочасовом кипячении при 100°С. Указанные штаммы относятся к группе гнилостных микроорганизмов способных разлагать разнообразные животные и растительные белки. Разлагают они также и углеводы с образованием газов.

Таблица 21- Критерии для оценки степени кислотности пищевых продуктов

Консервы	pH	Консервы	pH
Мясные и мясорастительные	6,0-6,4	Компоты	
Молочные	6,1-6,3	из вишен,слив, яблок,винограда,айвы,абрикосов и персиков половинками	3,3-3,9
Рыбные натуральные в масле	6,4-7,2	из целых абрикосов и персиков	4,0-4,2
в томатном соусе	6.3-6.7	из мандаринов	4,6
Овощные натуральные	5,2-5.5	из черешни	4,0
Овощные соки	5,2-6,3	Фруктовые соки	
Томатное пюре	4,2-5,4	Из черной смородины, яблок, винограда, вишни, айвы, из абрикосов	3,1-3,8
Томатная паста	4,5	Джемы, варенье, повидло из айвы, груш, слив, яблок, абрикосов, черной смородины	4,0
Овощные закусочные	4,8		
Овощные обеденные	4,8-5,1		
	4,0-5,2		
			3,1-3,8
			6,7

Сами микроорганизмы неспособны паразитировать в организме человека или животных и тем самым вызывать заболевания. Возбудители ботулизма являются сапрофитами и могут развиваться только на неживых средах, к которым относятся все пищевые продукты, кроме, например, живых органов растений - плодов, ягод. Но в процессе своей жизнедеятельности микроорганизмы продуцируют токсин, чрезвычайно опасный для здоровья и жизни человека. Многие ученые отмечают, что по силе своего действия токсин ботулизма превосходит синильную кислоту в 1000 раз. Это сравнение не особенно удачно, ибо создает впечатление о мгновенности смертельного действия, которой отличается цианистый водород. Между тем токсин ботулизма является нервно-паралитическим ядом замедленного действия, обнаруживаемого спустя 8-12 ч, а иногда и более. Человека можно спасти, если в самом начале заболевания ввести антиботулиническую сыворотку. Если же своевременно не принять мер, то заболевший обречен на мучительную и неминуемую смерть. Поэтому, когда говорят о силе ботулинического токсина, то имеют в виду не быстроту действия, а летальную дозу. И действительно, всего лишь 0,0001 мг этого токсина убивает морскую свинку.

Обычно продукты, в которых образовался ботулинический токсин, по внешнему виду выглядят испорченными: ткани размягчаются, появляется посторонний «сырный» запах, образуется газ. Консервные банки вздуваются, образуется «бомбаж». Однако - и это делает зараженные токсином ботулизма продукты особенно опасными-зафиксировано немало случаев, когда токсин обнаруживается в продуктах без существенного изменения их внешнего вида, вкуса и без появления посторонних запахов. Такими продуктами можно отравиться незаметно, а так как инкубационный период, как было отмечено, продолжается много часов, то заболевший может осознать грозящую его жизни опасность слишком поздно. Нужно сказать, что в отличие от возбудителей токсин ботулизма нетермостоек: 20-30-минутное нагревание

при 80°C полностью разрушает его. Поэтому если консервы хорошенько прогреть перед употреблением в пищу, то они становятся совершенно безвредными. Однако большинство консервированных пищевых продуктов, в которых возможно развитие возбудителей ботулизма, употребляется в холодном виде (закусочные консервы из овощей и рыбы, томатный сок и др.) и поэтому такую меру предосторожности, как предварительное кратковременное кипячение, не используют.

В консервах могут развиваться не только возбудители ботулизма, но и другие гнилостные анаэробы, еще более термоустойчивые, чем *Cl. botulinum*, но не столь опасные. К ним относятся, например, *Cl. sporogenes*, *Cl. perfringens*, *Cl. putrificum*, часто являющиеся причиной порчи мясных и рыбных консервов. Порча пищевых продуктов микробами этой группы всегда сопровождается образованием дурнопахнущих газов, разложением пищевых веществ и вздутием крышек консервных банок (бомбажом). Степень порчи продуктов настолько явно выражена, что служит надежной гарантией против употребления их в пищу и исключает, таким образом, вероятность пищевых отравлений, что возможно при потреблении пищевых продуктов, в которых развивался *Cl. botulinum*. К тому же продукты жизнедеятельности этих клостридий не слишком токсичны.

Вот почему уничтожение спор именно возбудителей ботулизма при стерилизации консервов во всем мире считается совершенно обязательным. Классификация пищевых продуктов по степени их активной кислотности также исходит из отношения возбудителей ботулизма к этому фактору.

До недавнего времени считали, что возбудители ботулизма не могут развиваться в консервах, pH которых ниже 4,5 было предложено считать такие продукты кислыми, а среды, pH которых выше 4,5, относить к малоокислотным. Однако исследования последних лет [15] показали, что встречаются случаи, когда возбудители ботулизма развиваются и в более кислой среде. Поэтому рубеж значения pH был постепенно снижен сначала до 4,4, а затем - до 4,2 [1].

Что касается других гнилостных анаэробов, то наиболее благоприятная кислотность, для развития этих микробов характеризуется рН 6,0 и выше, хотя они могут развиваться и в интервале рН 4,5-5,0 без газообразования.

Спорообразующие анаэробы находятся главным образом в почве, откуда они вместе с пылью заносятся на поверхность плодов, овощей, попадают в молоко и другие продукты. Некоторые виды этих микробов находятся во внутренностях животных. Присутствуя в экскрементах, микробы часто являются причиной заражения мяса. Раньше считали, что гнилостные спорообразующие микробы вызывают порчу только мясных консервов. Нужно, однако, сказать, что они нередко являются причиной порчи и консервированных овощных, рыбных, молочных и других продуктов.

При несколько большей кислотности пищевых продуктов (рН 4,5- 5,0) в них нередко развиваются такие термоустойчивые микробы, как, например, *Cl. thermosaccharaliticum*. Эти микроорганизмы относятся к группе термофильных анаэробов, вызывающих разложение углеводов с образованием газов (главным образом диоксида углерода и водорода), сопровождающееся вздутием консервной банки.

В малоокислотных консервах, особенно содержащих сахар и крахмал, часто развиваются термофильные анаэробы типа *Bac. stearothermophilus*. Они вызывают порчу консервов, не сопровождающуюся образованием газов и вздутием крышек. Консервы при этом просто скисают, крышки же остаются плоскими. Поэтому такую порчу называют «плоскоокислой». Отсутствие внешнего признака, сигнализирующего о порче консервов, очень затрудняет отбраковку банок.

Несмотря на то, что в консервных банках, как правило, содержится мало воздуха, в неокислотной среде все-таки могут развиваться различные термоустойчивые микроорганизмы, относящиеся к группе спорообразующих аэробов. В литературе отмечены вызванные этими микробами случаи порчи

таких консервов, как кукуруза целыми зернами, сливки, мясные и рыбные консервы, причем нередко эта порча сопровождается вздутием крышек.

Существует большая группа микроорганизмов (различные споро- и неспорообразующие бактерии, плесени и дрожжи), которая очень хорошо развивается в кислой среде, однако нетермоустойчива. Поэтому консервы, характеризующиеся высокой кислотностью, в которых термоустойчивые формы вообще не развиваются, а развивающиеся хорошо - нетермоустойчивы, можно стерилизовать при более умеренных температурах, чем продукты малокислотные.

Порча кислотных консервов также может сопровождаться газообразованием и бомбажом банок (действие дрожжей, иногда-плесеней, некоторых бактерий), но может и сводиться к «плоскокислой» форме (например, действие термофила *Bac. thermoacidurans* или *Bac. coagulans* на томатный сок).

Итак, следует сказать, что в первом приближении все консервируемые пищевые продукты по величине активной кислотности можно разделить на две группы: малокислотные (рН более 4,2) и кислотные (рН 4,2 и менее).

Первую группу стерилизуют при температурах выше 100°C, обычно в интервале 112-120°C, хотя иногда пользуются и более высокими температурными уровнями (125-130°C). Вторую группу стерилизуют при 100°C или при еще более умеренных температурах, но не ниже 75°C. К первой группе относят все мясные, рыбные, молочные и овощные консервы, а ко второй - все плодоягодные консервы, варенье, джемы, соки.

Однако эта простая, на первый взгляд, классификация осложняется рядом исключений.

Во-первых, томатный сок, который ранее причисляли к кислотным продуктам, а ибо рН его колебался в пределах 4,0-4,5, оказался средой, в которой при определенных условиях развивается и дает токсинообразование *Cl. botulinum*. В литературе отмечены случаи пищевых отравлений ботулинической природы, вызванные консервированным томатным соком.

Поэтому с 1973 г. стерилизация консервов «Томатный сок» производится так же, как и большинства консервов первой группы - при 120°C.

Не слишком строгая избирательность возбудителей ботулизма к фактору активной кислотности сказалась и в консервах из абрикосов. Так, по еще невыясненным причинам «Абрикосовый сок», рН, которого в ряде случаев составляет 3,8-3,9, что характеризует среду с высокой кислотностью, также оказался подходящим продуктом для развития возбудителей ботулизма. Поэтому консервы из абрикосов рекомендуют стерилизовать при 110°C, или, в крайнем случае, при 100°C, но значительно дольше, чем их стерилизуют в том случае, если кислотность выше (рН ниже 3,8).

В то же время концентрированные томатопродукты, рН которых, как видно из табл. 21, значительно выше 4,2 и которые следовало бы отнести к первой группе, принято стерилизовать всего лишь при 100°C, ибо возбудители ботулизма и другие анаэробы в этих продуктах не развиваются/Возможно, это связано с повышенным содержанием сухих веществ, а, может быть, тормозящее влияние на развитие гнилостной микрофлоры в томатном пюре и томатной пасте оказывает и не диссоциированная часть кислотных молекул, ибо общая кислотность концентрированных томатопродуктов довольно высока - обычно 2-2,5%, т. е. значительно выше, чем кислотность фруктовых консервов.

Наконец, более жесткий подход, чем этого можно было ожидать, исходя из значения активной кислотности, практикуется при стерилизации салатов из свежих овощей (капусты, сладкого перца, томатов, моркови, лука, свеклы), рН которых с помощью уксусной кислоты отрегулирован в диапазоне 3,7-4,2. Несмотря на то, что такой диапазон характеризует консервы второй группы, салаты рекомендуют стерилизовать при температурах 112-120°C, таким образом, эти консервы тоже выпадают из приведенной классификации с рубежом рН в 4,2. По-видимому, в данном случае учитывается наличие жира в консервах, а также тот факт, что сами компоненты консервов являются малокислотными, а внесенная при закладке

уксусная кислота из-за отсутствия жидкой фазы (в этих консервах нет заливки) не может во время стерилизации равномерно распределиться по всему объему продукта.

С учетом отмеченных исключений можно разделить консервируемые пищевые продукты по показанию рН на две группы, стерилизуя одну из них (рН больше 4,2) при температурах выше 100°C, а другую (рН равен или меньше 4,2) - при температуре 100°C или ниже.

Стерилизация - общий термин, обозначающий тепловую обработку консервов, проводимую с целью уничтожения микробов при любых температурах. В более узком смысле под стерилизацией принято понимать тепловую обработку консервов при 100°C и выше. Стерилизация же, проводимая при температуре ниже 100°C, носит название пастеризации. Эта терминология не является строгой. В литературе ветре-, чаются и другие определения, согласно которым стерилизацией называют процесс тепловой обработки консервов только при температурах выше 100°C, а пастеризацией - тепловую обработку при 100°C и ниже. В соответствии с этим и стерилизационные аппараты открытого типа, где тепловая обработка консервов ведется при 100°C, иногда называют стерилизаторами, а иногда пастеризаторами.

Хотя молоко, рН которого около 6, пастеризуют, оно не является исключением из классификации, поскольку продукт, выпускаемый под названием «Молоко пастеризованное», не является консервами. Пастеризованное молоко подвергается тепловой обработке при температуре ниже 100°C только лишь с целью уничтожения вегетативных клеток патогенных бактерий. Режимы тепловой обработки не обеспечивают уничтожения спор микроорганизмов, поэтому пастеризованное молоко не предназначается для длительного хранения. Если же молоко хотят сохранить длительный срок, то его действительно стерилизуют при температурах 115-120°C, и такой продукт представляет собой консервы.

Существует еще один способ стерилизации - тиндализация, или повторная стерилизация, заключающаяся в том, что консервы стерилизуют дважды или трижды с интервалами между варками в 20-28 ч.

Тиндализация отличается от обычной стерилизации также тем, что каждая из варок в отдельности недостаточна для достижения нужной степени стерильности. Стерилизуют, например, при традиционном температурном уровне, но каждый раз в течение очень короткого промежутка времени. Или же каждый раз стерилизуют в течение обычного промежутка времени, но при более умеренной, чем полагается для данного вида консервов, температуре. При такой оригинальной тепловой обработке первоначальная консистенция сырья изменяется минимально, поэтому качество консервов лучше, чем при обычной стерилизации.

Если, например, трижды стерилизовать при 100°C всего по 5 мин компоты в крупной консервной таре с интервалом между варками в сутки, то плоды не развариваются, как это нередко бывает при обычной, однократной 40-50-минутной тепловой обработке; они имеют упругую, плотную консистенцию.

С другой стороны, некоторые деликатесные мясные консервы, например ветчинного типа, подвергают двукратной стерилизации не при повышенных температурах (115-120°C), как это следовало бы делать согласно классификации по активной кислотности, а всего лишь при 100°C. После первой «варки» консервы охлаждают и оставляют при комнатной температуре (18-20°C) на 20-28 ч до вторичной стерилизации. Каждая варка в банках 12 продолжается 60-70 мин при 100°C [30]. Такая умеренная тепловая обработка позволяет сохранить нужную консистенцию консервов, чего трудно добиться при однократной высокотемпературной стерилизации.

Оригинален и принцип, положенный в микробиологическую основу этого способа консервирования. Считают, что микробиологическая стабильность при тиндализации обеспечивается тем, что при первой «варке», которая недостаточна по всей продолжительности (как это было в, примере с

фруктовыми консервами), или же по температурному уровню (пример с мясными консервами), погибает большинство вегетативных клеток бактерий. Часть же из них в порядке самозащиты от изменившихся в неблагоприятную сторону условий внешней среды успевает превратиться в споровую (более устойчивую) форму и тем самым спасается от действия высокой температуры. В течение «межварочной» суточной выстойки при комнатной температуре споры прорастают, и образовавшиеся вегетативные клетки погибают при повторных варках.

Следует иметь в виду, что мясные консервы, которые по кулинарным соображениям нельзя стерилизовать при температурах выше 100°C и которые тиндализуют при 100°C или даже стерилизуют при 100°C неоднократно (консервы из соленого или копченого мяса, бекона или шпика, содержащие нитраты, нитриты и др.), не являются «настоящими» консервами в обычном понимании этого термина. Их стабильность при хранении лимитируется сроком от 3-6 мес. до 1 года при оговоренной в инструкциях пониженной температуре хранения, например не выше 15°C (так называемые «% консервы») или от 0 до 5°C («полуконсервы»).

Например, консервы из соленых или солено-копченых свиных окороков «Ветчина» (ГОСТ 9165-59), стерилизуемые двукратно при 100°C (с интервалом между автоклавоварками 20-28 ч), являются % консервами - их хранят при температуре до 15°C. А консервы «Ветчина таллинская» (РТУ Эстонской ССР 1099-63), которые стерилизуют однократно по ступенчатому режиму: 15 мин при 100°C и 120 мин при 85°C и хранят при температуре от 0 до 5°C, являются полуконсервами. Тиндализованные консервы «Говядина в желе», «Антрекот», «Солонина деликатесная», «Филей свиной», «Телятина» следует отнести к % консервам (на этикетках этих консервов указано, что хранить их при температуре выше 15°C не разрешается, при этом срок хранения ограничивается 1 годом со дня выработки).

Хотя изготовление таких «ограниченно годных» полуконсервов и освящено давними традициями, и никто не собирается запрещать их

выработку, однако увеличивать выпуск этих пищевых продуктов тоже не следует. Все дело в том, что проконтролировать выполнение условий хранения не всегда представляется возможным, а несоблюдение оговоренной температуры либо срока хранения чревато опасными последствиями, поскольку нежелательная микрофлора не уничтожена полностью. Процесс такой «неполной» тепловой обработки консервов именуют также субстерилизацией.

В то же время не следует думать, что «настоящие» консервы, не требующие особо оговоренных условий (температуры и времени) хранения, являются на 100% стерильными. Задача, которая ставится перед процессом стерилизации, заключается в уничтожении лишь тех форм микроорганизмов, которые могут развиваться при обычных условиях хранения и вызывать при этом порчу консервов либо образовывать опасные для здоровья человека продукты своей жизнедеятельности. Некоторые же микроорганизмы, например сенная или картофельная палочки, в консервах не развиваются и являются в этом смысле безвредными. Добиваться их уничтожения нет смысла, тем более что они очень термоустойчивы, и настройка процесса стерилизации на их уничтожение привела бы только лишь к излишнему ужесточению режима и ухудшению качества пищевого продукта.

Таким образом, в процессе стерилизации следует добиваться не абсолютной, а лишь промышленной стерильности, при которой в консервах должны отсутствовать возбудители порчи пищевых продуктов или патогенные и токсигенные формы и могут встречаться микроорганизмы, не способные развиваться и вызывать порчу консервов при обычных условиях хранения.

6.2 Факторы, определяющие время стерилизации

Если взвесь микробов поместить в тонкую, запаянную с двух сторон стеклянную трубочку и погрузить затем в кипящую воду или вообще в среду, нагретую до достаточно высокой температуры, то микроорганизмы погибнут. Однако уничтожение микробов не происходит мгновенно. Чтобы

уничтожить микробы при данной температуре стерилизации, необходимо определенное время. Это время называют летальным или смертельным.

Летальное время при данной температуре можно, например, определить, погрузив в нагретую до данной температуры среду несколько тонких, желательно капиллярных, трубочек с микробами, о которых говорилось выше. Трубочки стараются брать потоньше, чтобы можно было пренебречь временем, требуемым для прогревания содержимого до температуры стерилизации насквозь и вести, следовательно, отсчет этого времени с момента погружения капилляров в греющую среду. Вынимая через определенные промежутки времени (например, через каждые 5 мин) по одной или по несколько трубочек из нагретой среды, мгновенно охлаждая их в ледяной воде (чтобы сразу прекратить действие высокой температуры и считать, что данная трубочка подвергалась нагреванию именно заданный промежуток времени) и производя микробиологический анализ, можно установить момент, когда очередная трубочка покажет отсутствие живых спор. Время от момента погружения капилляров в нагретую до данной температуры среду до момента, при котором все микробы оказываются уничтоженными, и есть летальное время при данной температуре.

Нужно сказать, что понятие о летальном времени является условным и может быть использовано для удобства обсуждения наших представлений о процессе гибели микроорганизмов. Позже будет показано, что полностью уничтожить все споры микроорганизмов при тепловой обработке во влажной среде невозможно. Как бы долго ни стерилизовали капилляры с взвесью микробов, всегда некоторая доля их будет оставаться в живых, хотя количество микроорганизмов будет становиться все меньше и меньше. Тот факт, что через какой-то промежуток времени тепловой стерилизации мы в очередной пробе не обнаружили жизнеспособность спор, говорит лишь о том, что количество микроорганизмов понизилось до уровня, который меньше, чем спора на трубочку, и, следовательно, если бы для опыта было

взято больше капилляров, то спустя промежуток времени, принятый в предыдущем опыте за летальный, мы бы еще обнаружили живые клетки.

Переходя к вопросу о времени, необходимом для стерилизации консервов, можно сказать, что если бы при погружении банок в стерилизационный аппарат требуемая температура стерилизации создавалась сразу и одновременно во всей массе консервов (подобно тому, как это практически происходило в тонкой стеклянной трубке, содержащей взвесь микробов), то установленное капиллярным методом летальное время при данной Температуре и было бы требуемым общим временем стерилизации для консервной банки.

Однако при стерилизации банок паром или горячей водой заданная температура процесса устанавливается не сразу и не одновременно по всей массе продукта. Передача тепла от теплоносителя к продукту идет от периферии банки к ее центру. Сначала прогреваются слои консервов, находящиеся у поверхности банки, затем тепло постепенно проникает в глубину продукта и наконец достигает наиболее отдаленного от периферии места, находящегося вблизи геометрического центра банки.

Таким образом, центральная часть консервной банки, которая считается обсемененной микробами в такой же мере, как и другие участки, начинает стерилизоваться при заданной температуре значительно позже, чем периферийные слои. Следовательно, именно эта центральная часть является наиболее неблагоприятной в смысле возможности выживания в ней микробов. Поэтому, говоря о летальном для микроорганизмов времени, имеют в виду клетки, находящиеся в центральной части банки, а значит, отсчет этого времени нужно вести с момента достижения заданной температуры стерилизации в центре банки, а не от начала прогрева банки в стерилизационном аппарате.

Тогда общее время стерилизации $t_{общ}$ будет состоять из времени проникновения тепла в центр банки (имеется в виду достижение в центре банки температуры стерилизации) $t_{пр}$ и летального времени $t_{л}$, т. е. времени,

которое требуется для уничтожения микроорганизмов, находящихся в центре банки, начиная с того момента, когда Там достигнута заданная температура:

$$t_{\text{общ}} = t_{\text{пр}} + t_{\text{л}}.$$

Необходимо оговориться, что такой подсчет времени стерилизации в значительной мере неправилен, так как микроорганизмы, находящиеся в центре банки, начинают погибать не в тот момент, когда в центре достигнута заданная температура стерилизации, а несколько раньше, когда он прогрет до температурного уровня, пусть меньшего, чем заданная температура стерилизации, но все равно смертельного для микробов. Поэтому $t_{\text{общ}}$ не равно сумме $t_{\text{пр}}$ и $t_{\text{л}}$, а меньше нее.

Правильнее сказать, что общее время стерилизаций является функцией от времени прогрева и летального времени, т. е.

$$t_{\text{общ}} = f(t_{\text{пр}} \cdot t_{\text{л}}).$$

Итак, чтобы уяснить факторы, от которых зависит общее время стерилизации, нужно рассмотреть в отдельности факторы, определяющие летальное время (микробиологическую составляющую) и время проникновения тепла в центр банки (теплофизическую составляющую).

В главе VI рассматривается только микробиологическая составляющая общего времени стерилизации (летальное время), а теплофизическая составляющая (время проникновения тепла в глубь продукта) описывается в главе VII:

6.3 Факторы, влияющие на летальное время

Летальное время зависит от следующих факторов: температуры стерилизации; химического состава консервов; вида микроорганизмов и их количества.

Температура стерилизации. Как нельзя говорить о летальном времени, не учитывая температуры стерилизации, так нельзя говорить и о температуре, не связывая ее с временем, необходимым для такой обработки. Какой-то определенной температуры, являющейся смертельной для данного вида микроорганизмов, не существует. Микроорганизмы можно уничтожить

при разных температурах, начиная приблизительно с 60°C. Вопрос сводится лишь к времени, которое требуется для этого. Таким образом, летальные условия для данного вида микроорганизмов нельзя определить одной лишь температурой, а только определенным сочетанием - летальная температура - время.

Естественно, что зависимость между летальным временем и температурой обратная, т. е. с повышением температуры стерилизации летальное время снижается. По данным Эсти и Мейера, отмирание спор *Cl. botulinum* характеризуется следующими параметрами:

Температура, °C	Время, мин
100	330
105	100
110	32
115	10
120	4

Из приведенных данных видно, что относительно небольшое повышение температуры стерилизации приводит к резкому снижению летального времени. Можно сказать, что при повышении температуры стерилизации на несколько градусов, летальное время уменьшается в несколько раз, или, что одно и то же, если температуру стерилизации повышать в арифметической прогрессии, то смертельное время будет

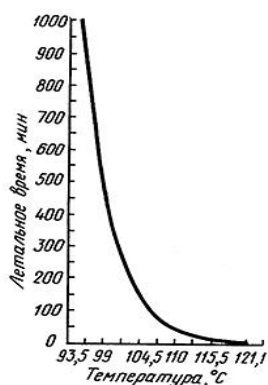


Рис. 46. Зависимость летального времени для *Cl. sporogenes* от температуры в линейных координатах

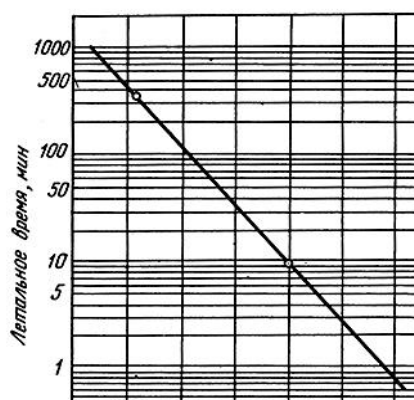


Рис. 47. Зависимость летального времени для *Cl. botulinum* от температуры в полулогарифмических координатах

уменьшаться в геометрической прогрессии.

Если изобразить зависимость время-температура для *Cl. sporogenes* в линейных координатах, то получится наглядная кривая (рис. 46), которая иллюстрирует отмеченное выше резкое уменьшение летального времени при относительно небольшом повышении

Бигелоу обратил внимание на то, что если кривые летального времени построить на полулогарифмической бумаге, отложив на горизонтальной оси температуру в линейных отрезках, а на вертикальной - логарифмы значений летального времени, то кривые эти выпрямляются. Так, зависимость летальное время - температура для *Cl. botulinum*, выраженная по такой системе, по данным Ч. Болла, имеет вид, представленный на рис. 47.

Способность кривых летального времени выпрямляться при построении в полулогарифмических координатах дает возможность характеризовать их простыми аналитическими выражениями.

Представим, что необходимо вывести уравнение прямой линии, пересекающей координатные оси на графике, построенном в полулогарифмической сетке (рис. 48).

Допустим, что мы взяли наклонную прямую линию, пересекающую вертикальную ось в точке В, а горизонтальную-в точке А, при этом на горизонтальной оси откладываются температуры стерилизации в линейных единицах в порядке возрастания слева направо, а на вертикальной-логарифмы значений летального времени в возрастающем порядке снизу вверх.

Имеется в виду, что в точке О

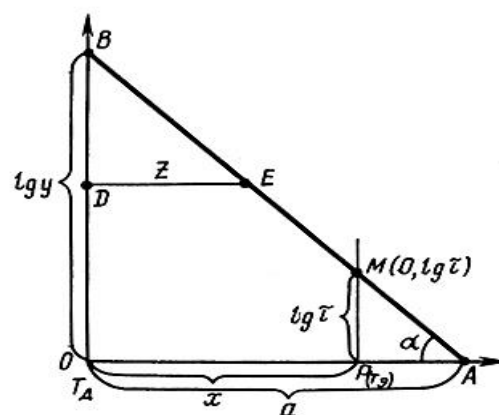


Рис 48. Теоретическая кривая летального времени (к выводу формулы)

проставлено значение любой данной температуры стерилизации T_d (например, 100°C), а в точке Р- значение той температуры стерилизации T_{Δ} , с действием которой сравнивается действие температуры T_d и которая, следовательно, принимается за эталонную точку (например, 120°C). Так что фактически ось $\gg$ проходит через точку Р(T_{Δ}), которая и является началом координатной сетки.

Координаты точки В будут: абсцисса ОР - x , ордината ВО - $\lg y$.

Координаты же точки М, через которую проведена вертикальная ось, будут: абсцисса - нуль, ордината МР- $\lg r$.

При последующем рассмотрении подобных треугольников ВОА и МРА обозначим ОА через a , тогда РА равно $a - x$.

Из правила подобия следует, что

$$\text{ВО} / \text{МР} = \text{ОА} / \text{РА}. \quad (59)$$

Подставим принятые обозначения:

$$\lg y / \lg r = a / (a - x).$$

Отсюда

$$\lg r = \lg y(a - x) / a = (a \lg y - x \lg y) / a;$$

$$\lg r = \lg y - \frac{\lg y}{a} x$$

$$\lg y - \lg r = \frac{\lg y}{a} x$$

Следовательно,

$$\lg(y / r) = \frac{\lg y}{a} x. \quad (60)$$

Но коэффициент $\lg y / a$ при x -это отношение ВО/ОА - тангенс угла наклона α прямой В А, угловой коэффициент, характеризующий наклон этой прямой к горизонтальной оси и, следовательно, свидетельствующий о той или иной термоустойчивости данной микрофлоры (чем круче прямая, тем данная культура менее устойчива, чем положе - тем более устойчива к тепловому воздействию).

Таким образом, уравнение можно представить и так:

$$\lg(y/r) = x \operatorname{tg} \alpha = Kx. \quad (61)$$

Другая специфическая черта настоящих выкладок заключается в том, что при выводе окончательного уравнения такой прямой представилось удобным выразить угловой коэффициент $K = \lg y / \alpha$ другим отношением, в котором произвольные катеты $\lg y$ и α заменены другими, вполне определенными, не связанными с произвольной точкой В.

При рассмотрении рис. 44 видно, что угловым коэффициентом может быть не только отношение $\lg y / \alpha$, т. е. отношение BO/OA , но и отношение любых других катетов, только бы они относились к подобным треугольникам, например, отношение BD / DE . При этом точку D выбирают так, что числовое значение в этой точке в 10 раз меньше, чем в точке В.

Тогда, если принять, что отрезок BO это $\lg 10l$, а DO - $\lg l$ (где l - любое значение по логарифмической шкале ординат), то катет $BD = BO - DO = \lg 10l - \lg l = \lg 10l / 1 = \lg 10 = 1$. Таким образом, если взять за основу тот путь, который прямая В А проходит за один логарифмический цикл (т. е. когда числовое значение на оси ординат уменьшается в 10 раз) - в данном примере этот путь представлен катетом DE , который принято обозначать буквой z , - то угловой коэффициент BD/DE будет равен $1/z$.

Тогда уравнение (61) можно записать так:

Получается, что константой, характеризующей наклон этой полулогарифмической прямой линии (а следовательно, и термоустойчивости микроорганизмов), является $1/z$. Но поскольку $1/z$ -константа, катет z тоже константа (ибо вертикальный катет - единица - постоянная величина).

В окончательном виде уравнение полулогарифмической прямой записывается следующим образом:

$$\text{Lg}(y/r) = x/z. \quad (63)$$

В этом уравнении:

y - ордината любой точки на кривой летального времени, т. е. летальное время, соответствующее любой данной температуре в точке T_d (мин); r - ордината той точки кривой, которая соответствует определенной, заранее обусловленной точке на горизонтальной температурной оси, иными словами,

r - летальное время, "соответствующее той заранее обусловленной «эталонной» температуре T_d , которая взята за мерилло для сравнения (мин); x - абсцисса любой точки на кривой, т. е. расстояние по горизонтальной оси от какой-то основной точки, через которую проходит вертикальная ось, до любой точки на кривой, иными словами, x - разность температур между какой-то заранее обусловленной температурой, взятой за мерилло для сравнения T_z , и любой другой температурой стерилизации T_d , $x = T_z - T_d$; z - расстояние по оси абсцисс, которое проходит кривая за время, равное одному логарифмическому циклу/Можно сказать также, что z - разность температур за один логарифмический цикл или же число градусов, на которое нужно повысить температуру стерилизации, чтобы летальное время уменьшилось в 10 раз.

z является константой термоустойчивости микроорганизмов, характеризующей их реакцию на переменное температурное поле; размерность z - $^{\circ}\text{C}^1$.

Уравнение (63) имеет важное практическое значение, ибо оно позволяет, взяв за эталон известное летальное время, соответствующее какой-нибудь определенной температуре, рассчитать летальное время для любой другой температуры. При этом уравнение (63) удобно преобразовать так, чтобы сразу определять y :

$$y = r \cdot 10^{x/z} \quad (64)$$

или

$$y = r \cdot 10^{(T_z - T_d)/z}. \quad (65)$$

Пример. Допустим, что летальное время для каких-либо микроорганизмов при температуре 120°C - 4 мин, z равен 10°C . Требуется определить, какое потребуется время для уничтожения микробов, если температуру стерилизации понизить до 100°C .

По формуле (65)

$$Y = 4 \cdot 10^{(120-100)/10} = 4 \cdot 10^2 = 400 \text{ мин.}$$

Таким образом, получилось, что при понижении температуры на 20°C летальное время возросло в 100 раз и составило несколько часов.

Если же предположить, что стерилизация будет проводиться при более высокой чем 120°C температуре, например при 140°C, то летальное время резко снизится и составит:

$$y = 4 \cdot 10^{(120-100)/10} = 4 \cdot 10^2 = 0,04 \text{ мин, или}$$

всего около 2,5 с.

Отсюда вытекает, что стерилизацию можно проводить при разных температурах, меняться будет лишь продолжительность процесса. В связи с этим возникает вопрос, что лучше - дольше стерилизовать при умеренных температурах или же стерилизовать быстро - при высоких температурных уровнях.

Для ответа на этот вопрос необходимо принять во внимание соображения, относящиеся к качеству стерилизованной продукции, к характеристике процесса стерилизации с количественной стороны.

Еще недавно считалось, что тепловая обработка пищевых продуктов при высоких температурах вызывает ряд нежелательных изменений их качества и прежде всего органолептических свойств, вследствие чего, будто бы, технологические процессы (сушки, варки, стерилизации) следует проводить при умеренных температурных условиях.

Об ухудшении качества судили по гидролитическим реакциям, часть которых приводит к размягчению пищевых продуктов. В какой-то мере они необходимы, однако их следует поддерживать в определенных границах, иначе продукты получаются разваренными.

Другой тип нежелательных изменений связывают с так называемыми меланоидиновыми реакциями, протекающими между редуцирующими сахарами и свободными аминокислотами. В результате образуются сахаропротеиновые комплексные темноокрашенные соединения, придающие пищевым продуктам характерные и нежелательные «уваренные» тона, привкусы пригара и т. п.

Однако по мере накопления, полученной в процессе исследований информации, становилось ясно, что глубину упомянутых реакций нельзя связывать только лишь с одним фактором - температурным уровнем процесса, а следует учитывать два фактора: температуру и продолжительность выдержки продукта при этой температуре [32].

Оказалось, что для ограничения и подавления сахароаминных реакций следует найти оптимальное сочетание пары температура - время.

Возьмем для примера процесс потемнения пищевых продуктов при тепловой обработке, приняв в качестве критерия интенсивность протекающих деградиционных реакций ухудшения окраски. Исследования показали, что скорость реакций деградации, безусловно, растет с повышением температуры, однако время, необходимое для достижения стерильности пищевых продуктов, с повышением температуры уменьшается в неизмеримо большей степени.

Иначе говоря, повышая температуру стерилизации, мы добиваемся уничтожения возбудителей порчи задолго до того, как реакции деградации пищевых веществ приобретут существенное значение для качества.

Сказанное четко иллюстрируется кривой на рис. 45, на котором показана степень потемнения пищевого продукта при использовании разных температурных уровней стерилизации. По вертикальной оси отложена степень потемнения в условных единицах (степень потемнения при 110°C принята за 1,00 единиц), по горизонтальной - температура стерилизации.

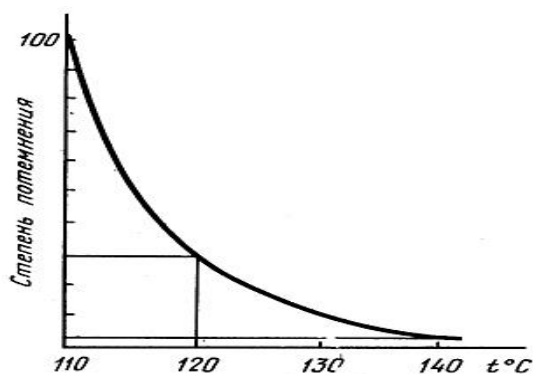


Рис. 49. Степень потемнения продукта при разных температурах стерилизации

Из рисунка видно, что с повышением температуры стерилизации степень потемнения резко уменьшается. Так, при 120°C она составляет всего 30% от окраски при 110°C, а при 140°C - всего 2%. Следует иметь в виду, что отложенные на кривой точки не

означают равную продолжительность выдержки при указанных температурах, а являются лишь изолетальными, т. е. характеризуют такое сочетание летальных факторов (температура - время), при котором степень уничтожения микроорганизмов одинакова. Поэтому продолжительность воздействия фигурирующих на графике температур резко различалась. Так, для достижения летального эффекта при 120°C требовалась 10-минутная выдержка, а при 140°C тот же стерилизационный эффект достигался всего за 8 с.

Таким образом, получается, что для замедления химических реакции, вызывающих ухудшение качества стерилизованной продукции, следует вести тепловую обработку при возможно более высоких температурах в течение очень короткого промежутка времени. В литературе этот принцип принято именовать высокотемпературной кратковременной стерилизацией (ВТКВ).

Итак, вопрос о выборе температуры стерилизации с позиций качества продукции ясен. Перейдем к влиянию температуры стерилизации на количественную характеристику процесса.

С одной стороны, казалось бы, применение высокотемпературных кратковременных режимов стерилизации следует только приветствовать, ибо помимо улучшения качества продукции резко сокращается продолжительность обработки, и, следовательно, во много раз увеличивается пропускная способность стерилизационной аппаратуры.

Однако на деле проблема использования высокотемпературных кратковременных режимов оказывается очень сложной, стоит только представить протекание процесса тепловой обработки консервных банок в современных стерилизационных аппаратах.

Допустим, что мы задались целью простерилизовать консервы в автоклавах при температуре 140°C, имея в виду, что содержимое -банки должно быть прогрето до этой температуры на всю глубину. Но в техническом отношении невозможно, в течение всего-лишь нескольких секунд прогреть автоклав до 140°C, а самое главное, нельзя очень быстро

прогреть на всю глубину содержимое консервной банки. Чтобы достигнуть температуры 140°C в центре банки, требуется, по крайней мере, несколько минут, а это, с позиций качества продукции, совершенно недопустимо. Как отмечалось, температура 140°C оказывает благоприятное влияние на качество только в том случае, если она поддерживалась лишь в течение нескольких секунд. К тому же, когда Температура 140°C достигнет глубины продукта и уничтожит находящуюся там микрофлору, «убрать» ее быстро, за несколько секунд при охлаждении консервов в автоклаве после стерилизации также невозможно. Получается* что стерилизация консервов при 140°C в автоклавах по чисто техническим причинам не может быть осуществлена за несколько секунд, а должна длиться многие минуты, что неминуемо приведет к резкому ухудшению качества продукции.

Вот почему новый технологический процесс - высокотемпературная кратковременная стерилизация - не может быть реализован в обычных стерилизационных аппаратах, а требует нового аппаратного оформления.

Применяющиеся для этой цели установки бывают разные по конструкции, но отличаются одним и тем же принципом, который заключается в том, что пищевой продукт, обычно в тонком слое, стерилизуется при повышенных температурах тем или иным способом до фасовки в тару, затем охлаждается в стерильных условиях, фасуется в стерильно подготовленную тару, которая вслед затем герметизируется в стерильных условиях. Получается, что стерильно подготовленный пищевой продукт фасуется в стерильных условиях в стерильно подготовленную и герметически укупориваемую тару, которая уже не нуждается в дальнейшей тепловой обработке. Такой способ сохранения пищевых продуктов называют асептическим консервированием.

Один из вариантов асептического, консервирования, называемый процессом Смита- Болла, представлен на рис. 50.

Подлежащий консервированию однородный малоокислотный пищевой продукт (например, мясо-овощная зернистая масса) попадает в бункер и

через шлюзовой затвор направляется в подогреватель - стерилизатор. Этот аппарат представляет собою паровую трубу большого диаметра, в которой один под другим расположены три ленточных транспортера. Продукт разбрасывается по ленте из нержавеющей стали тонким слоем, что позволяет быстро прогреть его до температуры 140-150°C. Время перемещения продукта по ленточным транспортерам в паровой атмосфере подогревателя-стерилизатора измеряется несколькими десятками секунд, чего вполне достаточно для достижения стерильности продукта в тонком слое при этой высокой температуре.

Стерильный продукт через шлюзовой затвор передается в барокамеру, где в стерильных (асептических) условиях производится его фасовка в стерильную тару и герметизация.

Барокамера представляет собой помещение, выложенное стальными плитами толщиной в полдюйма. В этой камере с помощью сжатого воздуха создается избыточное давление в 0,1-0,15 МПа, что позволяет фасовать и закатывать консервы при температуре 120°C и выше.

В обычном помещении, где имеется атмосферное давление, температура продукта при фасовке падала бы до 100°C, при этом нельзя надежно простерилизовать подаваемую под фасовку тару и наполнитель, ибо в таких условиях используемый для тепловой обработки тары и аппаратуры острый пар не может быть нагрет до температуры выше 100°C, что необходимо для некислотных продуктов. Поэтому в обычном помещении завершить должным образом асептическое консервирование нельзя. Простерилизованный до фасовки продукт сразу бы вторично обсеменялся в нестерильном наполнителе, попадал бы в нестерильную тару. В общем, в таких условиях получить надежно законсервированный пищевой продукт невозможно.

В барокамеру же можно подать пар, имеющий температуру не меньше 120°C. С помощью этого пара в течение нескольких минут добиваются до начала работы абсолютной стерильности внутренней поверхности стен, пола

и потолка. Высокотемпературным паром можно быстро простерилизовать находящееся в камере технологическое оборудование: наполнитель и закаточную машину.

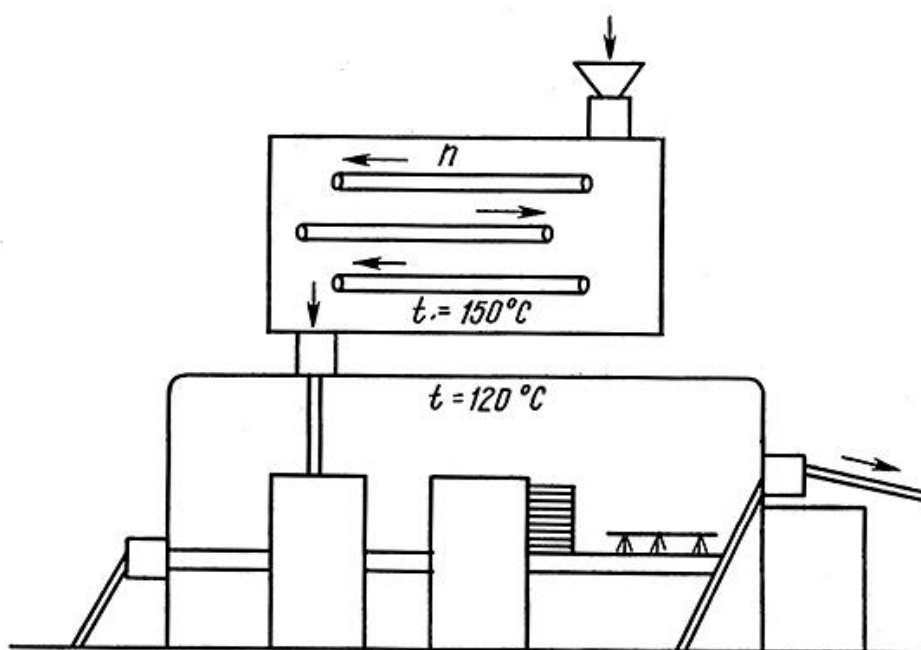


Рис. 50. Процесс Смита- Болла

Через одну из торцовых стен камеры через шлюзовой затвор подаются внутрь по транспортеру жестяные банки, которые стерилизуются в ленточном шпарителе острым паром при той же повышенной температуре (около 120°C). Таким образом, стерильная тара подается в наполнитель под фасовку.

Пищевой продукт, поступивший сверху из подогревателя в установленный в барокамере наполнитель, благодаря сбросу давления самопроизвольно охлаждается со 140-150 до 120°C и при этой температуре фасуется в тару.

Наполненные стерильные банки подаются на закаточную машину, снабженную устройством для паровой стерилизации крышек.

Поступающий в камеру сжатый воздух проходит через обеспложивающий фильтр и также является стерильным.

В барокамере имеется система кондиционирования воздуха, что облегчает условия труда обслуживающего персонала.

Закатанные банки охлаждаются, проходя по транспортеру, водой, подаваемой через душевые насадки, и удаляются из камеры через шлюзовой затвор.

На другом торцовом конце камеры имеется тамбур, в котором осуществляется процедура декомпрессии (постепенного сброса давления) для выходящих из камеры рабочих и который дает возможность людям входить и выходить из камеры, не нарушая в ней установленного давления.

Необходимо отметить, что эти и им подобные установки, позволяющие осуществить принцип высокотемпературной стерилизации, хотя и являются высшей ступенью в технике консервирования пищевых продуктов, но очень сложны и не могут повсеместно вытеснить обычные стерилизационные аппараты. Более подробно асептическое консервирование будет освещено в главе X [36, 37].

Следует также иметь в виду одно обстоятельство, которое ограничивает снижение времени стерилизации за счет повышения температуры, это сохранность ферментов. Исследования показали, что при обычной стерилизации, которая продолжается при умеренных температурах довольно долго, сначала инактивируются ферменты, а затем уже погибают микроорганизмы. Поэтому процесс обычной стерилизации «настраивают» по микробам, справедливо полагая, что к тому времени, когда микроорганизмы будут уничтожены, ферменты и подавно окажутся инактивированными.

При высокотемпературной же кратковременной стерилизации ферменты оказываются более термоустойчивыми, чем микроорганизмы. Поэтому возможен случай, когда уничтожение микробов при данном режиме стерилизации будет обеспечено, ферменты же из-за сильного снижения времени тепловой обработки останутся не инактивированными. Несмотря на стерильность, такие консервы не будут стойкими при хранении и могут подвергнуться ферментативной порче.

Химический состав консервов. Даже при определенной температуре летальное время не является одинаковым для микробов, находящихся в разных продуктах: нельзя говорить о летальном времени при данной температуре безотносительно к среде, в которой находятся микробы.

Выше было отмечено влияние кислотности среды на развитие микроорганизмов. Можно сказать, что из нескольких факторов внешней среды, которые влияют на термоустойчивость микробов, концентрация водородных ионов нагреваемой среды является самым главным.

По данным Баумгартнера, максимальная термоустойчивость спорообразующих бактерий проявляется в нейтральной области - при pH 6-7; по обе стороны этой области термоустойчивость быстро снижается. Эсти и Мейер обнаружили, что максимальная термоустойчивость *Cl. botulinum* отмечается при pH 6,3-6,9. Вильяме заметил, что споры *B. subtilis* наиболее устойчивы между pH 6,8 и pH 7,6. Дрожжи, которые изучались Бимером и Таккером, при pH 6,8 были более устойчивыми, чем при pH 3,8.

Нужно, однако, сказать, что, несмотря на справедливость общего правила обратной зависимости между активной кислотностью среды и летальным временем, в целом оно оказывается верным не при всех диапазонах pH. Так, Эсти и Мейер утверждают, что при pH выше 5,0 какой-то еще фактор, кроме концентрации водородных ионов, оказывает сильнейшее влияние на летальное время. Ланг, изучая режимы стерилизации рыбных продуктов, не нашел определенной зависимости между pH и летальным временем для спор *Cl. botulinum* в интервале 5,2-6,8. Правда, при pH 4,9 наблюдалось заметное снижение термоустойчивости.

По данным А. И. Рогачевой, немалое влияние на термоустойчивость оказывает не только активная кислотность среды, но и природа самой кислоты. Так, наиболее обеспоживающим действием при одном и том же pH обладает молочная кислота, затем следует яблочная. Несколько слабее действуют на бактерии уксусная и лимонная кислоты.

Из других элементов химического состава консервов наибольшее влияние на летальное время оказывают антибиотические вещества растительного происхождения - фитонциды. Работами А. И. Рогачевой с сотрудниками установлено, что время, необходимое для тепловой стерилизации консервов, снижается при добавлении в них таких богатых фитонцидами овощей или растений, как лук, томаты, перец, чеснок, морковь, белые корнеплоды, ревень, сухие пряности и горчица. В ряде случаев оказывается более эффективным добавлять не растения, а приготовленные из них концентраты фитонцидов. Например, вместо томатного соуса, можно вносить в пищевой продукт фитонцидный концентрат томатов, называемый томатином или ликоперсицином, а вместо горчицы действующее начало этого растения - эфирное аллилгорчичное масло $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2\text{CNS}$. По данным А. И. Рогачевой [23], добавление к маринадам нескольких миллионных долей (т. е. нескольких десятитысячных процента) аллилового масла позволяет не только снизить продолжительность стерилизации этих консервов, но и вообще обойтись без тепловой обработки. Об этом же говорят и наши исследования, которые показали резкое повышение микробиологической стабильности виноградного сока при хранении его в танках на холоде при добавлении всего 0,0001% аллилгорчичного масла.

Значительное влияние на летальное время оказывают жиры, однако, в отличие от кислот и фитонцидов, они не понижают, а повышают термоустойчивость микроорганизмов. Защитное действие жиров объясняется с позиций физико-химических превращений, происходящих на границе двух различных гетерогенных жидкостей: белковый коллоидный раствор (микробная клетка) - жир.

Как известно, при соприкосновении гидрофильных коллоидов (белков, сапонинов, мыл и т. п.) с жиром на границе двух фаз почти мгновенно образуется своего рода коагуляционная пленка, основательно изолирующая эти фазы друг от друга. Если капелька жира попадает в водный белковый раствор, то она сразу окружается белковой пленкой. Если капелька белкового

коллоидного раствора попадает в жир, то эта капелька тоже сразу будет окружена плотным межфазным чехлом. Эти межфазные чехлы представляют собой полярные молекулы, которые строго ориентируются на поверхности двух фаз, направляясь в данном случае друг к другу своими гидрофобными концами. Наличие плотного гидрофобного чехла вокруг бактериальной клетки препятствует подходу влаги к ней и затрудняет тем самым коагуляцию белков, являющуюся, как известно, гидратационной реакцией. Термическая обработка микробной клетки в таких условиях напоминает воздействие «сухого жара», к которому микроорганизмы более устойчивы, чем к «влажному». Поэтому консервы, содержащие жиры (например, рыбные консервы в масле, «Свинина тушеная» и т. п.), нужно стерилизовать дольше, чем консервы, не содержащие жира.

Определенное влияние на летальное время оказывают *сахар* и *сахарные сиропы*. Многие ученые обратили внимание на то, что сахар оказывает защитное влияние на микробы при нагревании среды. Так, Петерсон, Левин и Буханан нашли, что дрожжи при 100°C легче погибают в дистиллированной воде, чем в сиропе. Летальное же время в сиропе крепостью 24° Боме оказалось гораздо меньше, чем в сиропе, крепость которого составляла 36° Боме (соответственно 6 и 28 мин). Баумгартнер и Уоллес обнаружили, что выживаемость микроба *Escherichia coli* при 70°C возросла при переходе от воды к 30%-ному сахарному сиропу с 4 до 30 мин. По-видимому, защитное действие сахара на микроорганизмы объясняется тем, что в сахарных сиропах происходит осмотическое отсасывание влаги из микробных клеток, и именно пониженное содержание влаги делает микробную клетку устойчивой к нагреванию.

Небольшие концентрации соли в пищевых продуктах влияют на микроорганизмы при нагревании защитным образом, в то время как повышенное содержание соли способствует быстрейшему уничтожению микроорганизмов. Так, Вильжуан приводит следующие данные о

выживаемости микроорганизмов в рассоле консервов «Зеленый горошек» при 115°C (табл. 22).

Таблица 22 – Выживаемость микроорганизмов

Концентрация соли %	Выживаемость микроорганизмов, %	Концентрация соли %	Выживаемость микроорганизмов, в, %
-	15,0	2,0	75,6
0,5	37,8	2,5	78,9
1,0	86,7	3,0	40,0
1,5	73,3	4,0	13,3

В этих опытах соль оказывала защитное действие в концентрациях до 2,5% включительно, после чего следовало резкое снижение термоустойчивости. Эсти и Мейер отметили, что 1-2%-ные концентрации соли увеличивают термоустойчивость *Cl. botulinum*, но при содержании соли свыше 8% летальное время снижается. Можно предположить[^] что в небольших концентрациях соль осмотически высасывает влагу из микробной клетки, как это происходит и в сахарных сиропах, и тем повышает ее устойчивость к нагреванию. При повышенных же концентрациях соли начинает проявляться электролитическое высаливающее действие хлорида натрия, в результате чего склонность белков протоплазмы к коагуляции возрастает и летальное время уменьшается.

Вид микроорганизмов и их количество. Летальное время в сильнейшей мере зависит от характера микрофлоры, Способной развиваться в данном пищевом продукте, так как разные микробы неодинаково переносят нагревание.

Если вести нагревание разных микробов при одной и той же температуре и одинаковой кислотности среды, то вегетативные клетки бактерий погибают гораздо быстрее, чем споры. Некоторые ученые объясняют это тем, что споры бактерий содержат мало воды, а в условиях малого содержания влаги, как уже отмечалось, затрудняется процесс коагуляции белков, вызывающий смерть бактериальной клетки при

нагревании. Другие исследователи показали, что общее содержание влаги как в вегетативной клетке, так и в споре примерно одинаково. Поэтому, говоря о малом содержании влаги в спорах, следует иметь в виду не общую, а свободную влагу. Все дело в том, что большая часть влаги в споре находится в связанном состоянии и, следовательно, не может принять участия в коагуляции клеточных протеинов. Кроме того, устойчивость спор к нагреванию объясняется наличием у них плотной водонепроницаемой оболочки, не пропускающей окружающую влагу внутрь споры.

Вот почему летальное время для большинства бесспорных бактерий (т.е. для вегетативных клеток) составляет всего несколько минут при температуре 60-80°C. Наибольшее летальное время обнаружено у *Vac. coli* - 15 мин при 80°C. Гораздо длительнее летальное время для спорообразующих микробов (т. е. их спор). Так, по данным А. И. Рогачевой, летальное время при 100°C составляет для спор *B. subtilis* - 120 мин, *B. mesentericus* - 110 мин, *B. botulinum* (штамм В) - 150 мин, *B. botulinum* (штамм А) - 300 мин.

Бигелоу и Эсти заметили, что некоторые термофильные микроорганизмы выдерживают непрерывное кипячение в кукурузном соке при pH 6,1 в течение 24 ч. Донк сообщил, что смертельное время для одного из плоскокислых термофилов при pH 6,1 и температуре 120°C составляет 11 мин, а Вильяме, Мерилл и Камерон нашли, что летальное время для одного из микробов, относящихся к этой же группе, составляет при 120°C в буферной среде (pH 6,95) 35 мин.

Большое влияние на летальное время оказывает и *количество микроорганизмов*. На первый взгляд может показаться странным, что чем больше микроорганизмов находится в определенном объеме стерилизуемого продукта, тем больше времени требуется для их уничтожения, однако это твердо установленный факт. Для примера приведем данные одного исследования (табл. 23).

Если обратиться, например, к культуре 26, то получается, что при уменьшении начального содержания спор микроорганизмов с 46000 до 40, т.

е. примерно в 1000 раз, летальное время сокращается почти в 3 раза, т. е. значительно.

Казалось бы, что при погружении микроорганизмов в среду, нагретую до достаточно высокого уровня, время уничтожения не должно зависеть от их количества, ибо ни о какой взаимной поддержке «попавших в беду» микробов речи быть не может. Однако в литературе можно встретить толкование, согласно которому микроорганизмы, почувствовав приближение грозного фактора (т. е. роста температуры среды), собираются в колонии, и к тем из них, которые находятся внутри такой «кучки», тепло проникает дольше, чем к тем, которые находятся на периферии колонии. Если же спор мало, то колонии не образуются, следовательно, микроорганизмы уничтожаются быстрее, чем в предыдущем случае. Однако в связи с ничтожной массой микробов (даже если их очень много) трудно себе представить, чтобы время проникновения тепла в глубь колонии могло бы отличаться от продолжительности прогрева отдельных клеток даже на секунды, не то что на десятки минут, как это видно из табл. 23.

Таблица 23- Продолжительности прогрева отдельных клеток

Номер культуры	Число спор в 1 см ³	Время, требуемое для уничтожения чпор при 115С ⁰ .	Номер культуры	Число спор в 1 см ³	Время,требуемое для уничтожения чпор при 115С ⁰
26	46000	65		278	21
	43000	35		58	10
	400	28		35000	50
	40	22	4112	1000	28
4019	35000	42		100	18
	2550	26		13	10

Оказывается, дело вовсе не в колониях, а в закономерностях, связанных с кинетикой отмирания микробных клеток при повышенных температурах. Изучая гибель микроорганизмов под влиянием нагревания, исследователи пришли к убеждению, что с физико-химической стороны процессы, вызывающие смерть микробной клетки, представляют собой

мономолекулярную реакцию коагуляции белков протоплазмы и что, следовательно, скорость уничтожения микробов поддается математическому анализу, справедливому для реакции первого порядка. Исходя из этой предпосылки, можно записать, что

$$- dN/dr = K_0 N, \quad (66)$$

где K_0 - коэффициент скорости уничтожения микробов, имеющий размерность, обратную времени, мин^{-1} ; N - количество микроорганизмов к началу стерилизации; $-dN/dr$ - истинная скорость уничтожения микробов, представляющая собой производную количества микроорганизмов по времени.

Знак «минус» при производной указывает, что при нагревании количество микроорганизмов уменьшается. Следовательно, в каждый последующий промежуток времени количество микроорганизмов будет меньше, чем в предыдущий, и бесконечно малое «приращение» dN микроорганизмов за бесконечно малый промежуток времени Jx имеет отрицательный характер, а значит, и производная $dN/dr < 0$.

Разделяя переменные в уравнении (66)

$$- dN/N = K_0 dr,$$

или

$$dN/N = - K_0 dr$$

и, интегрируя его, получим

$$\ln N = -K_0 r + C,$$

$$\ln N = -K_0 r + C \quad (67)$$

Постоянную интегрирования C находим, полагая, что $r = 0$, т.е. когда процесс еще не начался и когда, следовательно, количество микроорганизмов, подлежащих уничтожению путем нагревания, можно назвать начальным и обозначить N_0 . Тогда $C = \ln N_0$. Отсюда

$$\ln N = -K_0 r + \ln N_0,$$

$$\ln N_0 - \ln N = K_0 r,$$

или

$$\ln N_0/N = K_0 r.$$

Если обозначить начальное количество микроорганизмов N_0 через B , а количество микроорганизмов в конце процесса стерилизации N через b и далее заменить натуральный логарифм отношения на десятичный (т. е. если в константу скорости реакции K_0 ввести коэффициент пересчета натуральных логарифмов в десятичные, обозначив новое значение константы $K = K_0/2,303$), то окончательно получим

$$\lg (B/b) - K r. \quad (68)$$

Часто это уравнение выражают в такой форме:

$$K = 1/r \lg(B/b). \quad (69)$$

Из уравнения (69) видно, что скорость уничтожения микроорганизмов подчиняется логарифмическому закону и что она зависит от количества микроорганизмов.

Проанализируем полученные выражения. Из уравнения (68) получается, что

$$B/b = 10^{kr}, \quad (70)$$

значит,

$$b/B = 1/10^{kr} \quad (71)$$

и

$$b = B/10^{kr}. \quad (72)$$

Из всего того, что было сказано выше, можно заключить, что константа K находится в прямой зависимости от агрессивного характера среды A , в которой находятся микроорганизмы (например, от активной кислотности, содержания фитонцидов и т. п.), от степени неустойчивости S данного вида микроорганизмов к температурному фактору и от температуры стерилизации T . Следовательно,

$$K = f(A, S, T) \quad (73)$$

С учетом этой зависимости выражение (71) примет вид

$$b/B = 1/10^{f(A, S, T)r}, \quad (74)$$

а формула (72) превратится в формулу

$$b = B/10^{f(A, S, T)r} \quad (75)$$

Из формулы (74) видны все факторы, от которых зависит доля выживающих при стерилизации микроорганизмов b/B . Она будет тем меньше, чем больше степень нетермоустойчивости данного вида микроорганизмов S , чем более агрессивен химический состав данного пищевого продукта в отношении микроорганизмов A , чем выше температура стерилизации T и чем дольше время тепловой обработки r .

Из уравнения (75), так же как из уравнения (72), видно, что при данных условиях стерилизации (т. е. для данного продукта, при определенных температуре и времени стерилизации) количество выживающих к концу процесса микроорганизмов b прямо пропорционально их начальному содержанию B . Таким образом, чем меньше микроорганизмов окажется в пищевом продукте к началу стерилизации, тем меньше их будет в консервах к концу процесса. Это очень важный в практическом отношении вывод, говорящий о необходимости поддержания высокого санитарно-гигиенического уровня на консервных заводах.

Из уравнения (68) можно определить время t , необходимое для уничтожения определенного в данных условиях количества микроорганизмов:

$$r = 1/K \lg(B/b). \quad (76)$$

Допустим, что имеется две банки с одинаковым пищевым продуктом, стерилизуемые в одних и тех же условиях, причем количество микроорганизмов в них в конце стерилизации b будет одинаково мало. Различаются между собой эти банки начальным количеством микроорганизмов, которых в одной из них (B_1) будет больше, а в другой (B_2) меньше. Тогда летальное время для первой банки будет равно

$$r_1 = 1/K \lg(B_1/b) = 1/K(\lg B_1 - \lg b),$$

а для второй

$$r_2 = I/K \lg(B_2/b) = I/K(\lg B_2 - \lg b).$$

Отношение летального времени составит:

$$r_1/r_2 = (\lg B_1 - \lg b)/(\lg B_2 - \lg b).$$

Поскольку величина b мала по условию, значением $\lg b$ можно пренебречь, тогда уравнение примет вид:

$$r_1/r_2 = \lg B_1/\lg B_2. \quad (77)$$

Если проанализировать экспериментальные данные табл. 22 с позиций этого уравнения, то оказывается, что во многих случаях расчетные значения близки к опытным. Так, если взять отношение логарифмов начального и конечного количества спор культуры 26, то получится

$$\lg 46000/\lg 40 = 4,66 : 1,6 \sim 2,92.$$

Фактическое же отношение летального времени в этом случае составляет:

$$r_1/r_2 = 65 : 22 = 2,95:$$

Или, скажем, для культуры 412 расчетные данные в диапазоне 1000-100 будут:

$$\lg 1000 / \lg 100 = 3 : 2 = 1,5,$$

а экспериментальное отношение смертельного времени по таблице в этом интервале

$$r_1/r_2 = 28 : 18 = 1,55.$$

В другом диапазоне для этой же культуры теоретический расчет дает

$$\lg 100 / \lg 13 = 2:1,11 = 1,8,$$

а фактически в этом диапазоне

$$r_1/r_2 = 18 : 10 = 1,8,$$

т. е. и здесь данные теоретического расчета и экспериментальные данные совпадают.

Вернемся к обсуждению вопроса о логарифмическом порядке гибели микроорганизмов при нагревании.

Если в уравнении (76) обозначить фактор $1/K$ через коэффициент D :

$$D = 1/K, \quad (78)$$

то выражение (76) можно записать:

$$r = D \lg(B/b), \quad (79)$$

отсюда

$$\lg(B/b) = r/D. \quad (80)$$

Рассматривая выражение (80), можно сказать, что оно тождественно формуле (63) и что, следовательно, ему должен соответствовать график, аналогичный приведенному на рис. 44. На горизонтальной оси откладывается летальное время в линейных отрезках, а на вертикальной - логарифмические значения количества микроорганизмов. На таком графике зависимость количество микроорганизмов - летальное время должна характеризоваться прямой линией (рис. 47).

Таким образом, применительно к этому графику

B - количество микроорганизмов к началу стерилизации;

b - количество микроорганизмов в конце стерилизации по прошествии t мин;

r - время, требующееся для уничтожения микроорганизмов в диапазоне количества B до b при какой-то постоянной температуре стерилизации;

D - время прохождения одного логарифмического цикла на шкале количества микроорганизмов, т. е. время, требующееся для снижения количества микроорганизмов в 10 раз. D называют также временем, требующимся для уничтожения 90% микроорганизмов.

Приведенный на рис. 47 график характеризует, так же, как и график на рис. 44, реакцию микроорганизмов на температурное воздействие. Однако если рис. 44 показывает реакцию микроорганизмов на переменное температурное поле, то рис. 47 - реакцию микроорганизмов на стационарное нагревание, на кинетику гибели их при постоянной температуре. Поэтому наклон прямой на рис. 51 характеризует термоустойчивость микроорганизмов в условиях такого прогревания, а следовательно,

соответствующей константой является тангенс угла наклона этой прямой, т.е. отношение вертикального катета к горизонтальному.

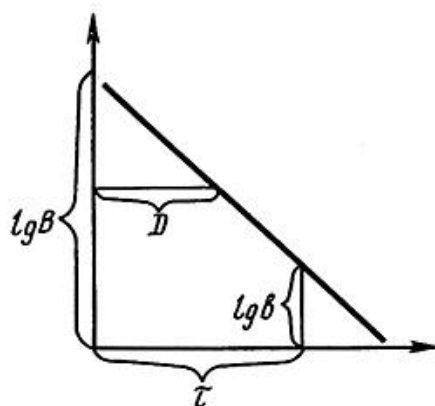


Рис. 51. Теоретическая кривая выживаемости спор микроорганизмов в полулогарифмических координатах

Из сказанного следует, что вертикальный катет, означающий десятикратное снижение количества микроорганизмов на логарифмической шкале, равен 1, а соответствующий ему горизонтальный катет обозначен через D.

Таким образом,

$$1/D = \operatorname{tg} \alpha = \operatorname{const}, \quad (81)$$

но поскольку в этом отношении числитель (единица) - тоже константа, константой является и величина D.

В термобактериологии величину D считают более удобным использовать в качестве константы термоустойчивости, чем обратную ей величину - константы скорости гибели микроорганизмов, поскольку ее значение находится в прямой зависимости от данного свойства микроорганизмов: чем больше значение D тем более устойчивы микроорганизмы к температурному фактору.

Поскольку D является по отношению к K обратной величиной, эта константа зависит от тех же факторов, что и константа скорости гибели микроорганизмов, но только в обратной корреляции; можно сказать, что

$$D = f(A^{-1}, S^{-1}, T^{-1}). \quad (82)$$

Так, степень нетермостойкости S - видовой признак, характеризующий, при прочих равных условиях, биологические особенности данного микроорганизма. Этот фактор, выраженный через константу D имеет следующие значения в буферном растворе при 121,1°C: для *Cl. botulinum* - 0,21 мин, *Cl. sporogenes* - 0,6-1,5 мин, *Bac. stearothermophilus* - 2-4 мин.

В обратной зависимости находится D и от агрессивного характера химического состава консервов A, например, от активной кислотности.

Следовательно, чем выше pH пищевого продукта, тем больше значение D. По данным В. И. Рогачева, Н. Н. Мазохиной и др. [31], значения D для *Vac. stearothermophilus* изменяются в зависимости от pH так, как показано в табл. 24.

Авторы даже предложили для этого случая эмпирическую зависимость между D и pH среды:

$$D_{121,1} = 1,7 \text{ pH} - 7,5$$

Наконец, D растет с понижением температуры стерилизации (T). Например, по данным Персиановой с сотрудниками, константа D для *Cl. botulinum* в «Икре из кабачков» (pH 4,8) имеет следующие значения: при 121,1°C - 0,044 мин, при 118°C - 0,086 мин, при 115°C - 0,216 мин.

Выражение (79) в удобном для расчетов виде можно переписать так:

$$r = D(\lg B - \lg b) \quad (83)$$

отсюда можно установить количество микроорганизмов в конце стерилизации (b):

$$\lg b - \lg B - r/D. \quad (84)$$

Возникает вопрос: как понимать дробное (меньше единицы) количество микроорганизмов в конце стерилизации. Например, количество спор по мере увеличения продолжительности стерилизации уменьшается до, скажем, десяти, пяти или одной клетки на банку. Если продолжать стерилизацию и после снижения количества спор до одной на банку, то споры будут обнаруживаться не в каждой банке, а, например, в одной из 10 или из 100 банок. Статистически в пересчете на одну банку эти конечные количества микроорганизмов можно выразить как 10^{-1} , 10^{-2} и т. д. Результат, полученный в последнем примере, следует толковать так, что в названных условиях стерилизации будет обнаруживаться только одна нестерильная банка (т. е. содержащая одну выжившую спору) из партии в 10 тыс. банок.

Таким образом, в связи с логарифмическим характером гибели микроорганизмов при нагревании полностью уничтожить их при стерилизации невозможно. Никогда число микроорганизмов путем тепловой

стерилизации (в пределах существующей техники проведения этого процесса, т. е. при нагревании во влажной среде) нельзя свести к нулю. Можно только уменьшать количество спор при нагревании, доводя их до одной на тысячу, на десять тысяч, на миллион и т. д. банок. Можно, следовательно, говорить не об абсолютной стерильности, а только о какой-то степени стерильности и, определяемой логарифмом отношения.

$$n = \lg(B/b). \quad (85)$$

Физический смысл этой величины легче уяснить, если рассмотреть логарифм обратной величины

$$\lg(b/B) = -n, \quad (86)$$

приняв, что степенью стерильности n называется логарифм доли выживших микроорганизмов, взятый с обратным знаком.

Таким образом точно так же, как нельзя говорить о полной стерильности, нельзя говорить и о летальном времени в

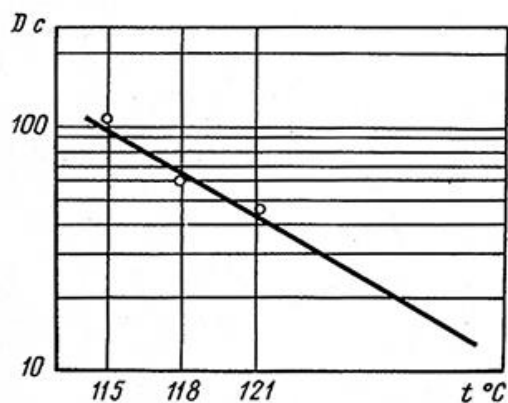


Рис. 52. Кривая летального времени в современной трактовке

абсолютном понимании, т. е. о времени полного уничтожения микроорганизмов.

Летальным временем можно назвать время, требующееся для достижения какой-то степени стерильности (более или менее высокой), т. е. для доведения первоначального количества микроорганизмов до какого-то заранее установленного и, конечно, очень малого уровня.

Вопрос о том, какова же должна быть степень стерильности консервов, чтобы можно было не опасаться пищевых отравлений и большого брака консервов при хранении, рассматривается в главе VIII.

Константу z в настоящее время определяют не как число градусов, на которое нужно повысить температуру стерилизации, чтобы летальное время

уменьшилось в 10 раз, а как повышение температуры, при котором D уменьшается в 10 раз. Соответственно этому график типа приведенного на рис. 43 теперь изображают иначе, отмечая на вертикальной логарифмической шкале не летальное время, а значения константы D (рис. 52) [38].

ГЛАВА VII

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕПЛОВОЙ СТЕРИЛИЗАЦИИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

На время проникновения тепла в глубь продукта оказывают влияние следующие факторы: физические свойства продукта; физические свойства материала тары, толщина стенки банки и ее геометрические размеры; начальная температура продукта; конечная (наивысшая) температура продукта; температура стерилизации; состояние покоя или движения банки при стерилизации.

7.1 Физические свойства продукта

Разные консервы значительно различаются по своим физическим свойствам: густоте, плотности, вязкости, которые принято объединять термином «консистенция».

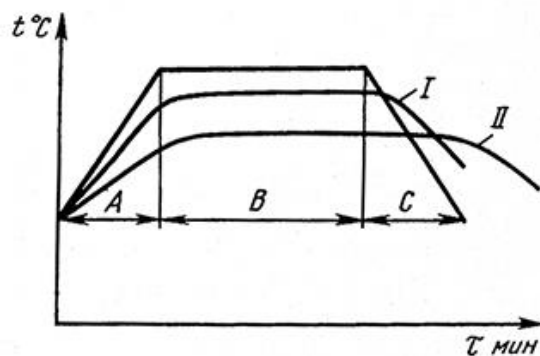
Имеются консервы жидкой консистенции, например фруктовые соки, тепло в которых передается при помощи конвективных токов. А так как конвекция в жидкостях осуществляется очень интенсивно, такие продукты прогреваются быстро.

Бывают пищевые продукты густой консистенции, например томатная паста, фруктовые пюре и соусы, паштеты, в которых при нагревании наблюдаются сильно ослабленные конвективные токи или они вовсе отсутствуют. Передача тепла в таких продуктах осуществляется в основном кондуктивным способом, путем теплопроводности. А так как коэффициент теплопроводности пищевых продуктов невелик, то такие продукты прогреваются медленно.

Многие консервы неоднородны по составу, т. е. содержат и твердую и жидкую фазы, например плоды и сахарный сироп (компоты), овощи, зерна и рассол («Зеленый горошек», маринады) и т. п. Для этих консервов

характерны два способа передачи тепла: конвекция и теплопроводность, причем конвективные токи при нагревании довольно сильны. По интенсивности прогрева такие консервы занимают промежуточное положение между предыдущими группами, больше, однако, приближаясь к первой.

Разницу между интенсивностью прогреваемости тех или иных пищевых продуктов легко заметить на так называемых графиках прогреваемости консервов, которые строятся в координатах: температура - время



стерилизации (рис. 49). Графики эти строят следующим образом. На горизонтальной оси откладывают

Рис. 49. Графики прогреваемости консервов при стерилизации
I - жидкие продукты; II - густые продукты

продолжительность стерилизации в минутах, начиная с момента пуска пара в автоклав и кончая моментом полного охлаждения аппарата, на вертикальной оси-соответственно каждому промежутку времени температуру стерилизации как в аппарате, так и в глубине продукта. При этом измерения температуры продукта производятся в точке наихудшей прогреваемости, которая для густых масс находится вблизи геометрического центра банки, а для жидких - ниже центра.

Таким образом, на графике показаны кривые прогреваемости автоклава и консервов.

Кривая прогрева автоклава имеет вид трапеции. Температура аппарата в период подогрева (A) равномерно повышается до заданной температуры стерилизации. Затем эта температура некоторое время поддерживается на постоянном уровне (B), называемом периодом собственно стерилизации, после чего равномерно понижается (C) до той точки, когда охлаждение аппарата можно считать законченным.

Указанный на графике ход температурной кривой аппарата принято называть режимом или формулой стерилизации, приводя ее в виде условной записи:

$$\frac{A - B - C}{t^\circ\text{C}}$$

(над чертой приводится продолжительность упомянутых выше этапов теплового режима, а под чертой - температура стерилизации).

Например, в каком-то частном случае формула стерилизации может иметь вид

$$\frac{25 - 75 - 30}{120^\circ\text{C}}$$

Это означает, что следует за 25 мин температуру аппарата равномерно поднять до 120°C , затем выдерживать ее на этом уровне в течение 75 мин, после чего за 30 мин аппарат равномерно охладить.

На рис. 49 показаны также кривые прогреваемости двух типов пищевых продуктов - жидкого (I), прогреваемого конвективным путем, и густого (II), в котором тепло распространяется путем теплопроводности.

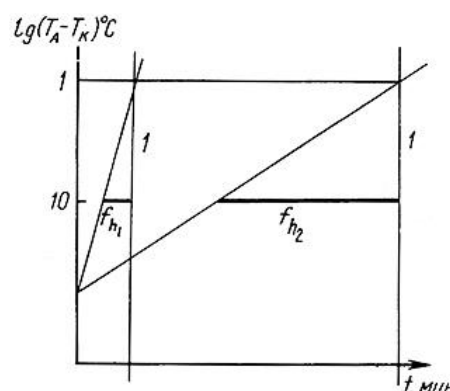


Рис. 50. Теоретические кривые термической инерции

Судя по рисунку, температурная кривая I несколько отстает от трапецевидной кривой аппарата. Наивысшая температура в банке достигается несколько позже, чем в аппарате, и уровень ее чуть ниже температуры стерилизации. Небольшое запаздывание этой кривой относительно кривой прогрева автоклава наблюдается и в период охлаждения.

Кривая прогреваемости густого продукта II заметно отличается от кривой прогрева аппарата. Во-первых, время достижения наивысшей температуры в центре банки наступает значительно позже, чем достигается температура стерилизации в аппарате, во-вторых, наивысшая температура

продукта отстает на несколько градусов от температуры стерилизации, и, следовательно, за ограниченное время теплового цикла в аппарате продукт не успевает прогреться до температуры стерилизации. Отмечается также заметное запаздывание момента начала охлаждения продукта относительно начала охлаждения аппарата.

Показанные на рис. 49 кривые наглядны, но имеют, так сказать, качественный характер, ибо каких-либо данных, позволяющих количественно сравнивать интенсивность прогрева разных по теплофизическим свойствам пищевых продуктов, на графике нет. Однако при определенной математической обработке кривых такие данные можно получить.

С позиции теории регулярного теплового режима, при математическом анализе исходных, «натуральных» кривых рассматривается прежде всего не вся кривая, а только та ее часть, которая относится к восходящей линии до достижения точки наивысшего нагрева. При этом новый график строится в полулогарифмических координатах. На горизонтальной оси (рис. 50) так же, как и на рис. 49, откладывается в линейных отрезках продолжительность стерилизации. Значительно отличается от представленной на рис. 49 вертикальная шкала. На ней откладывается не температура, а логарифмическое значение разности температур - между температурой аппарата T_A и той наивысшей температурой, которая достигнута в глубине продукта в данный момент T_k . Наконец, логарифмическая шкала построена так, чтобы разность температур возрастала сверху вниз. В таком случае получающиеся кривые удобно сопоставлять с «натуральной», исходной кривой прогрева, которая на рисунках всегда устремлена снизу вверх. Если бы откладывали разность температур в порядке возрастания снизу вверх, то получаемые кривые были бы всегда направлены сверху вниз, ибо разность температур имеет наибольшее значение в начале процесса и наименьшее - в конце; При указанных построениях кривые выпрямляются, что позволяет охарактеризовать их относительно простым аналитическим выражением

$$\text{Lg}[(T_A - T_H)/(T_A - T_K)] = r/f_h, \quad (87)$$

где r - время достижения в глубине продукта наивысшей температуры, мин;
 r/f_h - константа, характеризующая наклон выпрямленной кривой к горизонтальной оси.

Следует иметь в виду, что ось абсцисс проходит вверху, а не внизу, пересекая оси ординат каждой кривой в той точке, где разность температур составляет 1°C и где логарифмическое значение равно нулю. Оси ординат подразумеваются для каждой прямой свои. Так же как на рис. 44 и 47 применительно к кривым термоустойчивости микроорганизмов, наклон данных прямых удобно характеризовать не тангенсом угла, т. е. не отношением вертикального катета к горизонтальному, а лишь горизонтальным катетом f_h , величина которого находится в прямой корреляции с временем прогрева. При этом, как и в предыдущих случаях, горизонтальный катет соответствует прохождению одного логарифмического цикла на вертикальной оси, когда разность температур между аппаратом и продуктом изменяется в 10 раз. Тогда вертикальный катет равен логарифму 10, т.е. 1, тангенс угла наклона равен $1/f_h$, значит, и f_h тоже является константой. Можно определить f_h как время, в течение которого необходимо прогревать продукт, чтобы разность температур между аппаратом и продуктом сократилась в 10 раз. Естественно, что чем больше^, тем больше и время, требуемое для полного прогрева продукта. Таким образом, можно считать, что f_h является мерой термической инерции (если воспользоваться терминологией теории регулярного теплового режима) системы, f_h так и называют - константой, или постоянной термической инерции, а выражение (87) - уравнением термической инерции, которое для инженерных расчетов записывается в следующем виде:

$$r = f_h \lg [(T_A - T_H)/(T_A - T_K)] \quad (88)$$

При рассмотрении рис. 50 видно, что величина f_h для жидких пищевых продуктов значительно меньше, чем для густых; таким образом, появляется возможность делать количественные сравнения для оценки способности пищевых продуктов быстро или медленно прогреваться. Правда, ясно и то, что величина постоянной f_h зависит, по-видимому, не только от физических свойств продукта, но и от ряда других факторов, например от размера тары. Но если определить значения константы для разных пищевых продуктов в одной и той же таре и при прочих равных условиях, тогда разные пищевые продукты можно будет количественно характеризовать этим теплофизическим показателем.

На рис. 51 показаны кривые термической инерции ряда консервированных пищевых продуктов при стерилизации их в стеклянной полулитровой таре. Из рисунка видно, что термическая инерция различных пищевых продуктов колеблется в большом диапазоне, примерно в интервале 15-90 мин. При этом так называемые жидкие пищевые продукты, такие, как виноградный сок и консервы, содержащие плоды или зерна, залитые сиропом или рассолом («Зеленый горошек», компоты), характеризуются относительно небольшим значением постоянной f_h , примерно 15-25 мин.

Пищевые же продукты густой консистенции отличаются значительно большими величинами f_h : сок томатный-55 мин, томатное пюре - 80 мин, томатная паста - 90 мин. Отсюда можно заключить, что передача тепла при стерилизации виноградного сока производится в основном конвекцией, а при стерилизации томатной пасты (значения больше чем 90 мин ни у одного

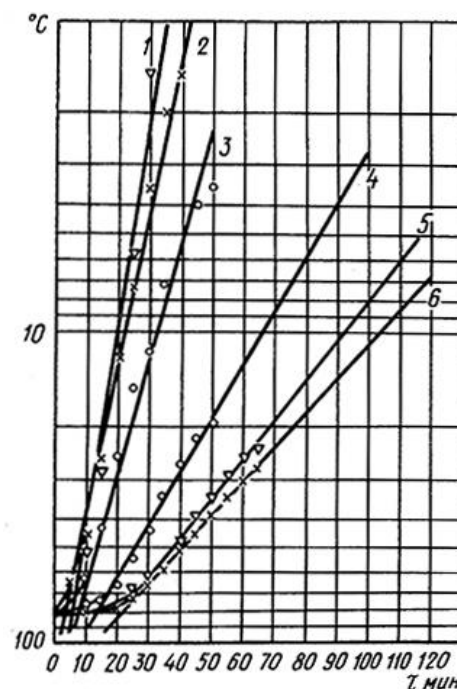


Рис. 51. Кривые термической инерции пищевых продуктов:
1 - виноградный сок; 2 - зеленый горошек; 3 - компот из яблок;
4 - томатный сок; 5 - томатное пюре;
6 - томатная паста

консервируемого пищевого продукта не найдено) - путем теплопроводности. Другие пищевые продукты занимают по этому показателю промежуточное положение, приближаясь то к одной, то к другой из полярных групп. Так, очевидно, при стерилизации «Зеленого горошка» и компотов преобладает конвективный теплообмен, а при стерилизации томатного сока и томатного пюре - кондуктивный (В. Н. Сторожук).

Пример. Стерилизуется в полулитровой, таре при 120°C жидкий продукт - свекольный сок ($f_h = 15$ мин) и густой паштет печеночный ($f_h = 90$ мин). Начальная температура продуктов 60°C, наивысшая 118°C. Рассчитать время достижения наивысшей температуры продукта в обоих случаях.

Для свекольного сока

$$r_1, - 15 \lg [(120-60) / (120-118)] = 15 \lg 30 = 15 \cdot 1,47 \sim 22 \text{ мин.}$$

Для паштета

$$r_2 = 90 \cdot 1,47 = 132 \text{ мин.}$$

Таким образом, физические свойства пищевых продуктов, а именно - термическая инерция их, оказывают огромное влияние на время проникновения тепла в центр банки.

7.2 Физические свойства материала тары

Толщина материала. Прежде чем проникнуть в продукт, тепло должно преодолеть термическое сопротивление стенки тары, которое зависит от толщины стенки δ , ее теплопроводности γ и выражается отношением δ/λ . Таким образом, термическое сопротивление стенки банки будет тем больше, чем больше ее толщина и чем меньше теплопроводность. Однако вопрос о том, с каким фактором нужно серьезно считаться в практическом отношении, т. е. с толщиной ли тары или с ее теплопроводностью, может быть решен только при рассмотрении свойств конкретных видов тары, применяемых в консервной промышленности.

Толщина стенки жестяной тары δ очень мала, колеблется в пределах 0,00020-0,00030 м. Теплопроводность же жести λ довольно велика, находится

в пределах 47-52 Вт/(м • К). Таким образом, термическое сопротивление стенки жестяной банки $\delta_{\text{ж}} = \delta_{\text{ж}}/\lambda_{\text{ж}}$ получается очень небольшим, оно может быть выражено приблизительно величиной $0,0002/47 \div 0,0003/47 = 0,00000425 \div 0,00000639$. В этом случае абсолютная величина знаменателя $\lambda_{\text{ж}}$ выражения $\delta_{\text{ж}}/\lambda_{\text{ж}}$ настолько велика по отношению к абсолютной величине числителя $\delta_{\text{ж}}$, что колебания этой последней не могут заметно повлиять на абсолютную величину дроби $\delta_{\text{ж}}/\lambda_{\text{ж}}$. Следовательно, те колебания толщины жести, с которыми приходится встречаться в консервном производстве, не могут существенно отразиться на термическом сопротивлении стенки жестяной банки.

Толщина стенки стеклянной тары $\delta_{\text{ст}}$ довольно велика, раз в 10 больше, чем толщина жестяной, она колеблется в больших пределах - примерно от 2 до 6 мм (0,002-0,006 м). Теплопроводность же стекла $\lambda_{\text{ст}}$ мала, примерно 0,6-0,9 Вт/(м • К), т. е. в 80-90 раз меньше, чем теплопроводность жести. Таким образом, термическое сопротивление стенки стеклянной банки $\delta_{\text{ст}}$ довольно значительно, составляет величину $0,002/0,6 \div 0,006/0,6 = 0,0033 \div 0,01$, т.е. во много сот раз выше термического сопротивления стенки жестяной тары. Можно считать, что если термическое сопротивление жести $\delta_{\text{ж}}$ принять за единицу, то $\delta_{\text{ст}}$ составит 1000 таких единиц. В этом случае абсолютная величина знаменателя $\lambda_{\text{ст}}$ выражения $\delta_{\text{ст}}/\lambda_{\text{ст}}$ не настолько велика по отношению к абсолютной величине числителя $\delta_{\text{ст}}$, чтобы колебания этой последней не отразились (и весьма заметно) на абсолютной величине дроби $\delta_{\text{ст}}/\lambda_{\text{ст}}$. Следовательно, колебания толщины стенки стеклянной консервной тары очень существенно отражаются на ее термическом сопротивлении.

Однако термическое сопротивление стенки тары нас интересует не само по себе, а лишь в той мере, в какой оно влияет на время проникновения тепла в глубину продукта. Вопрос же о том, в какой мере термическое сопротивление стенки консервной тары может повлиять на время проникновения тепла в центр этой тары, может быть решен только при сопоставлении термического сопротивления стенки конкретной тары с

термическим сопротивлением конкретного содержимого тары. При этом на практике приходится встречаться с двумя основными вариантами:

I. Стерилизации подлежит жидкий продукт, в котором тепло распространяется главным образом путем конвекции. Следовательно, термическое сопротивление продукта невелико.

II. Стерилизации подлежит густой продукт, в котором тепло распространяется преимущественно путем теплопроводности. Таким образом, термическое сопротивление продукта значительно.

Каждый из этих видов продуктов может быть фасован в два вида тары - жестяную и стеклянную. Таким образом, получаются четыре теплофизических варианта, которые охватывают практически все многообразие встречающихся в производстве случаев. Рассмотрим каждый из этих вариантов.

Допустим, что в *жестяной таре* прогревается жидкий продукт, в котором имеются сильные конвективные токи (рис. 52). Тепло в этом случае передается следующим образом. Вначале происходит конвективная теплоотдача от теплоносителя к стенке тары (коэффициент теплоотдачи α_1); далее тепло распространяется путем теплопроводности через стенку тары; пройдя через стенку, тепло передается дальше снова конвективным путем (коэффициент теплоотдачи α_2). Отсюда общее термическое сопротивление такой системы можно выразить следующим образом:

$$\delta_{\text{та}} = 1/\alpha_1 + \delta_{\text{ж}}/\lambda_{\text{ж}} + 1/\alpha_2 \quad (89)$$

Величины α_1 и α_2 , правило, довольно велики. Обратные же величины $1/\alpha_1$ и $1/\alpha_2$ малы. Еще меньшее значение имеет, как показывают

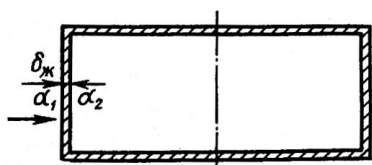


Рис. 52. Схема теплопередачи при стерилизации конвективно прогреваемых продуктов

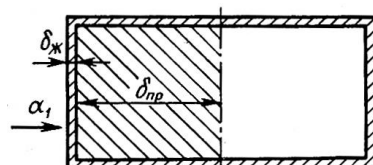


Рис. 53. Схема теплопередачи при стерилизации кондуктивно прогреваемых продуктов

расчеты, термическое сопротивление жести.

Значит, и общее термическое сопротивление всей системы тара-продукт в данном случае мало.

Отсюда можно заключить, что, во-первых, общее время прогрева такой тары должно быть невелико, во-вторых, если принять, что термическое сопротивление в системе $1/\alpha_1 + \delta_{\text{ж}}/\lambda_{\text{ж}} + 1/\alpha_2$ распределяется ориентировочно в соотношении 100:1:100, то можно утверждать, что на время проникновения тепла в глубину такого продукта влияют в равной мере как физические свойства продукта, так и физические свойства тары (поскольку «на стороне» тары находится $1/\alpha_1$, насчитывающая 100 «единиц» термического сопротивления из 201 «единицы» всей системы).

Рассмотрим вариант, когда жидкий продукт прогревается в *стеклянной таре*. Термическое сопротивление тара-продукт имеет вид:

$$\delta_{\text{лб}} = 1/\alpha_1 + \delta_{\text{СТ}}/\lambda_{\text{СТ}} + 1/\alpha_2. \quad (90)$$

Учитывая то, что было сказано выше, термическое сопротивление в этой системе распределяется ориентировочно в отношении 100 : 1000 : 100. Следовательно, время прогрева такой тары должно быть в несколько раз больше, чем время прогрева в предыдущем случае (здесь суммарно 1200 «единиц» термического сопротивления, в предыдущем случае - 201 «единица»). Во-вторых, это время прогрева не должно быть очень большим, ибо величина, которая всего в несколько раз больше малой величины, тоже невелика. В-третьих, можно утверждать, что на время проникновения тепла в глубь тары влияют главным образом физические свойства тары, а не продукта, так как в системе термического сопротивления тара-продукт наибольшая доля приходится на тару (1100 единиц из 1200).

Допустим теперь, что в жестяной таре прогревается продукт, в котором тепло распространяется преимущественно путем теплопроводности/Распространение тепла в такой системе можно с некоторым приближением рассматривать как распространение тепла через сложную стенку, состоящую из двух «слоев»: металлического и

«продуктового» (рис. 53). При этом передача тепла в центр тары происходит вначале конвективным путем от пара к стенке, затем путем теплопроводности-через стенку тары, и, наконец, также путем теплопроводности, - через «продуктовую» стенку, т.е. через толщу продукта к центру тары.

Тогда общее термическое сопротивление такой системы можно выразить так:

$$\delta_{IIa} = 1/\alpha_1 + \delta_{ж}/\lambda_{ж} + \delta_{пр}/\lambda_{пр}, \quad (91)$$

где $\delta_{пр}$ - толщина «продуктовой» стенки, считая от периферии до центра банки; $\lambda_{пр}$ - коэффициент теплопроводности продукта.

Так как толщина «продуктовой» стенки в несколько сот раз больше толщины металлической стенки, а коэффициент теплопроводности продукта очень мал, раз в сто меньше коэффициента теплопроводности жести, то распределение термического сопротивления в данной, системе можно представить приблизительно в виде отношения 100:1:25000. Сравнивая эти данные с предыдущими, можно заключить, что, во-первых, время прогрева такой банки велико, во много раз больше, чем время прогрева банки с продуктом, в которой тепло распространяется путем конвекции; во-вторых, на время проникновения тепла в центр такой тары влияют почти исключительно, физические свойства продукта, так как в системе термического сопротивления тара - продукт почти вся абсолютная величина термического сопротивления приходится на продукт.

К этому же варианту примыкает случай прогрева такого же продукта в *стеклянной таре*. В этом случае термическое сопротивление в системе тара - продукт имеет такой вид:

$$\delta_{IIб} = 1/\alpha_1 + \delta_{ст}/\lambda_{ст} + \delta_{пр}/\lambda_{пр}. \quad (92)$$

В соответствии с предыдущими выкладками распределение термического сопротивления в этой системе можно представить приблизительно в виде отношения 100:1000:25000. Рассматривая это отношение, можно прийти почти к такому же заключению, как; и в

предыдущем случае, т. е. что время проникновения тепла в центр такой тары велико, и что это время определяется почти исключительно термическим сопротивлением продукта, так как по сравнению с этим сопротивлением на долю тары приходится всего 4%.

7.3 Геометрические размеры тары

Ранее было отмечено, что постоянная термической инерции f_h зависит не только от физических свойств продукта, но и от размера тары: чем больше геометрические размеры тары, тем больше и f_h . Ч. Болл предложил формулу, позволяющую обойтись без экспериментального определения f_h для каждого данного случая. Достаточно знать только одно какое-нибудь значение f_h , чтобы с помощью этой формулы по размерам банок произвести пересчет величины для любой тары:

$$F_{h1}/f_{h2} = K_1 d_1^2 / (K_2 d_2^2) \quad (93)$$

здесь f_{h1} - известная постоянная термической инерции для данного, экспериментально проверенного случая с тарой, диаметр которой d_1 ; f_{h2} - искомая постоянная термической инерции для другой тары, диаметр которой d_2 ; K_1, K_2 - коэффициенты для данных банок, 'величина которых определяется отношением h / d , т.е. высоты банки к ее диаметру. Величины K находят в табл. 25.

Пример. Экспериментально установлено, что f_{h1} для томатного сока в стеклянной таре I - 82-1000 составляет 80 мин. Размеры этой тары: диаметр d_1 (по корпусу) - 110 мм, высота h_1 - 150 мм. Требуется рассчитать постоянную термической инерции f_{h2} для томатного сока, фасованного в тару I - 82-3000, размеры которой: d_2 - 162 мм, h_2 - 235 мм. Из формулы (93) следует, что

$$f_{h2} = 80 \cdot 162^2 K_2 / 11 \cdot K_1 \quad (94)$$

Для тары I 82-3000 отношение

$$h_2/d_2 = 235 : 162 = 1,45.$$

Интерполируя, находим по табл. 25, что $K_2 = 0,333$.

Для исходной банки отношение

$$h_1/d_1 = 150 : 110 = 1,36.$$

K_1 по табл. 25 составляет 0,324.

Подставив в формулу (94) значения K_2 и K_1 находим, что f_{h2} составляет около 180 мин. Таким образом, получается, что при увеличении объема тары в 3 раза константа термической инерции возросла примерно в 2,2 раза.

Таблица 25 – Зависимость константа термической инерции от объема банки

h/d	K	h/d	K
0,4	0,109	1,1	0,296
0,5	0,148	1,2	0,308
0,6	0,181	1,3	0,320
0,7	0,212	1,4	0,328
0,8	0,239	1,5	0,337
0,9	0,261	1,6	0,343
1,0	0,280		0,397

7.4 Начальная температура продукта

Из уравнения термической инерции видно, что с повышением температуры продукта T_n к началу стерилизации, логарифмическая составляющая уменьшается, следовательно, уменьшается и общее время прогрева τ . При этом особенно большое влияние повышения начальной температуры продукта на сокращение времени прогрева сказывается применительно к густым, по консистенции продуктам, характеризующимся высокой термической инерцией. Для жидких продуктов, прогреваемых конвективно, разница не столь велика.

Примеры. 1. Прогреву подлежит виноградный сок в бутылке вместимостью 0,5 кг. Можно принять, что постоянная термической инерции составляет в этом случае 15 мин. Пусть в одном варианте сок фасован без подогрева, при комнатной температуре $T_{H1} = 20^\circ\text{C}$, а в другом - в горячем

виде при $T_{H2} = 70^{\circ}\text{C}$. Примем, что температура пастеризации T_A равна 100°C , а наивысшая температура в глубине продукта достигает 95°C .

Тогда время прогрева холодного сока будет

$$\tau_1 = 15 \lg \frac{100-20}{100-95} = 15 \cdot 1,2 = 18 \text{ мин},$$

а горячего

$$\tau_2 = 15 \lg \frac{100-70}{100-95} = 15 \cdot 0,8 = 12 \text{ мин}.$$

Разница составляет всего 6 мин.

2. В тех же условиях стерилизуется томатная паста, тогда холодное содержимое будет прогреваться

$$r_a = 90 \cdot 1,2 = 108 \text{ мин},$$

а горячее

$$r_A = 90 \cdot 0,8 = 72 \text{ мин}.$$

Разница получается существенная - 36 мин.

Заметим, что повышение начальной температуры продукта отражается положительно не только на теплофизической стороне процесса стерилизации, но и на микробиологической, ибо чем выше температура продукта к началу стерилизации, тем меньше микроорганизмов в нем будет и, следовательно, возрастет эффект стерилизации.

7.5 Конечная температура продукта

Из уравнения термической инерции видно, что

$$R = f_h \lg[(T_A - T_H)/(T_A - T_K)],$$

т.е., с увеличением наивысшей температуры продукта при стерилизации возрастает логарифмическая составляющая формулы и, следовательно, - общее время, требующееся для достижения этой конечной - наивысшей температуры T_K .

Пример. Стерилизации подлежит томатная паста в полулитровой стеклянной таре. Можно принять, что константа термической инерции составляет 90 мин. Температурные условия фасовки и стерилизации, следующие: $T_H = 60^\circ\text{C}$; $T_A = 100^\circ\text{C}$; $T_K = 99^\circ\text{C}$.

Тогда

$$\tau_2 = 90 \lg \frac{100-60}{100-99} = 90,1,6 = 144_{\text{мин.}}$$

Если же ограничиться наивысшей температурой в 98°C , т. е. всего на 1°C ниже, чем в предыдущем случае, то время прогрева сокращается до

$$\tau_2 = 90 \lg \frac{100-60}{100-98} = 90 \cdot 1,3 = 117 \text{ мин,}$$

т. е. приблизительно на 20%, что, конечно, существенно.

В дальнейшем будет показано, что стремление к росту наивысшей температуры в глубине продукта не всегда оправдывается. Разница в $1-2^\circ\text{C}$ в отношении стерильности не слишком великана удлинение общего времени стерилизации может получиться значительным.

7.6 Температура стерилизации

Ключевое уравнение $r = f_h \lg [(T_A - T_H) (T_A - T_K)]$ оказывается не слишком наглядным при решении вопроса о том, как отразится на времени прогрева t повышение температуры стерилизации поскольку температура T_A фигурирует и в числителе, и в знаменателе логарифмической составляющей. Можно даже подумать, что изменение T_A в ту или иную сторону не должно отражаться на измерении дроби $(T_A - T_H)/(T_A - T_K)$, ибо при этом в равной мере изменяется как числитель, так и знаменатель.

Однако при определенном анализе логарифмической составляющей этот вопрос можно четко выяснить.

Обозначим числитель логарифмической составляющей ($T_A - T_H$) буквой i , а знаменатель ($T_A - T_K$) - буквой g . Тогда уравнение термической инерции примет вид

$$r = f_h \lg(i/g). \quad (95)$$

Допустим теперь, что мы повысим температуру стерилизации T_A на k градусов. Тогда дроби логарифмических составляющих можно записать так:

$$\text{исходная } i/g; \quad (96)$$

$$\text{новая } (i + k)/(g + k). \quad (97)$$

Таким образом, от того, как изменится первоначальная дробь i/g при повышении температуры стерилизации на $k^\circ\text{C}$, зависит и ответ на вопрос о том, как влияет повышение температуры стерилизации на время прогрева.

Приведем обе дроби к одному знаменателю. Числитель исходной дроби при этом можно записать: $i(g + k)$, а числитель дроби, относящейся к повышенной температуре стерилизации, будет $(i + k)g$. Общий знаменатель этих дробей $g(g + k)$ отбросим и будем сравнивать только числители. Тогда числитель исходного выражения 10 примет вид $ig + ki$, а числитель нового выражения превратится в $ig + kg$.

Если отбросить идентичные выражения ig и сократить на k ., то от исходного выражения останется i , а от нового g . Теперь ответить на поставленный вопрос нетрудно: I - разность температур между температурой стерилизации T_A и температурой продукта к началу нагревания T_H всегда больше, чем g - разность температур в конце подогрева, а значит (раз $g < i$), повышая температуру стерилизации, мы тем самым сокращаем время прогрева.

Пример. Рыбные консервы в томатном соусе стерилизуются при 112°C в банке 8 (емкостью 350 г). Постоянная термической инерции f_h составляет 50 мин. Начальная температура T_H равна 50°C , а наивысшая T_K - 110°C . Тогда

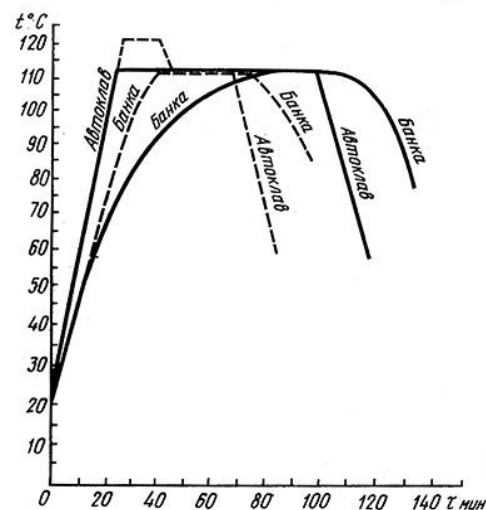
$$r = 50 \lg [(112-50)/(112-110)] = 50 \cdot 1,49 = 75 \text{ мин.}$$

Требуется определить, как изменится время прогрева t , если повысить температуру стерилизации T_A до 120°C .

$$\Gamma = 50 \lg [(120-50)/(120-110)] = 50 \cdot 0,85 = 43 \text{ мин.}$$

Таким образом, простым повышением температуры стерилизации всего на 8°C удастся резко - больше чем на 40%, сократить продолжительность тепловой обработки на том же самом оборудовании, не прибегая к его реконструкции.

Приведенные соображения легли в основу предложенного несколько десятков лет> назад Д. Шамисом метода так называемой ступенчатой стерилизации. Этот метод, призванный примирить сторонников и противников повышенных температурных уровней стерилизации, заключается в том, что повышение



температуры стерилизации сверх традиционного умеренного уровня

Рис. 54. График стерилизации: ————— обычной; ————— ступенчатой

(например, со 112 до 120°C или со 120 до 130°C) делается только в первые минуты подогрева. При этом увеличивается температурный напор и кривая прогрева продукта быстрее подтягивается к температурной кривой аппарата, работающего по обычному, умеренному, режиму. Как только эта временно повышенная температура стерилизации (например, 120°C) достигнута, ее поддерживают в течение нескольких минут, а затем опускают «на ступеньку», до традиционной температуры стерилизации (например, до 112°C), после чего выдерживают этап собственно стерилизации при этой температуре и окончательно охлаждают аппарат. Таким образом, общий цикл стерилизации по ступенчатому режиму может быть значительно сокращен по сравнению с циклом тепловой обработки при умеренном температурном уровне, хотя основная доля цикла приходится именно на этот обычный, умеренный, уровень, а повышенные температуры применяются только в начале процесса.

По ряду причин ступенчатая Основное возражение против применения такого метода заключается в усложнении процесса стерилизации и контроля за работой аппаратчика. В самом деле, если обычная формула стерилизации

является трехчленной по этапам времени и одночленной по температуре, то формула ступенчатой стерилизации пятичленная по этапам времени и двухчленная по температурным уровням (рис. 54).

Здесь A_1 - время подъема температуры до временно повышенного уровня; B_1 - время собственно стерилизации при повышенной температуре $t_1^{\circ}\text{C}$; C_1 - время понижения температуры на «ступеньку», до умеренного уровня; B_2 - время собственно стерилизации при умеренной температуре $t_2^{\circ}\text{C}$; C_2 - время окончательного охлаждения аппарата.

При наличии автоматических контрольно-регистрирующих и регулирующих приборов это основное возражение снимается и возможно, что ступенчатая стерилизация найдет со временем применение в консервном производстве.

7.7 Состояние покоя или движения банки во время стерилизации

Большинство применяемых в промышленности стерилизационных аппаратов устроено так, что банки во время стерилизации остаются неподвижными, поэтому время прогрева банки обусловлено, как уже отмечалось, теми или иными естественными условиями теплопередачи. К таким аппаратам относится, например, автоклав периодического действия - вертикальный цилиндрический котел, в который загружаются дырчатые цилиндрические корзины с банками. Котел закрывают крышкой, подают внутрь острый пар и осуществляют тепловой процесс в отношении неподвижно стоящих банок. По окончании стерилизации крышку аппарата открывают и выгружают корзины с банками.

Существуют стерилизационные аппараты непрерывного действия, в которых банки, находясь на движущемся транспортере, перемещаются через теплоноситель (пар или горячую воду), не изменяя, однако, своего положения относительно транспортирующего органа. При этом условия теплопередачи по сравнению с неподвижной банкой практически не меняются, ибо коэффициент теплоотдачи от пара или воды к банке очень

мало зависит от той относительно небольшой скорости, с которой банка движется в аппарате.

Но в некоторых стерилизационных аппаратах банки в процессе стерилизации вращаются, иногда с довольно большой частотой. Во время вращения происходит принудительное перемешивание содержимого банок, что позволяет значительно ускорить их прогреваемость.

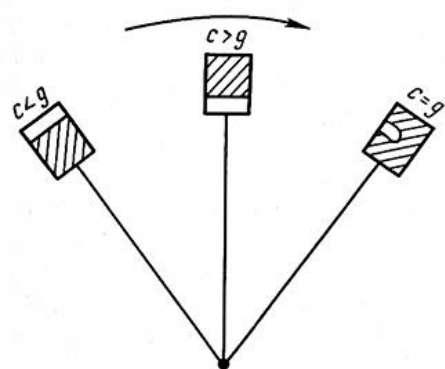


Рис. 55. Влияние соотношения между центробежной и гравитационной силами на перемешивание продукта при ротационной стерилизации

В зависимости от конструкции таких аппаратов (их принято называть ротационными) банки в процессе стерилизации вращаются либо вокруг своей» продольной оси, либо вокруг внешней оси, или, как говорят, с доньшка на крышку.

Последний способ вращения считается особенно эффективным. Схема его представлена на рис. 55.

Как видно из рисунка, банка в процессе стерилизации занимает позицию конца спицы в колесе и при вращении переворачивается с доньшка на крышку, т. е. в верхнем и в нижнем положениях оказываются попеременно, то верхняя часть банки (крышка), то нижняя (доньшко).

Практика показала, что эффект вращения в сильной мере зависит от частоты. Обычно с увеличением частоты вращения эффективность перемешивания содержимого банки возрастает, однако до определенного предела, по достижении и превышении которого эффект вначале стабилизируется, а затем начинает снижаться.

Некоторые ученые считают [37], что эффект перемешивания обусловлен прохождением воздушного пузыря (т. е. воздуха из незаполненного продуктом пространства банки) через продукт. При этом в зависимости от скорости вращения могут быть три основных варианта, представленных на рис. 55:

- развиваемая центробежная сила c превышает гравитационную силу g . В этом случае продукт прижимается к верхней части банки, воздушная прослойка находится внизу и перемешивания не происходит;

- центробежная сила оказывается меньше гравитационной силы, продукт в верхнем положении банки находится внизу, а воздушная прослойка - наверху. В этом случае перемешивания также нет;

- центробежная сила сравнивается с гравитационной силой. При этом воздушный пузырь проходит сквозь толщу продукта и остается где-то в глубине. Данный вариант считается наилучшим в отношении эффективности перемешивания. Ротационные стерилизационные аппараты, в которых осуществляется принцип вращения с доньшка на крышку, называются ротоматами.

Таким образом, интенсификация теплообмена в ротационных стерилизаторах объясняется тем, что при перемешивании продукта воздушным пузырем возникает вынужденная конвекция, что особенно заметно в отношении пищевых продуктов, прогреваемых путем теплопроводности, в которых естественная конвекция отсутствует. Следовательно, ротационная стерилизация снижает термическую инерцию пищевых продуктов, значит, в ключевом уравнении

$$\tau = f_n \lg[(T_A - T_H)/(T_A - T_K)]$$

при ротации снижается значение постоянной f_n . Отсюда вытекает, что особенно эффективной ротационная стерилизация должна быть в тех случаях, когда константа термической инерции велика, а это наблюдается при фасовке густого содержимого в крупную консервную тару. И действительно, исследования (Л.А. Терлецкая и В.Н. Сторожук) показали, что при ротационной стерилизации пюреобразных пищевых продуктов значение константы термической инерции удастся уменьшить в 6-7 раз, в результате чего резко сокращается формула стерилизации.

На рис. 56 показаны кривые термической инерции морковного сока с мякотью в трехлитровой стеклянной таре при неподвижном положении

бутыли и при ротации. Из рисунка видно, что константа f_h при ротации с частотой $0,33 \text{ с}^{-1}$ (20 об/мин) снижается с 244 (f_{h1}) до 33 (f_{h2}) мин, а длительность режима стерилизации в автоклаве сокращается почти в 3 раза.

В табл. 26 приведены сокращенные благодаря ротации режимы стерилизации ряда консервов в литровой и трехлитровой таре в сопоставлении с режимами стерилизации неподвижных банок.

Следует отметить, что ротационная стерилизация дает возможность не только резко сократить продолжительность процесса, но и улучшить качество консервов. Это связано с тем, что при ротационной стерилизации прогрев продукта во всем объеме тары происходит более равномерно, чем при неподвижной банке (табл.26).

Таблица 26 – Режимы стерилизации некоторых консервов

Консервы	Тара	Режимы стерилизации	
		для неподвижных банок	ротационные
«Закуска из кабачков с морковью»	83-2	<u>25-120-30</u> 120°C	<u>20-40-25</u> 120°C
«Закуска из баклажанов»	83-2	<u>25-75-30</u> 120°C	<u>20-30-25</u> 120°C
«Закуска из перца с морковью »	83-2	<u>25-75-30</u> 120°C	<u>20-35-25</u> 120°C
«Пюре из тыквы с манной крупой»	83-2	<u>25-110-30</u> 120°C	<u>20-40-25</u> 120°C
«Соус из кабачков»	14	<u>25-120-25</u> 120°C	<u>20-40-25</u> 120°C
«Сок морковный»	14	<u>25-210-25</u> 120°C	<u>10-45-25</u> 120°C
«Сок томатный»	14	<u>25-60-25</u> 120°C	<u>10-5-25</u> 120°C
«Томаты протертые»	14	<u>25-190-35</u> 120°C	<u>10-5-30</u> 120°C
«Сок морковный»	83-3	<u>25-200-35</u> 120°C	<u>25-35-25</u> 120°C
«Сок вишневый с мякотью и сахаром»	14	<u>25-60-30</u> 100°C	<u>10-5-20</u> 100°C
«Сок сливовый»	14	<u>25-80-30</u> 100°C	<u>10-15-20</u> 100°C
«Сок абрикосовый»	14	<u>25-125-30</u> 100°C	<u>10-20-20</u> 100°C

Если банка неподвижна и содержит густой продукт, то когда требуемая температура «доберется» до центра банки, периферийные слои продукта будут сильно перегретыми по сравнению с внутренними. Если же банка при стерилизации вращается, то глубинные слои все время отбрасываются на поверхность, а периферийные попадают в глубину и заметного перегрева периферийных слоев не наблюдается, качество продукта получается лучше, чем при неподвижной банке.

Наконец, ротационная стерилизация позволяет расширить ассортимент тары в сторону увеличения объема банок. В настоящее время высокая термическая инерция некоторых пищевых продуктов ограничивает выпуск этих консервов 1-2-литровым объемом. При большем объеме тары продолжительность стерилизации настолько удлиняется, что практически воспользоваться такими режимами нельзя. По этой же причине ухудшается и качество таких продуктов в крупной таре. Наглядным примером может служить режим стерилизации «Сока морковного» в трехлитровой таре, длительность которой превышает 4 ч. Такое длительное воздействие высокой температуры недопустимо и с позиций, качества. Таким образом, выпускать этот продукт в трехлитровой таре в условиях «неподвижной» стерилизации невозможно. При ротационной же стерилизации для таких густых продуктов, какие перечислены, например, в табл. 26, можно изыскать вполне приемлемый режим тепловой обработки не только в 3-, но и в 10-литровой таре. Таким образом, открывается возможность выпуска консервов для предприятий общественного питания, детских учреждений и других потребителей пищевых продуктов в крупной таре.

В то же время ротационная стерилизация характеризуется рядом моментов, из-за которых иногда предпочитают стерилизацию в обыкновенных автоклавах.

Прежде всего она не дает заметного эффекта в отношении совершенно жидких продуктов типа виноградного или яблочного сока, в которых при стерилизации действуют естественные интенсивные конвективные токи.

Для таких продуктов вынужденная конвекция очень мало усиливает естественную.

С другой стороны, чересчур густые продукты, например паштеты, которые особенно нуждаются в создании вынужденной конвекции, не перемешиваются при вращении консервной тары, поэтому ротационная обработка не стимулирует теплообмена при стерилизации таких продуктов.

Вращение может ухудшить качество некоторых продуктов. Например, при ротационной стерилизации консервов «Зеленый горошек» из зерен вымывается крахмал, вследствие чего жидкая фаза консервов становится мутной.

При вращении может повреждаться растительная ткань нежных плодов и ягод, что также приводит к помутнению сиропа.

Так как интенсивность перемешивания зависит от размера воздушного пузыря, то необходимо строго следить за степенью наполнения банок продуктом, избегая переполнения.

Наконец, чуть ли не для каждой партии консервов необходимо экспериментально устанавливать оптимальную частоту вращения консервной тары.

Но все же, если подобрать надлежащий продукт и тару, то ротационная стерилизация может стать могучим средством интенсификации процесса стерилизации консервов.

Наилучший эффект получается в отношении пюреобразных продуктов в крупной (3 или более) таре.

Кроме того важно отметить, что для каждой банки и вида консервов имеет наиболее оптимальные режимы вращения, которые обеспечивают наибольший эффект от вращения.

7.8 Оптимальная частота вращения банок при производстве консервированных продуктов с использованием тепловой стерилизации с вращением банок

Вращением банок, при производстве консервированной продукции, с использованием тепловой стерилизации, можно устранить не только неравномерность нагрева, но и увеличить коэффициент теплопередачи от греющей среды к продукту, а также интенсифицировать и внутренний теплообменный процесс в банках с продуктом [45,145,169], что непосредственно приведет как к сокращению продолжительности процесса тепловой обработки, так и к повышению качества готовой продукции. Для выяснения степени влияния вращения банки на равномерность тепловой обработки компотов, нами исследована послойная прогреваемость различных компотов при вращении банки с «доньшки на крышку» при различных скоростях вращения. Скорость вращения банки менялась в пределах от $0,133 \text{ c}^{-1}$ (8 – 30 об/мин).

На рисунке 56 показаны кривые прогреваемости компота из черешни в банке объемом 1,0 л при вращении с «доньшки на крышку» при различных частотах вращения.

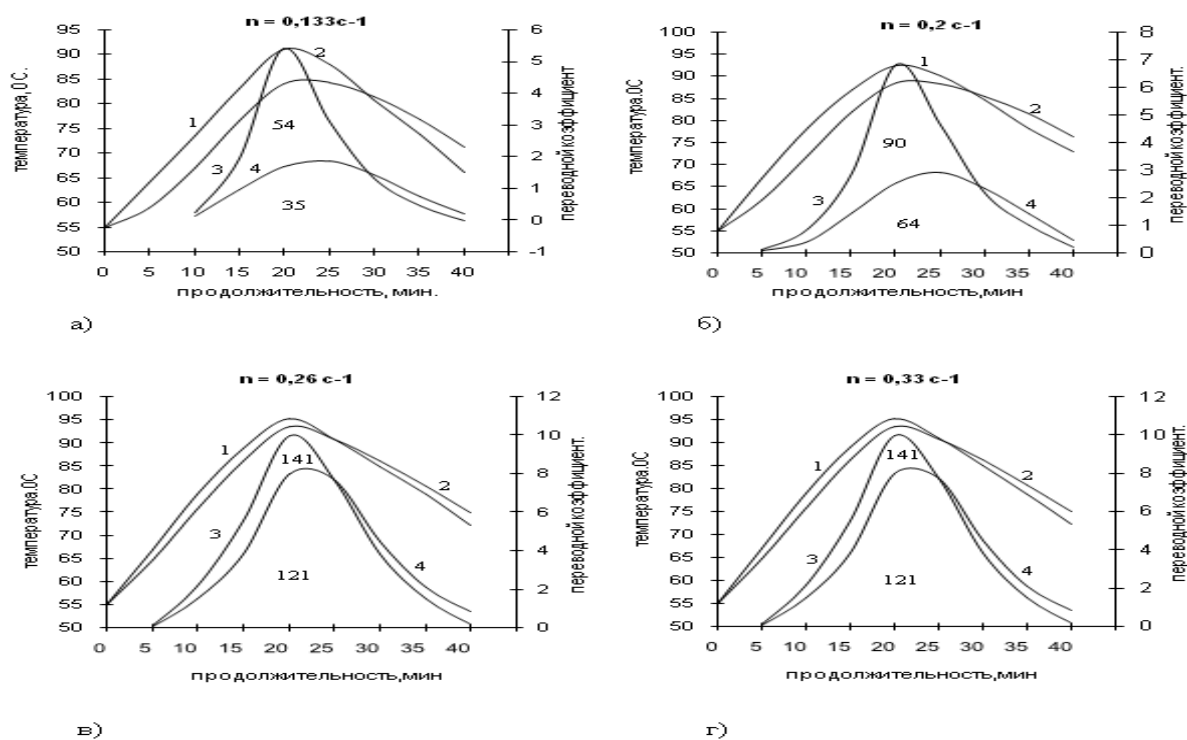


Рисунок 56 – Кривые прогреваемости (1,2) и фактической летальности (3,4) в наиболее (1,3) и наименее (2,4) прогреваемых точках консервов “Компот из черешни” при вращении банки объемом 3,0 л с доньшка на крышку при различной частоте вращения: а) $n = 0,133 \text{ c}^{-1}$ (8 об/мин); б) $n = 0,2 \text{ c}^{-1}$ (12 об/мин); в) $n = 0,26 \text{ c}^{-1}$ (16 об/мин); г) $n = 0,33 \text{ c}^{-1}$ (20 об/мин)

Кривые показывают, что с повышением скорости вращения неравномерность тепловой обработки компота уменьшается и, начиная с $n = 0,26 \text{ с}^{-1}$ (16 об/мин) компот в исследованных точках нагревается практически равномерно. Так при $n = 0,133 \text{ с}^{-1}$ разница между температурами центрального и периферийного слоя составляет 6°C и коэффициент крайней неравномерности тепловой обработки равен: $K_{\text{кн}} = 54/35 = 1,5$. При $n = 0,2 \text{ с}^{-1}$ температурная разница снижается до 5°C и $K_{\text{кн}} = 90/64 = 1,4$; при $n = 0,23 \text{ с}^{-1}$ температурная разница равна 4°C и $K_{\text{кн}} = 106/81 = 1,3$ и при $n = 0,26 \text{ с}^{-1}$ разница в температурах между центральным и периферийным слоями достигает 2°C , а коэффициент неравномерности равен $K_{\text{кн}} = 141/121 = 1,1$. В дальнейшем увеличении частоты вращения банки нет необходимости, так как, при большей частоте ($n = 0,33 \text{ с}^{-1}$), компот в исследованных точках нагревается также равномерно, что и при $n = 0,26 \text{ с}^{-1}$, что видно из рисунка 3.7.

Поэтому оптимальной частотой вращения для консервов «Компот из черешни» в банке объемом 3,0 л является $n = 0,26 \text{ с}^{-1}$.

Таким образом, вращение банки способствует равномерности тепловой обработки компотов. С повышением скорости вращения банки, время достижения заданного значения температурного перепада между центральным и периферийным слоями уменьшается. Соответственно и коэффициент крайней неравномерности уменьшается с увеличением скорости вращения.

При $n = 0,2 \text{ с}^{-1}$ температурная разница снижается до 5°C и $K_{\text{кн}} = 90/64 = 1,4$; при $n = 0,23 \text{ с}^{-1}$ температурная разница равна 4°C и $K_{\text{кн}} = 106/81 = 1,3$ и при $n = 0,26 \text{ с}^{-1}$ разница в температурах между центральным и периферийным слоями достигает 2°C , а коэффициент неравномерности равен $K_{\text{кн}} = 141/121 = 1,1$. Нет необходимости и дальше увеличивать частоту вращения банки так как, при большей частоте ($n = 0,33 \text{ с}^{-1}$), компот в исследованных точках нагревается также равномерно, что и при $n = 0,26 \text{ с}^{-1}$, что видно из рисунка 3.6. Поэтому оптимальной частотой вращения для консервов «Компот из абрикосов» в банке объемом 3,0 л является $n = 0,26 \text{ с}^{-1}$.

Таким образом, вращение банки способствует равномерности тепловой обработки компотов. С повышением скорости вращения банки, время достижения заданного значения температурного перепада между центральным и периферийным слоями уменьшается. Соответственно и коэффициент крайней неравномерности уменьшается с увеличением скорости вращения.

Аналогичные результаты получаются и при исследовании режимов стерилизации консервов «Компот из черешни» в банках объемом 1,0 л.

Выявлено, что с повышением скорости вращения неравномерность тепловой обработки компота уменьшается и при оптимальной частоте вращения (в частности $n = 0,2 \text{ с}^{-1}$) компот в исследованных точках нагревается практически равномерно.

Так при частоте равной $0,133 \text{ с}^{-1}$ разница между температурами периферийного и центрального слоев снижается до 4°C , а при оптимальной частоте $n = 0,2 \text{ с}^{-1}$ температурная разница почти не наблюдается, она равна $1-2^{\circ}\text{C}$ и коэффициент крайней неравномерности $K_{\text{к.н.}} = 1,06$. С увеличением частоты вращения до $n = 0,26 \text{ с}^{-1}$ температурная разница между периферийным и центральным слоем не изменяется и равна $1-2^{\circ}\text{C}$. Поэтому оптимальной частотой вращения для консервов «Компот из абрикосов» в стеклянных банках объемом 1,0 л, является $n = 0,2 \text{ с}^{-1}$.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

- при производстве консервированной продукции с использованием консервирования тепловой стерилизацией по действующим режимам технологической инструкции в автоклавах компоты нагреваются неравномерно; температурная разница между периферийным и центральным слоем достигается $8-15^{\circ}\text{C}$;

- вращения банки с доньшка на крышку обеспечивает интенсификацию и равномерность процесса тепловой обработки, что также исключает опасность перегрева периферийных слоев содержимого банки;

- при вращении банки с компотами критерий эффективности вращения

приближается к единице, что говорит о целесообразности вращения банок.

Поэтому, при выборе ротационных режимов стерилизации необходимо устанавливать для каждого ассортимента продукции оптимальные режимы вращения.

7.9 Новый способ определения оптимальной скорости вращения банок при производстве консервированных продуктов с использованием тепловой стерилизации в аппаратах периодического действия с вращением банок

Вращение банки с продуктом в процессе тепловой стерилизации является одним из способов интенсификации процесса теплообмена, которое значительно сокращает продолжительность процесса, обеспечивает равномерность тепловой обработки, и в конечном итоге способствует как экономии тепловой энергии, так и более полному сохранению качества готового продукта.

Вращение банок может осуществляться различными способами: вращение банки в плоскости параллельной вертикальной оси банки (вращение с доньшка на крышку); вращение банки в плоскости, параллельной горизонтальной оси банки (вращение вокруг своей продольной оси); вращение банки вокруг оси, находящейся вне банки.

Выбор определенного вида вращения консервной банки в процессе тепловой обработки будет определяться рядом факторов: степенью интенсификации процесса теплообмена; приемлемостью для данного вида продукта (с точки зрения влияния на качество продукта); возможностью практического осуществления способа на практике и. т.д.

Следовательно, правильный выбор способа вращения и точное установление оптимальной скорости вращения тары в процессе тепловой обработки будет в значительной степени влиять на качество консервов.

В литературе [145] имеются сведения об определении оптимальной скорости вращения консервных банок.

В работе [3] описан способ определения оптимальной скорости вращения банок по минимальной разности температур в наименее и наиболее прогреваемых точках. Способ требует одновременно измерять температуру в двух точках банки. В принципе задача применения вращения банок состоит в том, чтобы интенсифицировать процесс теплообмена в наименее прогреваемой точке банки, чтобы температуру в наименее прогреваемой точке максимально приблизить к значению температуры в наиболее прогреваемой точке, т.е. необходимо увеличить скорость нагрева продукта в наименее прогреваемой точке. В связи с этим, нами предлагается новый способ определения оптимальной скорости вращения банок.

Так как задача сводится в результате изменения скорости вращения добиться максимальной температуры в наименее прогреваемой точке банки, то на наш взгляд оптимальной скоростью вращения банок будет, является такая, при которой в наименее прогреваемой точке достигается максимальная скорость нагрева продукта.

На основании проведенных экспериментальных исследований выявлено, что минимальной температурной разнице между наиболее и наименее прогреваемыми точками соответствует максимальная скорость нагрева продукта в наименее прогреваемой точке.

На рисунке 57 представлены кривые изменения скорости нагрева продукта в наименее прогреваемой точке банки с продуктом в зависимости от температурного перепада между наиболее и наименее прогреваемыми точками банки. При этом, как видно из рисунка, минимальной разности температур соответствует максимальная скорость нагрева продукта. Обеспечение максимальной скорости нагрева продукта при оптимальной скорости подтверждается и анализом кривых зависимости скорости нагрева продукта от частоты вращения банки, приведенных на рисунке 58.

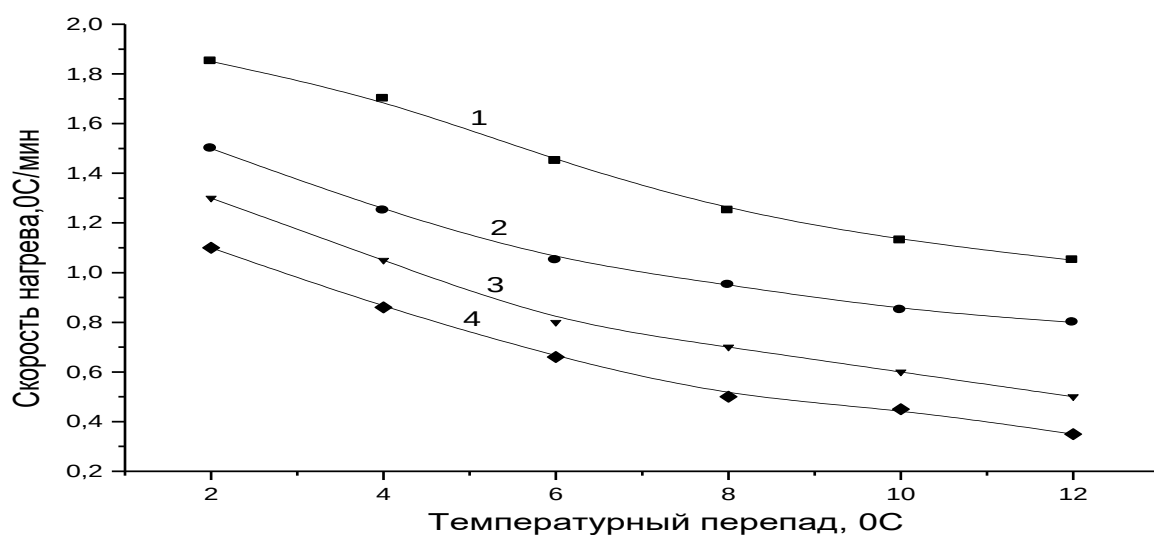


Рисунок 57 – Зависимость скорости нагрева консервов от температурного перепада между наиболее и наименее прогреваемыми точками консервов в стеклянной банке объемом 3,0 л: 1 – Компот из черешни; 2 – Сок яблочный с мякотью; 3 – Томатное пюре; 4 – Огурцы, маринованные

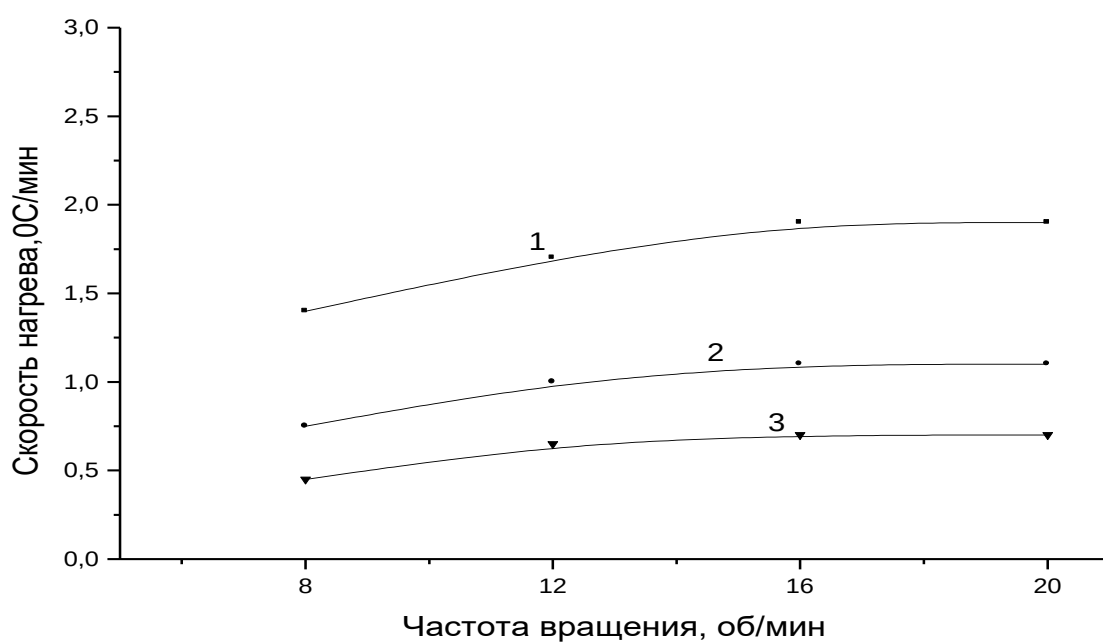


Рисунок 58 – Кривая зависимости скорости нагрева продукта в наименее прогреваемой точке от частоты вращения банки объемом 3,0 л: 1 – Компот из черешни; 2 – Компот из абрикосов; 3 – Огурцы маринованные; 4 – Томатное пюре

Анализ кривых приведенных на рисунке 58 показывает, что для всех исследованных продуктов при оптимальной скорости вращения скорость нагрева продукта в наименее прогреваемой точке является максимальной. На основании анализа результатов экспериментальных исследований, нами

предложен новый способ определения оптимальной скорости вращения банок при производстве консервированных продуктов с использованием тепловой стерилизации в аппаратах периодического действия с вращением банок.

Сущность разработанного способа заключается в том, что определяют скорость нагрева продукта в одной наименее прогреваемой точке банки при разных скоростях вращения и скорость вращения, обеспечивающая максимальную скорость нагрева продукта в этой точке, считается оптимальной скоростью вращения банок. Исследования, проведенные для широкого ассортимента консервов в различной таре подтвердили, что для всех видов консервов имеет место аналогичные зависимости. И на основании полученных результатов исследования по разработке оптимальных режимов тепловой обработки при производстве консервированных продуктов с использованием тепловой стерилизации проводили при оптимальных частотах вращения.

Оптимальные частоты вращения банок для различного ассортимента консервированных продуктов представлены в таблице 27.

Таблица 27 - Оптимальные частоты вращения банок

Наименование консервов	Объем банки, л			
	0,5	1,0	2,0	3,0
Компоты	0,16	0,2	0,23	0,26
Фруктовые натуральные соки	0,2	0,33	0,42	0,5
Фруктовые соки с мякотью	0,166	0,26	0,33	0,42
Овощные маринады	0,16	0,2	0,25	0,33
Томатное пюре	0,13	0,16	0,2	0,26
Томатная паста	0,12	0,133	0,18	0,23

ГЛАВА VIII

ПРИНЦИПЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО РАСЧЕТА НАУЧНО ОБОСНОВАННЫХ РЕЖИМОВ СТЕРИЛИЗАЦИИ КОНСЕРВОВ

Приведенная в предыдущих разделах информация содержит введения о закономерностях отмирания микроорганизмов при тепловой стерилизации пищевых продуктов и о характере теплофизической стороны процесса, относящейся к времени проникновения тепла вглубь продукта. На основании этих закономерностей, можно выявить все детали, влияющие на процесс стерилизации и установить, от чего и как зависит его продолжительность, чем диктуется выбор температуры стерилизации, от каких факторов и как именно зависит летальное время, какими факторами определяется теплофизическая составляющая времени стерилизации и как этими факторами управлять. Единственно, что не было показано в предыдущих разделах - и что очень важно в практическом отношении - это, как именно

образуется так называемая формула стерилизации $\frac{A - B - C}{F_C}$ и откуда берутся данные, которые позволяют рекомендовать, например, для консервов «Икра баклажанная» в стеклянной полулитровой таре $\frac{25-50-25}{120^\circ\text{C}}$?

Откуда нам известно, что именно так нужно стерилизовать, чтобы уничтожить все микроорганизмы в банке. Может быть, в этой формуле скрыт немалый резерв, а может быть, этот режим стерилизации является не вполне достаточным и не гарантирует микробиологической стабильности консервов при хранении.

Определение фактической летальности

Представим себе какой-то безымянный режим стерилизации, применительно к которому на рис. 57 изображена кривая проникновения тепла в глубь продукта. Простое рассмотрение этой кривой не позволяет получить ответ на поставленные вопросы, поскольку эта температурная кривая характеризует проникновение тепла в глубь продукта как

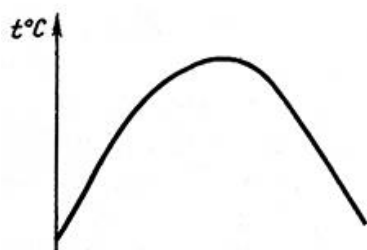


Рис. 57. Теоретическая кривая прогресса продукта при стерилизации

нестационарный тепловой процесс, при котором за время стерилизации в центре банки «побывало» множество температур.

В необходимости учесть летальное действие не одной какой-то температуры, а множества ее значений и заключается трудность оценки

эффективности данного конкретного режима стерилизации.

Попробуем конкретизировать условия стерилизации, разбив весь период тепловой обработки на короткие, скажем 5-минутные, отрезки времени и записав значения температур применительно к каждому 5-минутному отрезку. Правда, таким путем мы непрерывно развивающийся тепловой процесс превратим в прерывистый, но если отрезки времени брать небольшие, то ошибка будет невелика. Зато мы будем иметь конкретную характеристику теплового процесса в виде таблицы значений время - температура.

Допустим, что, суммировав значения на восходящей и нисходящей ветвях кривой прогрева, мы получим следующую таблицу (табл. 27).

Таблица 28

Таблица 27

Продолжительность действия, мин	Температура, °C	Продолжительность действия, мин	Температура, °C
10	90	10	107
10	95	10	111
10	102	20	115

Продолжительность действия, мин	Температура, °C	Продолжительность действия, мин	Температура, °C
100	300	115	45
105	85	120	24

Поставленная нами задача сузилась. Мы знаем конкретные значения температур, «побывавших» в центре банки, и время, в течение которого, каждое из температурных значений действовало. Сразу напрашивается и способ оценки эффективности данного режима тепловой обработки: составить таблицу летального времени для каждой из интересующих нас температур и воспользоваться ею как нормой для вычисления количества микроорганизмов, уничтоженных при данной температуре за данный промежуток времени.

Например, если оказалось, что летальное время при 90°C составляет 400 мин, а из табл. 27 известно, что эта температура держалась в центре банки в течение 10 мин, то можно сделать вывод, что за этот промежуток времени была уничтожена $10/400 = 1/40$ часть, или 2,5% имевшихся в банке микроорганизмов.

Произведя такие расчеты для каждой из температур, фигурирующих в табл. 27, можно суммировать полученные значения долей уничтоженных микроорганизмов и оценить, таким образом, общий эффект стерилизации по данному режиму. Следуя указанному принципу, правильным, по-видимому, надо считать режим, для которого расчет дает 100%, недостаточным - меньше 100% и имеющими резервы - свыше 100%.

Итак, допустим, что мы нашли в каком-то литературном источнике таблицу летального времени для интересующей нас микрофлоры (табл.28).

Даже беглое рассмотрение приведенных в табл. 28 данных нас разочаровывает, ибо почти ни одного из интересующих нас температурных значений (см. табл. 27) в ней нет.

Скажем, данных о летальном времени для температур 90 и 95°C в таблице нет вообще, она открывается температурой 100°C. Далее, нас интересует температура 102°C, в таблице есть близкие к этому уровню значения; 100 и 105°C, но именно 102°C - нет. Нас интересует летальное время при 107°C, в таблице есть только близкие значения - 105 и 110°C. То же относится к интересующему нас значению температуры 111°C. И вообще,

нас интересовала бы справочная таблица, в которой значения летального времени приводилось бы для большого диапазона температур, по крайней мере, через каждый градус. Составители же табл. 28 привели данные в небольшом диапазоне температур и только через каждые 5°C.

И только одно значение температуры, имевшееся в режиме из табл. 27 (115°C), фигурирует и в справочной таблице. Летальное время для этой температуры составляет 45 мин. В режиме же, приведенном в табл. 27, эта температура держалась в центре банки только в течение 20 мин. Значит ли это, что режим был недостаточным? По-видимому, без определенного анализа данных табл. 27 этого утверждать нельзя. Действительно, температура в центре банки 115°C держалась только в течение 20 мин, следовательно, за эти 20 мин было уничтожено только $20/45 \cdot 100 = 44,4\%$ имевшихся в банке микроорганизмов. Но ведь до того, как в центр банки проникла температура 115°C, в ней «побывали» и другие температуры - каждая по 10 мин - 111°C, 107°C, 102°C и т. д., и каждая из них давала какой-то летальный эффект.

Конечно, нельзя складывать эти 10-минутные отрезки календарного времени (сумма их составляет 70 мин), ибо неизвестно, к какой температуре эту сумму отнести. Каждый из 10-минутных отрезков имеет разный «удельный вес», неодинаковую «убойную силу» и, конечно, «весомость» 10-минутного отрезка времени при 111°C в отношении уничтожения микроорганизмов выше, чем удельное значение такого же отрезка времени при 102°C. Таким образом, складывать эти отрезки времени нельзя, так же как нельзя складывать простые дроби, не приведя их к одному знаменателю.

Вот если бы можно было пересчитать каждый из приведенных в табл. 27 10-минутных отрезков времени при разных температурах на эквивалентный по летальному действию отрезок времени, скажем, при 115°C (если, например, эту температуру принять за «общий знаменатель»), тогда полученные расчетные, отрезки единого, 115°-ного времени можно было бы складывать. Правда, из 10-минутного отрезка времени при 111°C в пересчете

на температуру 115°C получилось бы, допустим, всего 7 минут этого условного времени, а из 10-минутного отрезка при 107°C - 5 мин и т. д. В общем, не важно, что дал бы пересчет каждого из 10-минутных отрезков времени при любой температуре на эквивалентный по действию на микроорганизмы отрезок условного, в данном случае-115°-ного, времени, важно другое: все вновь полученные отрезки времени относились бы к одной температуре - 115°C, и их можно было бы сложить.

Если бы при таком пересчете и суммировании полученных результатов мы получили бы, скажем, 35 условных минут, то можно было бы сделать заключение, что, во-первых, режим является недостаточным (норма из табл. 28 при этой температуре составляет 45 мин) и, во-вторых, можно было бы определить эту недостаточность в количественном отношении, рассчитав долю уничтоженных микроорганизмов: $35 : 45 \cdot 100 = 77,8\%$.

Если же при таком подсчете мы «набрали» бы, например, 55 115°-ных минут, то можно было бы сказать, что в данном режиме скрывается резерв 22,2% ($55 : 45 \cdot 100 = 122,2\%$).

А можно ли, действительно, производить пересчеты времени действия на микроорганизмы с одной температуры на другую?

В главе VI было сказано, что такие пересчеты производить можно. Для этого пользуются выражением (63), которое удобно записать так:

$$\lg(y/r) = (T_э - T_d)/z; \quad (98)$$

здесь y - время действия на микроорганизмы при любой данной температуре T_d ; r - эквивалентное по действию на микроорганизмы времени y время действия при эталонной температуре, т. е. при той температуре $T_э$, которая принята за мерило для сравнения с ней воздействия всех других температур; z - константа термоустойчивости, °C.

В упомянутом выше примере в качестве эталонной температуры мы произвольно выбрали температуру 115°C. На самом же деле термомикробиологи всех стран мира давно условились за эталонную температуру брать 121,1°C. Выбор такого некруглого числа связан с-тем, что

предложение производить подобные пересчеты было сделано американским ученым Ч. Боллом, выбравшим в той температурной шкале, которая принята в Соединенных Штатах (Фаренгейта), круглое число - 250°F. В пересчете на стоградусную шкалу это дает некруглое число градусов Цельсия:

$$C = (F - 32)5/9 = (250-32)5/9 = 121,1^{\circ}\text{C}.$$

Число же 250°F выбрано Ч. Боллом по той причине, что в это время это была наивысшая температура, при которой стерилизовали консервы в автоклавах (как у нас 120°C) [37].

Если же принимают за эталонную температуру именно 121,1°C, тогда формулу (98) записывают с другими буквенными обозначениями:

$$\lg(U/F) = (121,1 - T)/z. \quad (99)$$

Исходя из ранее приведенных соображений, из этой формулы следует определить F- отрезок 121,1°-ного времени, эквивалентный по действию на микроорганизмы отрезку времени при любой данной температуре T. Из выражения (99)

$$U/F = 10^{(121,1-T)/z}, \quad (100)$$

а

$$F = U \cdot 10^{(121,1-T)/z}. \quad (101)$$

Это же выражение можно записать иначе:

$$F = U \cdot 1/10^{(121,1-T)/z}. \quad (102)$$

Число F принято называть стерилизующим эффектом; F-эффектом или летальностью отрезка времени U.

Таким образом, чтобы получить F - 121°-ное время, нужно данное время U умножить на выражение

$$1/10^{(121,1-T)/z},$$

которое можно назвать переводным коэффициентом K_F , ибо оно «переводит» данное время, время действия на микроорганизмы U при любой данной температуре T, на эквивалентное по действию 121°-ное время F.

Итак

$$K_F = 1/10^{(121,1-T)/z}, \quad (103)$$

а

$$F = UK_F \quad (104)$$

Таблица 29

Таблица 29

Темпера- тура, °C	K _F	Темпера- тура, °C	K _F

Несложное выражение (103) позволяет определить переводной коэффициент для любой температуры стерилизации с любой интересующей нас точностью: в этой формуле все величины, кроме T, постоянные. Поэтому, подставив в выражение (103) значение любой данной температуры с точностью хотя бы до одной десятой градуса, мы получим искомое значение коэффициента. Отпадают поиски справочных таблиц, необходимость интерполирования значений летального времени, тем более что, само понятие «летальное время» претерпело существенные изменения. Каждый исследователь, располагая этой формулой, может сам для своих нужд составить таблицу переводных коэффициентов. Приводим выборочно несколько округленных значений из такой таблицы (табл. 29).

Как видно, действие температуры 111°C в 10 раз слабее действия температуры 121,1°C (1 мин. при 121,1°C производит такое же летальное действие на микроорганизмы, как 10 мин при 111°C), а температура 115°C уже только в 4 раза слабее температуры 121,1°C. Температура же 124°C действует на микроорганизмы в 2 раза сильнее, чем эталонная.

Полный перечень переводных коэффициентов K_F для значений константы термоустойчивости z=10°C в диапазоне температур от 90 до 130°C с точностью до 0,5°C приведен в табл. 30.

Таблица 30

1°C	K _F	1°C	K _F	1°C	K _F	1°C	K _F	1°C	K _F	1°C	K _F
90,0	0,0008	97,0	0,0039	103,5	0,0174	110,5	0,087	117,0	0,390	124,0	1,95

90,5	0,0009	97,5	0,0044	104,0	0,0195	111,0	0,098	117,5	0,437	124,5	2,19
91,0	0,0010	98,0	0,0049	104,5	0,021	111,5	0,109	118,0	0,490	125,0	2,46
91,5	0,0011	98,5	0,0055	105,5	0,0276	112,5	0,138	119,0	0,618	126,0	3,09
92,0	0,0012	99,0	0,0062	105,5	0,0276	112,5	0,138	119,0	0,618	126,0	3,09
92,5	0,0014	99,5	0,0069	106,0	0,0309	113,0	0,155	119,5	0,690	126,5	3,46
93,0	0,0015	100,0	0,0078	106,5	0,0346	113,5	0,174	120,0	0,775	127,0	3,89
93,5	0,0017	100,5	0,0087	107,0	0,0390	114,0	0,195	120,5	0,872	127,5	4,37
94,0	0,0019	101,0	0,0098	107,5	0,437	114,5	0,219	121,0	0,978	128,0	4,90
94,5	0,0022	101,5	0,0109	108,0	0,0490	115,0	0,246	121,5	1,10	128,5	5,50
95,0	0,0025	102,0	0,0123	108,5	0,0550	115,5	0,276	122,0	1,23	129,0	6,18
95,5	0,0028	102,5	0,0138	109,0	0,0618	116,0	0,309	122,5	1,38	129,5	6,92
96,0	0,0031	103,0	0,0155	109,5	0,0690	116,5	0,346	123,0	1,55	130,0	7,75
96,5	0,0035			110,0	0,0775			123,5	1,74		

Пользуясь переводными коэффициентами K_F , можно рассчитать стерилизующий эффект или летальность не только одного какого-то промежутка времени U при какой-то данной температуре по формуле (104), а всего режима стерилизации от начала до конца. Представим себе кривую прогреваемости центра банки, изображенную, как обычно, в координатах: время стерилизации - температура, как показано, например, на рис. 57.

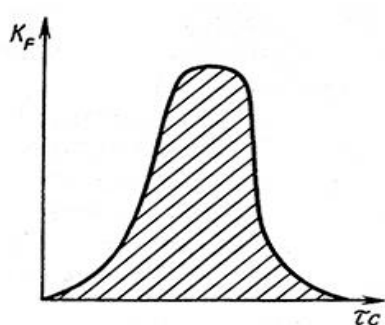


Рис. 58. Теоретическая кривая переводных коэффициентов

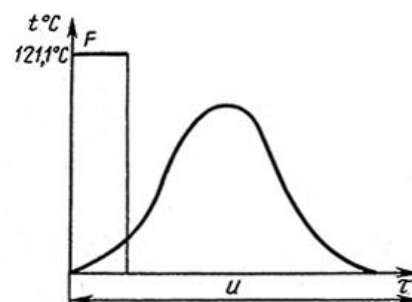


Рис. 59. Реальный режим стерилизации и его условный эквивалент - F-эффект

Эта кривая характеризует, так сказать, «ход» температуры в глубине продукта в процессе стерилизации, в соответствии с которым температура в центре банки постепенно растет, достигает максимума, иногда задерживается на максимальном уровне, а затем понижается.

Поскольку каждой температурной точке на этой кривой соответствует определенное значение переводного коэффициента K_F , производный от температурного график в координатах время стерилизации t - переводной коэффициент K_F представляет «ход» переводных коэффициентов, соответствующий данному режиму стерилизации (рис. 58). И так как переводные коэффициенты находятся в прямой корреляции от температуры, получаемая кривая переводных коэффициентов имеет такой же характер, что и кривая прогрева, т. е. синхронно с ростом температуры увеличиваются и значения переводных коэффициентов, а когда температура в глубине продукта начинает падать, уменьшаются и значения переводных коэффициентов. Типичная кривая переводных коэффициентов показана на рис. 58.

Рассматривая рисунок, можно сказать, что площадь, ограниченная кривой переводных коэффициентов и рассчитываемая как определенный интеграл типа $\int_a^b K_F d\tau$ представляет собою то, что называется стерилизующим эффектом, или летальностью процесса стерилизации в интервале от a до b .

Для выяснения этого интеграла пользуются методами приближенного интегрирования, сущность которых можно уяснить следующим образом.

Разделяем промежуток времени от a до b на n равных частей, обозначенных τ_p . Восстанавливаем в местах деления перпендикуляры до пересечения с контуром кривой и, таким образом, делим всю площадь F на n частей, обозначим их $f_1, f_2, \dots, f_n$.

Каждая из образовавшихся площадей представляет собою трапецию, и, следовательно, можно было бы, рассчитав площадь каждой трапеции и суммировав полученные результаты, определить общую площадь, ограниченную кривой K_F . Можно, однако, допустив некоторую погрешность, принять каждую из образовавшихся площадок за прямоугольник (тем более, что основная доля общей площади действительно приходится на прямоугольники, и только небольшая часть - в начале и в конце процесса - на

трапеции). Ширина каждого такого прямоугольника одинакова (r_p), а высота является переводным коэффициентом K_F в данной точке процесса. Таким образом,

$$f_1 = r_p K_{F1}$$

$$f_2 = r_p K_{F2}$$

$$f_n = r_p K_{Fn}.$$

Суммируя $f_1, f_2, \dots, f_n$, получаем общую площадь F :

$$F = r_p K_{F1} + r_p K_{F2} + \dots + r_p K_{Fn}$$

или

$$F = \tau_p K_{F1} + \tau_p K_{F2} + \dots + \tau_p K_{Fn} \quad (105)$$

При этом следует иметь в виду, что первые и последние значения переводных коэффициентов следует брать для температур не ниже 95°C , поскольку более низкие значения температур очень слабо действуют на споры микроорганизмов и величины переводных коэффициентов в области ниже 95°C получаются чересчур малыми. Таким образом, стерилизующий эффект режимов стерилизации можно рассчитывать по формуле:

$$F = \int_a^b K_F d\tau \approx \tau_p (K_{F_{95^\circ}} + K_{F_2} + K_{F_3} + \dots + K_{F_{95^\circ}}), \quad (106)$$

или

$$F = \int_a^b K_F d\tau \approx \tau_p (1/10^{(121-95)/z} + 1/10^{(121-T_2)/z} + \dots + 1/10^{(121-95)/z}). \quad (107)$$

Итак, F -эффектом, или летальностью данного режима стерилизации, называется продолжительность некоторого воображаемого стационарного режима тепловой обработки, эквивалентного по действию на микроорганизмы данному реальному нестационарному режиму стерилизации, проводимой в переменном температурном поле, при условии, что содержимое банки немедленно, с самого начала процесса, нагревается до $121,1^\circ\text{C}$, выдерживается при этой температуре в течение F мин, после чего немедленно охлаждается до сублетальной температуры. Таким образом, F -эффект, или летальность, измеряется в условных 121° -ных минутах.

Сопоставление обычного режима стерилизации с его условным эквивалентом - F-эффектом, или летальностью, приведен на рис. 59.

Рисунок показывает, что реальный процесс прогреваемости консервов при стерилизации протекает в течение времени U в переменном температурном режиме по кривой, имеющей восходящую и нисходящую ветви.

При условном же, воображаемом F-режиме процесс проходит при постоянной температуре $121,1^{\circ}\text{C}$ от начала до конца в течение F мин. Это воображаемое F-время в несколько раз меньше реального времени стерилизации U , но на микроорганизмы оно производит точно такое же действие, как проходящее по возрастающей и убывающей температурной кривой время U .

Удобство этого показателя заключается в том, что все многообразие температурных уровней данного реального процесса стерилизации, измеренных на протяжении разных отрезков времени, мы выражаем одним числом. Само по себе нахождение этого числа еще не дает нам права квалифицировать данный режим как, скажем, правильный, или недостаточный, или избыточный. Но чтобы сделать это заключение, являющееся целью математического анализа, нам необходимо знать тоже всего лишь одно число, а именно, сколько времени необходимо воздействовать на микроорганизмы при $121,1^{\circ}\text{C}$, чтобы их уничтожить. Простое сопоставление определенного нами по формуле (106) или (107) F-времени, эквивалентного данному режиму стерилизации, т.е. фактической летальности данного с необходимым F-временем позволит сразу дать микробиологическую оценку данному режиму.

Техника определения фактической летальности данного режима заключается в следующем:

1. Вводят термопару в глубину продукта, в ту точку, где прогреваемость данного продукта наихудшая. Для густых консервов - это геометрический центр, для жидких - приблизительно U_3 расстояния между

дном и геометрическим центром. Помещают банку в лабораторный автоклав и стерилизуют по испытуемой формуле, производя через определенные промежутки времени замеры температур в продукте и аппарате. Точность результатов, получаемых с помощью приближенного интегрирования, зависит от степени «раздробленности» горизонтальной шкалы, т. е. от абсолютной величины равновеликого отрезка времени t_p . Понятно, что чем t_p меньше, т.е. чем чаще делаются отсчеты температур, тем точнее получаются результаты однако слишком малые значения t_p нет смысла брать, ибо, если уменьшить этот интервал с 5 до 2 мин, то точность повышается всего на 0,5-1%. В то же время повышение t_p до 20 мин уменьшает точность на 5-10%. Таким образом, лучше всего брать интервал в 5 мин и только для быстро прогреваемых банок малого размера можно уменьшить его до значений ниже 5 мин.

2. По измеренным температурным точкам находят по таблице соответствующие им значения переводного коэффициента K_F (для температур не ниже 95°C , если имеются в виду споры бактерий в малоокислой среде).

3. В соответствии с формулой (106) суммируют значения K_F и полученную сумму умножают на равновеликий отрезок времени, спустя который делали замеры температуры. Получают искомое значение стерилизующего эффекта или летальности данного режима стерилизации в условных F (т.е. 121° -ных) минутах.

4. Для последующего анализа и корректировки (в случае необходимости) испытуемой формулы стерилизации строят также - обычно на одном графике - кривые прогрева автоклава и продукта, а также кривую эффекта. Для этого по горизонтальной оси откладывают время стерилизации в минутах, а по вертикальным осям - на одной температуру, а на другой - переводные коэффициенты.

Таблица 31-

Время от начала прогрева, мин	Температура автоклава, °C	Температура продукта, °C	Переводной коэффициент K_F	Время от начала прогрева, мин	Температура автоклава, °C	Температура продукта, °C	Переводной коэффициент K_F
0	72	55	-	50	120	98	0,0049
5	84	55	-	55	120	102	0,0123
10	96	58	-	60	120	105	0,0246
15	109	62	-	65	120	109	0,0618
20	114	69	-	70	120	109	0,618
25	120	72	-	75	120	110,5	0,0872
30	120	78	-	80	110	111	0,0980
35	120	82	-	85	100	107	0,0390
40	120	89	-	90	80	99	0,0062
45	120	95	0,0025	95	60	94	-
				100	40	80	-

Итак, в приведенных примерах мы нашли, что фактическая летальность режима стерилизации консервов «Икра баклажанная» составляет 1,9 усл. Мин., а консервов «Сок морковный» - 1,2 усл. мин. Но сделать окончательно заключение об эффективности этих режимов можно будет только тогда, когда мы определим то время обработки консервов при 121,1°C, которое нужно для обеспечения стерильности их. Иными словами, необходимо определить требуемую летальность, сравнение с которой фактической летальности даст возможность делать окончательные выводы.

Определение требуемой летальности

Как уже отмечалось в главе VII, гибель микроорганизмов во влажной среде имеет логарифмический характер, полностью уничтожить все споры при стерилизации невозможно и следует говорить только лишь о какой-то степени стерильности, которая достаточна с точки-зрения практики. Поэтому для расчета времени, необходимого для нахождения определенной степени стерильности p_9 можно воспользоваться формулой (79),

$$\text{где } \lg (B/b) = n.$$

Отсюда

$$R = nD. \quad (108)$$

Если подставить в уравнение (108) значение константы D для температуры $121,1^{\circ}\text{C}$, то определяемое по этой формуле время t будет F -временем, т. е. именно той летальностью данного процесса, которая необходима для практического обеспечения данного режима стерилизации консервов [38]. Таким образом, в этом случае выражение (79) следует записать

$$F = {}_{121,1\text{C}}\lg(B/b), \quad (109)$$

а формулу (108)

$$F = nD. \quad (110)$$

Поскольку величина D для определенного вида микроорганизмов в данном виде консервов является константой, очевидно, что вопрос о расчете требуемой летальности F сводится к определению необходимой степени стерильности $n = \lg(B/b)$.

Если учесть, что величина b должна быть очень мала и может быть представлена как число 10 в какой-то отрицательной степени

$$b = 10^{-\alpha} \quad (111)$$

то степень стерильности

$$n = \lg(B/10^{-\alpha}) = \lg(B \cdot 10^{\alpha}),$$

или

$$n = \alpha + \lg B, \quad (112)$$

отсюда требуемая летальность

$$F_n = D(\alpha + \lg B), \quad (113)$$

Итак, при определении необходимой степени стерильности исходят из двух основных соображений.

1. Важнейшая проблема технологии консервирования пищевых продуктов - это выпуск доброкачественной продукции, исключаящий полностью вероятность пищевых отравлений. Поэтому прежде всего вопрос о необходимой степени стерильности решается с позиций органов здравоохранения, считающих, что какой бы режим стерилизации ни разрабатывался, он должен прежде всего обеспечить гибель возбудителей

ботулизма. Нельзя допустить никакой вероятности выживаемости микроорганизмов, вырабатывающих опасный для жизни потребителей токсин, хотя бы в одной банке изготовленной партии консервов.

Поскольку теоретически нацело уничтожить микроорганизмы невозможно, то уже давно термомикробиологи всех стран мира приняли произвольное решение о том, что необходимая с этих позиций жесткость стерилизации должна быть такова, чтобы вероятность выживаемости хотя бы одной споры в одной банке была лишь при условии выработки партии консервов из 10^{12} банок. Следовательно, при изготовлении любой меньшей партии консервов ни в одной банке не может оказаться хотя бы одна спора *Cl. botulinum*. Конечно, такого количества консервов не вырабатывают ни в одной стране, поэтому, если задаться величиной a из формулы (112), равной 12, то практически можно гарантировать 100%-ное уничтожение возбудителей ботулизма в консервах, стерилизованных по таким режимам.;

Что касается второй величины, необходимой для вычисления степени стерильности, - B , то, исходя из статистических данных и ориентируясь на очень большое обсеменение, принимают, что к началу стерилизации в каждой банке содержится по одной споре *Cl. botulinum*.

Тот факт, что принимаемое значение $B = 1$ является в данном случае показателем очень большого обсеменения, вытекает из следующих соображений. Общее количество микроорганизмов в консервной банке к началу стерилизации, как правило, велико, оно достигает многих миллионов клеток. Однако в основном это вегетативные формы, а доля спорных форм невелика. Далее следует иметь в виду, что микрофлора пищевых продуктов до их стерилизации состоит из многих видов, которые при благоприятных для роста условиях постоянно борются друг с другом. Отсюда количество спор одного какого-либо типа, например гнилостных анаэробов (деятельность которых нужно прежде всего принимать в расчет, поскольку в условиях консервной банки, из которой удалена до закатки значительная часть воздуха, именно эти виды могут в первую очередь развиваться и

вызывать порчу продукта), составляет малую долю общего количества спор в банке. И наконец, от этой малой доли спор' гнилостных анаэробов уже совсем небольшая часть приходится на возбудителей ботулизма. Вот почему 1 спора *Cl. botulinum* на каждую банку- очень большое количество. На самом деле даже при очень значительном общем обсеменении 1 спора *CL botulinum* может оказаться далеко не в каждой банке, а может быть в одной из 50 или даже из 100 банок.

Таким образом, необходимая степень стерильности по возбудителям ботулизма

$$n = \alpha + \lg V = 12 + \lg 1 = 12.$$

Следовательно, необходимая летальность режимов стерилизации консервов по *Cl. botulinum* должна составлять 12 D.

Таблица 32 – Зависимость константы D от pH

Среда	pH	Константа D при 121,1 ⁰ C,мин
Буферный раствор	7,1	0,21
Пюреобразные продукты для детского питания		
из шпината	6,0	0,066
из зеленого горошка	6,0	0,055
из кабачков	6,0	0,058
Суп-пюре овощной	5,8	0,041
Суп-пюре томатный	5,4	0,044
Морковный сок	5,2	0,043
Икра кабачковая диетическая	5,0	0,038
Перец резаный с овощным фаршем	4,8	0,044
Икра из кабачков	4,8	0,077
Икра из баклажанов	4,4	0,033
Томаты протерты		

Как уже отмечалось, значение константы D зависит от активной кислотности среды, поэтому для разных консервов, отличающихся друг от друга по величине pH, размер постоянной D неодинаков (табл. 32) [19,38].

Очевидно, и требуемая летальность для разных консервов не является одинаковой [19]. В международной практике термомикробиологов принято для большинства малоокислотных консервов ориентироваться на значении константы D для возбудителей ботулизма при температуре 121,1⁰C по

буферному раствору. Тогда в соответствии с принципом 12 D требуемая летальность по *Cl. botulinum* составляет

$$F_H = 12 \cdot 0,21 = 2,52 \text{ мин.},$$

или округленно 3 усл. мин. Эта величина и является общей нормой летальности для режимов стерилизации малоокислотных консервов по *Cl. botulinum*. В то же время, если изучена летальность возбудителя для данных консервов и значение D оказывается в каких-либо случаях меньше, чем для буферного раствора (как на примере табл. 32), то и норма требуемой летальности по возбудителям ботулизма может оказаться меньше 3 усл. мин. Так, если для группы овощных закусочных консервов, применительно к которым D колеблется в пределах 0,044-0,077 мин., принять наибольшее значение D, то необходимая норма летальности составит $12 \cdot 0,077 = 0,95$, или округленно 1 усл. Мин., а для сока томатного $12 \cdot 0,033 = 0,4$ усл. мин.

2. Как уже отмечалось, ориентировать разрабатываемый режим стерилизации на требуемую летальность по возбудителям ботулизма - задача первостепенной важности. Однако оказывается, что этого не всегда достаточно для апробации формулы стерилизации. Дело в том, что в консервах встречаются микроорганизмы более термоустойчивые, чем возбудители ботулизма, хотя и не столь опасные, но способные вызвать порчу продуктов. К ним относятся, например, гнилостные анаэробы типа *Cl. sporogenes*, которые разлагают пищевые продукты с образованием газов, в результате чего консервные банки вздуваются. Бомбаж - первый, визуально обнаруживаемый признак порчи пищевых продуктов, фасованных в герметическую тару. Такие консервы никто не станет употреблять в пищу, к тому же при вскрытии банки ощущается наличие дурнопахнущих газов, вот почему этот вид порчи не считается столь опасным, как образование ботулинического токсина, которым можно отравиться, не ощутив посторонних запахов или привкусов.

В то же время бомбажные банки - это брак консервной продукции, и необходимо принять меры к тому, чтобы брака этого было поменьше, иначе будет страдать экономика консервного производства.

Таким образом, разрабатываемые режимы стерилизации необходимо просчитывать и с экономических позиций, нормируя процент так называемого биологического брака консервов. При этом для разных пищевых продуктов имеются какие-то свои характерные возбудители специфической порчи. Например, для большинства овощных, мясных и рыбных консервов в качестве такого возбудителя принимают упомянутый *Cl. sporogenes*, для томатного сока-вызывающий скисание без образования бомбажа (так называемая плоскокислая порча) *Bac. Coagulans*, а для пюреобразных консервов детского питания - тоже приводящий пищевые продукты к скисанию *Bac. stearothermophilus* [9,17,18].

При расчете требуемой летальности по возбудителям специфической порчи оказывается, что получаемые нормы значительно выше, чем значения необходимого F-эффекта применительно к возбудителям ботулизма, главным образом из-за того, что эти микроорганизмы значительно более термоустойчивы (табл. 33 и 34).

Таблица 33– Зависимость константы D от pH

Среда	pH	Константа D <i>Cl.sporogenes</i> при 121 °C, мин
Буферный раствор	7,0	0,62-1,52
Говядина тушеная		1,7
Свинина тушеная		1,83
Морковный сок	5,2	0,8
Икра кабачковая диетическая	5,0	0,88
Перец резаный с овощным фаршем	5,0	0,75
Икра кабачковая	4,8	0,73
Овощные закусочные консервы (новые виды)	4,3-4,4	0,71
Обеденные консервы	4,4-4,2	0,79
Рыбные консервы		
в масле		0,71-0,95
натуральные		0,60-0,76
в томатном соусе		0,43-0,60

Таблица 34– Зависимость константы D от pH

Среда	pH	Константа D C1.stearother- mophilusпри 121 °C,мин
Буферный раствор	7,0	2-4
Рассол консервированного зеленого горошка		4
Пюреобразные консервы для детского питания		
из шпината	6,0	2,6
из зеленого горошка	6,0	2,6
из кабачков	6,0	2,0
Морковный сок	5,2	2,0
Суп- пюре томатный	5,3-5,4	1,67
Суп пюре овощной	5,6-5,8	2,0

Правда, степень стерильности п здесь меньше, чем для возбудителей ботулизма, но не настолько, чтобы перекрыть значительное увеличение константы D. Возбудители специфической порчи встречаются в природе чаще, чем *CI. botulinum*. Поэтому, по статистическим данным, за начальную обсемененность В принимают не 1 спору на банку, а 0,1-3 споры на 1 г продукта. Зато считают, что в этом случае не стоит стерилизовать консервы с жесткостью, допускающей всего 1 испорченную банку на партию в 10^{12} банок. Для производства не будет накладно, если запланировать биологический брак в разумных пределах - примерно 0,01%. Иными словами, можно допустить биологический брак в размере 1 испорченной банки на партию в 10тыс. банок (т.е. $b = 10^{-4}$).

Таким образом, в формуле (113) начальная обсемененность зависит от вместимости тары G г и статистических данных о концентрации микроорганизмов до начала стерилизации C спор на 1 г. Поэтому формула в общем виде может быть записана так:

$$F_H = D(\alpha + \lg CG). \quad (114)$$

Поскольку во всех случаях (кроме расчетов по ботулизму) допустима 0,01% биологического брака (т.е. когда $b = 10^{-4}$ и $\alpha = 4$), окончательно расчет требуемой летальности можно вести по формуле

$$F_H = D (4 + \lg CG). \quad (115)$$

Для примера определим требуемую летальность для 500-граммовой банки с продуктом, возбудитель специфической порчи которого *Cl. sporogenes* характеризуется константой $D = 0,9$ мин и для которого начальная обсемененность составляет 1 спору на 10 г продукта. По формуле (115) требуемая летальность составит

$$F_H = 0,9(4 + \lg 0,1 \cdot 500) = 0,9 \cdot 5,7 = 5,2 \text{ усл. мин.}$$

Из этого примера видно, что термоустойчивость возбудителей специфической порчи оказалась в 4,5 раза больше, чем термоустойчивость *Cl. botulinum*, а степень стерильности уменьшилась всего в 2 раза. Поэтому в целом норма летальности получилась больше, чем по *Cl. botulinum*.

Выходит, что если разработать для таких консервов режим стерилизации в расчете на фактическую летальность 5-6 усл. мин., то это значение стерилизующего эффекта с лихвой гарантирует доброкачественность консервов с позиций ботулизма и не допустит превышения биологического брака при хранении консервов сверх установленной нормы в 0,01%,

Еще большая требуемая летальность необходима для обеспечения микробиологической стабильности таких, например, консервов, как пюреобразные пищевые продукты для детского питания, специфическая порча которых вызывается очень термоустойчивыми термофилами типа *Vac. stearothermophilus* (см. табл. 34). Норма стерилизующего эффекта для режимов стерилизации таких пищевых продуктов доходит до 16 усл. мин.

На основании материалов, приведенных в этом разделе, можно заключить, что подвергнутые термической обработке пищевые продукты в

герметической таре не являются абсолютно стерильными. То, что называют научно обоснованным режимом стерилизации, гарантирует лишь определенную степень стерильности, при которой полностью отсутствуют возбудители ботулизма и другие токсигенные и патогенные формы, а количество неопасных для здоровья потребителя микроорганизмов, вызывающих специфическую порчу данного пищевого продукта, не превышает установленных норм, согласно которым биологический брак консервов при хранении ограничивается 0,01% от данной партии. Не исключено также наличие в стерилизованных консервах, как об этом упоминалось ранее, единичных спор микроорганизмов, безвредных для здоровья человека, не развивающихся при хранении консервов и не вызывающих порчи данных продуктов. К ним относятся, например, мезофильные бациллы типа *Bac. subtilis* (сенная палочка) и *Bac. mesentericus* (картофельная палочка, называемая также *Bac. licheniformis*). Следует только иметь в виду, что нельзя «злоупотреблять» терпимостью к наличию в консервах этих микроорганизмов, ибо «безобидность» их, т. е. якобы полная неспособность развиваться в консервах и вызывать их порчу, во многом зависит от начальной обсемененности консервов.

Считают, что если обсеменение спорами этих микроорганизмов до стерилизации превышает 10^3 на 1 г продукта, то даже научно обоснованные режимы стерилизации могут оказаться недостаточными, ибо данные виды отличаются высокой термоустойчивостью и при большой концентрации могут развиваться в консервах и вызывать их порчу, что лишний раз подтверждает отмечавшуюся уже неоднократно необходимость поддержания высокого санитарно-гигиенического уровня консервного производства.

Нужно тщательно контролировать на всех стадиях переработки, начиная с мойки и кончая фасовкой в тару перед закаткой, бактериальную обсемененность сырья, полуфабрикатов и вспомогательных материалов, входящих в состав консервов, проверять температуру продукта при фасовке, активную кислотность его до и после стерилизации, санитарное состояние

оборудования и количество брака готовой продукции при хранении консервов на складе.

Таблица 35 –Зависимость коэффициента летальности K_A от температуры

Темпера тура, °C	K_A	Темпера тура, °C	K_A	Темпера тура, °C	K_A	Темпера тура, °C	K_A
60,0	0,0464	74,0	0,3980	88,0	3,4100	102,0	29,3000
60,5	0,0502	74,5	0,4310	88,5	3,6950	102,5	31,7000
61,0	0,0541	75,0	0,4640	89,0	3,9800	103,0	34,1000
61,5	0,0583	75,5	0,5025	89,5	4,3100	103,5	36,9500
62,0	0,0631	76,0	0,5410	90,0	4,6400	104,0	39,8000
62,5	0,0683	76,5	0,5835	90,5	5,0250	104,5	43,1000
63,0	0,0736	77,0	0,6310	91,0	5,4100	105,0	46,4000
63,5	0,0796	77,5	0, 6835	91,5	5,8350	105,5	50,2000
64,0	0,0857	78,0	0,7360	92,0	6,3100	106,0	54,1000
64,5	0,0926	78,5	0,7962	92,5	6,8350	106,5	58,3500
65,0	0,1000	79,0	0,8570	93,0	7,3600	107,0	63,1000
65,5	0,1085	79,5	0,9260	93,5	7,9620	107,5	68,3500
66,0	0,1170	80,0	1,000	94,0	8,5700	108,0	73,6000
66,5	0,1260	80,5	1,0850	94,5	9,2600	108,5	79,6200
66,0	0,1170	80,0	1,000	94,0	8,5700	108,0	73,6000
66,5	0,1260	80,5	1,0850	94,5	9,2600	108,5	79,6200
67,0	0,1360	81,0	1,1700	95,0	10,0000	109,0	85,7000
67,5	0,1470	81,5	1,2600	95,5	10,8500	109,5	92,6000
68,0	0,1580	82,0	1, 3600	96,0	11,7000	110,0	100,0000
68,5	0,1720	82,5	1,4700	96,5	12,6000	110,5	108,5000
69,0	0,1850	83,0	1,5800	97,0	13,6000	111,0	117,0000
69,5	0,2000	83,5	1,7200	97,5	14,7000	111,5	126,0000
70,0	0,2150	84,0	1,8500	98,0	15,8000	112,0	136,0000
70,5	0,2330	84,5	2,0000	98,5	17,2000	112,5	147,0000
71,0	0,2510	85,0	2,1500	99,0	18,5000	113,0	158,0000
71,5	0,2720	85,5	2,3300	99,5	20,0000	113,5	1720000
72,0	0,2930	86,0	2,5100	100,0	21,5000	114,0	185,0000
72,5	0,3170	86,5	2,7200	100,5	23,3000	114,5	200,0000
73,0	0,3410	87,0	2,9300	101,0	25,1000	115,0	215,0000
73,5	0,3695	87,5	3,1700	101,5	27,2000	115,5	238,0000

Особенно строго и систематически надо проверять общую обсемененность малоокислотных консервов перед стерилизацией. По существующим официальным требованиям число бактерий на этой стадии не должно превышать определенных значений, в основном не более 10 тыс. бактерий в 1 г продукта (овощи натуральные, овоще-грибные, обеденные блюда, рыбные консервы). В некоторых случаях предел обсемененности повышается до 50 тыс. (овощи фаршированные в томатном соусе, мясо-растительные консервы) и даже до 100 тыс. (консервы из морских продуктов - крабов, креветок, кальмаров) бактерий в 1 г, а иногда резко снижается - до 200 клеток в пюреобразных малоокислотных консервах для детского питания.

Таким образом, консервы, стерилизованные по научно обоснованным режимам, в основу которых положены определенные ограничения в отношении уничтожения микроорганизмов, не являются совершенно свободными от микроорганизмов, они, как принято говорить, промышленно стерильны. Поэтому задача, поставленная перед термической стерилизацией, заключается в достижении не абсолютной стерильности пищевых продуктов, а микробиологической стабильности консервов, при которой гарантируется устойчивость качества их во время хранения и безопасность употребления в пищу.

Хотя при расчете нормы летальности требуется характеристика термоустойчивости микроорганизмов только по константе D однако принято также приводить значение константы термоустойчивости z, которая необходима впоследствии для определения фактической летальности (по формулам 106 или 107). При этом в виде индекса при букве F приводятся значения эталонной температуры и z, например,

$F_{121^{\circ}\text{C}}^{10^{\circ}\text{C}} = 6,8$. Это означает, что норма летальности приведена применительно к эталонной температуре 121°C, а константа z данного вида микроорганизмов составляет 10°C.

Получение промышленно-стерильных консервов, характеризующихся высокой активной кислотностью (рН ниже 4,2), - фруктовых или, например, овощных продуктов, подкисленных уксусной кислотой, представляет собою значительно более легкую задачу, чем та, которая ставится при стерилизации малоокислотных консервов. В фруктовых соках, компотах, маринадах и других высококислотных продуктах споровые формы бактерий не развиваются и быстро погибают даже при умеренной тепловой обработке при 100 или даже ниже 100°C. В этих консервах могут в основном развиваться и вызывать порчу продуктов лишь плесени и дрожжи. Однако указанные виды микроорганизмов нетермостойки и быстро погибают даже при умеренной тепловой обработке.

Расчет фактической летальности режимов стерилизации этих консервов (называемой также А-эффектом - от слова «acid» - «кислый») ведется по формуле

$$A = \int_a^b K_A d\tau \approx \tau_p (K_{A_1} + K_{A_2} + \dots + K_{A_n}), \quad (116)$$

совершенно аналогичной формуле (106), Учитывая, что уровень летальных температур здесь значительно ниже, чем для спор бактерий и начинается примерно с 60°C, формулу (116) следует писать так:

$$A = \int_a^b K_A d\tau \approx \tau_p (K_{A60^\circ\text{C}} + K_{A_2} + \dots + K_{A60^\circ\text{C}}), \quad (117)$$

т. е. значения переводных коэффициентов, соответствующих замерам температур продукта при стерилизации, следует брать из таблиц, начиная и кончая температурой 60°C,

При расчете А -эффекта условились в качестве эталонной температуры принимать 80°C, а константу Z равной 15°C.

Значения переводных коэффициентов КА в интервале температур 60-115,5°C приведены в табл. 35.

По данным Мазохиной и других авторов, в настоящее время при изыскании режимов стерилизации различных консервов ориентируются на нормы летальности приведенные в табл. 36

Таблица 36- Нормы летальности для различных консервов

Консервы	Норма-летальности усл.мин	Индексы норм летальности
«Говядина тушеная» в банке 12	15,7	F ¹⁰ C
«Свинина тушеная»	16,9	121 ⁰ C
Рыбные		F ¹¹ C
в томатном соусе	3,3-4,9	121 ⁰ C
натуральные	4,3-6,5	F121 ⁰ C Z-913 ⁰ C
в масле	4,1-6,9	
фаршевые	3,8-4,2	
Рыбо-овощные	4,3	
Из морепродуктов	4,5-4,7	
Овощные закусочные-икра,овощи,нарезанные дольками или кусочками,фаршированные овощами.	1-2	F ¹⁰ C
Икра из свежей капусты,лук в томатном соусе,закуска овощная,паштет овощной с грибами,приправа из свеклы,икра из лука.	5,4	121 ⁰ C
Овощные натуральные из зеленого горошка,кукурузы,шпината.	14-24	F ¹⁰ C
Овощные и овоще-мясные для детского питания		121 ⁰ C
Томатный сок	6X(1,7p-7,5)	F ¹⁰ C
Концентрированные томатопродукты	0,7	121 ⁰ C
«Абрикосы протертые с сахаром»	150-200	A15 ⁰ C
«Абрикосовый сок с мякотью и сахаром»	72	80 ⁰ C
«Березовый сок с сахаром,хвоей и мятой»	0,7	A8,9 ⁰ C
Натуральные фруктовые соки без мякоти	182	90 ⁰
Фруктовые соки с мякотью	40	F ¹⁰ C
Компоты	100	121 ⁰ C
	150-200	A15 ⁰ C
		80 ⁰ C

Изыскание научно обоснованных режимов стерилизации консервов

Принципы математического расчета формул стерилизаций консервов сводятся к следующему.

Во-первых, используя формулу приближенного интегрирования по методу прямоугольников,

$$F = \int_a^b K_F d\tau \approx \tau_p (K_{F_1} + K_{F_2} + \dots + K_{F_n}),$$

где

$$K_F = 1/10^z \frac{T_{\Sigma} - T_D}{z},$$

реальное время стерилизации в переменном температурном поле, пересчитывают на условное, эквивалентное по действию на микроорганизмы время воображаемого стационарного процесса, при котором центр банки мгновенно подогревается до некоторой эталонной температуры (для малоокислотных консервов $T_{\Sigma} = 121,1^{\circ}\text{C}$), выдерживается при этой температуре в течение F мин, после чего мгновенно охлаждается до сублетальных температур.

Эта абстракция позволяет характеризовать любой режим стерилизации одним числом, сравнение которого с нормативными значениями F -эффекта дает возможность получить количественное суждение об эффективности данного режима в отношении достигнутой степени стерильности консервов.

Во-вторых, при установлении нормативных значений летальности исходят прежде всего из необходимости полностью исключить вероятность заболевания ботулизмом. С этой целью произвольно установили, что абсолютная надежность в этом смысле будет тогда, когда из 10^{12} банок только в одной может оказаться одна выжившая спора *Cl. botulinum*. Выражаясь математическим языком, это количество выживших при стерилизации микроорганизмов в пересчете на одну банку обозначают как $B = 10^{12}$, из чего следует, что степень стерильности $n = \lg (B/b)$ должна составлять 12 (если $B = 1$). Отсюда норма летальности, определяемая по формуле

$$F_H = nD$$

должна составлять

$$F_H = 12D,$$

а так как константа D для *Cl. botulinum* при $121,1^{\circ}\text{C}$ равна 0,21 мин, то требуемая летальность для режимов стерилизации малоокислотных консервов $12 \cdot 0,21 \sim 3$ усл.мин.

При нормировании количества испорченных банок следует принять также во внимание и экономические соображения о допустимом проценте биологического брака при хранении на складе, вызываемого микроорганизмами еще более термоустойчивыми, чем *Cl. botulinum*, но не представляющими опасности с точки зрения здравоохранения. Здесь имеются в виду также мезофильные спорообразующие виды, как, например, *Cl. sporogenes*. Этот показатель - норма складского брака - тоже выбирается произвольно, но не так жестко, как в отношении *Cl. botulinum*, а в этом случае допускается около 10^{-4} . Тогда необходимая степень стерильности консервов с учетом начальной обсемененности $B = CG$ (например, 1 спора на 10 г продукта) должна составлять 5-6, а значит, нормативное значение летальности должно определяться концепцией.

$$F=5 \div 6Д$$

Но так как значение константы выживаемости D для *Cl. sporogenes* больше, чем для *Cl. botulinum* - около 1 мин, то получается, что норма стерилизующего эффекта для режимов стерилизации малоокислотных консервов должна составлять не менее 6 усл. мин.

Аналогичный математический прием используется для оценки летальности режимов стерилизации кислотных консервов, обозначаемой термином A -эффект, который рассчитывается по формуле:

$$A = \int_a^b K_A d\tau \approx \tau_p (K_{A_1} + K_{A_2} + \dots + K_{A_n}),$$

причем

$$K_A = 1 / 10^{\frac{80-T}{15}},$$

поскольку в качестве эталонной температуры принят уровень 80°C , константа $Z = 15^{\circ}\text{C}$. Переводные коэффициенты рассчитываются для значений температур не ниже 60°C .

Описанный метод математического анализа может быть использован при изыскании новых режимов стерилизации при следующих обстоятельствах:

- для выяснения и последующей корректировки летальности того или иного действующего режима в сомнительных случаях (например, при подозрении на наличие большого резерва или, наоборот, на недостаточный стерилизующий эффект и т. п.);
- при переходе на новые температурные уровни, которые действующими положениями не предусмотрены;
- при разработке технологии новых видов консервов;
- при фасовке известных консервов в новые виды (по размеру или по материалу) тары, для которых в действующей технологии нет соответствующей формулы;
- при переходе на новые условия стерилизации, например от периодических процессов на непрерывные или от неподвижных банок к вращающимся.

Приведем примеры техники расшифровки и корректировки действующих режимов стерилизации консервов.

Один из используемых в производстве режимов стерилизации консервов «Перец фаршированный» в стеклянной полулитровой таре имел следующую формулу:

и вызывал некоторое сомнение в связи с длительностью этапа собственно стерилизации. Следовало расшифровать летальность этого режима и в случае надобности скорректировать его.

Поскольку к моменту постановки этой задачи в литературе отсутствовали исследования термоустойчивости возбудителей ботулизма при Стерилизации овощных закусочных консервов, надо было прежде всего такие исследования провести и установить нормы летальности применительно к этому виду консервов.

На рис. 62 показаны характерные для овощных закусочных консервов кривые выживаемости *Cl. botulinum* В-364, из которых можно было определить константы термоустойчивости *D* при нескольких температурных уровнях.

Температура стерилизации °C	D ₄ мин
115	0,302
118	0,130
121	0,077

Требуемая летальность по возбудителям ботулизма составила

$$F_H = 0,077 \cdot 12 = 0,93$$

или, округленно, 1 усл. мин. при 121°C, (В.Ш. Сторожук, А.А. Мордвинова).

Полученные данные позволили построить кривую летального времени (рис. 63). Из рисунка видно, что вторая константа термоустойчивости z , необходимая для расчета фактической летальности, составляет 9,8 или, округленно, 10°C. Таким образом, требуемую летальность для овощных закусочных консервов можно записать так:

$$F_{121^{\circ}\text{C}}^{10^{\circ}\text{C}} = 1 \text{ усл. мин.}$$

Установив норму летальности, следовало в соответствии с процедурой, описанной выше, получить теплофизическую характеристику процесса. Про стерилизовав консервы по расшифровываемому режиму, получаем таблицу прогреваемости, например, для консервов «Перец фаршированный» в стеклянной банке СКО 83-I по режиму $\frac{25-60-25}{120^{\circ}\text{C}}$ (табл. 37).

Из табл. 37 видно, что из-за высокой термической инерции этого пищевого продукта уничтожение микроорганизмов начинается практически только спустя 65 мин от начала стерилизации, когда этап собственно стерилизаций уже продолжался 40 мин. Зато охлаждение пищевого продукта в центре банки началось тоже с заметным опозданием против начала охлаждения аппарата. Рост температуры продукта продолжался еще в течение 15 мин. после того, как приступили к охлаждению аппарата.

Данные таблицы показывают также, что уже после Окончания цикла стерилизации температура в центре банок, выгруженных из аппарата, довольно высока и поддерживается на летальном уровне не меньше, 10 мин. Поэтому результаты последних двух замеров тоже учтены при суммировании переводных коэффициентов.

Отсюда фактическая летальность данного режима стерилизации по формуле (106) составляет

$$F = 5 \cdot 0,51 = 2,55, \text{ или округленно } 2,6 \text{ усл. мин.}$$

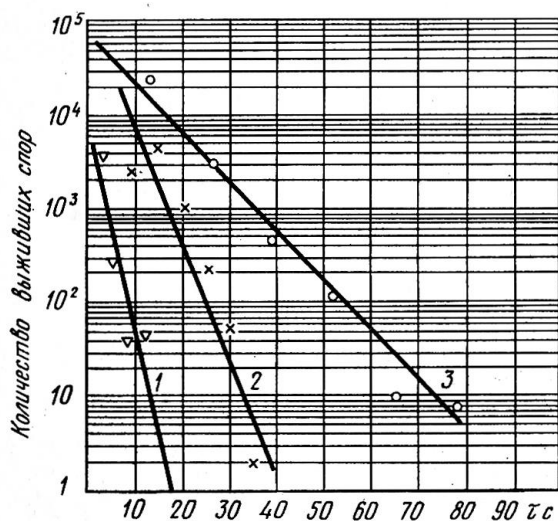


Рис. 62. Кривые выживаемости спор *Cl. botulinum* В-364 в овощных закусочных консервах при 121°C (1), 118°C (2) и 115°C (3)

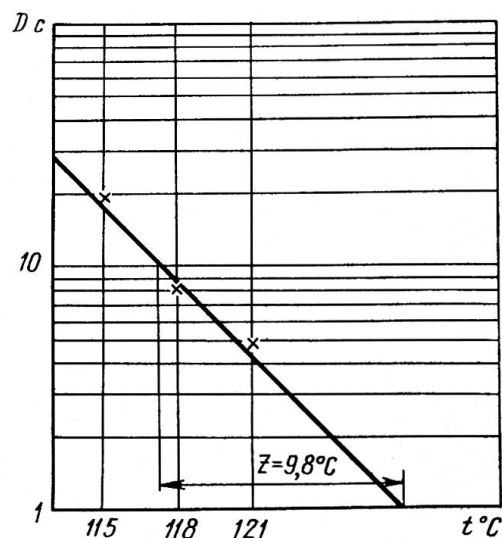


Рис. 63. Кривая летального времени для спор *Cl. botulinum* в овощных закусочных консервах

Таблица 37

Время от начала стерилизации, мин	Температура автоклава, °C	Температура продукта, °C	Переводный коэффициент K_F	Время от начала стерилизации, мин	Температура автоклава, °C	Температура продукта, °C	Переводный коэффициент K_F

0	78	44	-	60	120	92	
5	85	44	-	65	120	96	0,0031
10	94	44,5	-	70	120	99,5	0,0069
15	102	45	-	75	120	103	0,0155
20	110	48	-	80	120	105,5	0,0276
25	120	51,5	-	90	105	109,5	0,0690
30	120	57	-	95	85	111	0,0980
35	120	63	-	100	70	112	0,1230
40	120	70	-	105	55	110,5	0,0872
45	120	77	-	110	40	106	0,0308
50	120	84	-			101	0,0098
55	120	87	-			96	0,0031
							K _F -0,51

При сравнении полученного значения фактического стерилизующего эффекта с установленной ранее нормой летальности видно, что данный режим стерилизации содержит значительный резерв стерилизующего эффекта и может быть сокращен.

Выше указывалось, что, учитывая возможную необходимость корректировки расшифрованной летальности данного режима стерилизации с тем, чтобы фактическая летальность формулы соответствовала норме, необходимо построить совмещенный график кривых прогрева и летальности (рис. 64). Корректировка данного режима может быть произведена разными приемами. Наиболее точный из них заключается в следующем.

Подсчитывают на графике фактической летальности площадь, ограниченную кривой переводных коэффициентов, с помощью планиметра Или просто по числу клеток на миллиметровой бумаге. Допустим, что получилось ориентировочно 13 клеток.

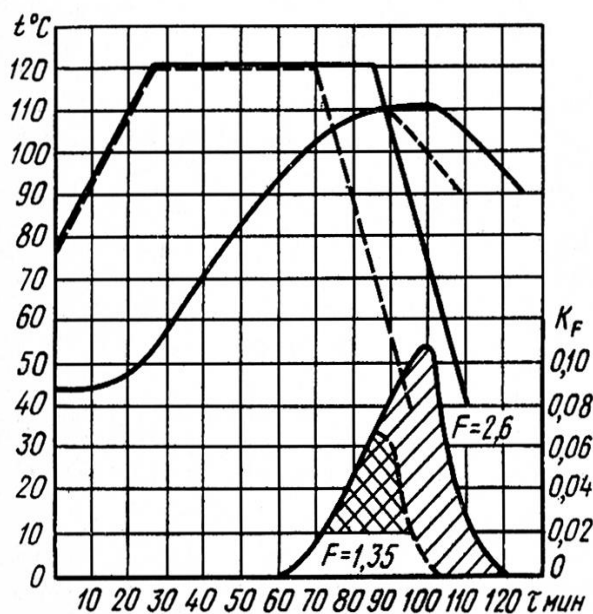


Рис. 64. Корректировка режима стерилизации консервов «Перец фаршированный»

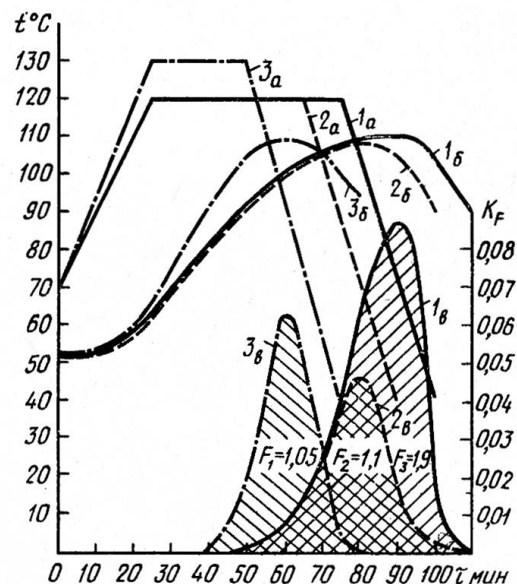


Рис. 65. Корректировка режима стерилизации консервов «Икра баклажанная»:
1 — исходный режим $\frac{50}{120^{\circ}\text{C}}$; 2 — сокращенный режим $\frac{40}{120^{\circ}\text{C}}$; 3 — сокращенный режим $\frac{25}{130^{\circ}\text{C}}$;
индексы: а — автоклав; б — продукт; в — летальность

Поскольку фактическая летальность данного режима-2,6 усл. мин. оказалась в 2,5 раза больше требуемой (1 усл. мин.), то необходимо в пределах площади, ограниченной данной кривой, провести новую кривую летальности, площадь Под которой была бы в 2,5 раза меньше исходной и составляла, следовательно, $13 : 2,5 = 5,4$ клетки.

Новую кривую строим внутри исходной так, чтобы получалась подобная конфигурация, т. е. чтобы левая ветвь новой кривой была совмещена с левой ветвью исходной, затем, чтобы в какой-то экспериментально подогнанной точке начиналось нисхождение кривой так, чтобы правая ветвь проходила параллельно правой ветви исходной. Конечно, не обязательно добиваться очень точного сокращения исходной площади. В данном случае оказалось, что при такой «подгонке» новая площадь составила не 5,4, а 6 клеток. В пределах площади, ограниченной исходной, завышенной, кривой летальности, построим новую кривую летальности - ту, которая должна соответствовать новой, «правильной», формуле стерилизации.

Далее по новой кривой летальности находим значения переводных коэффициентов для искомого режима стерилизации и, идя обратным ходом, находим соответствующие этим значениям температурные точки применительно к новой кривой прогрева-той, которая должна быть для обеспечения требуемой летальности. Эта новая температурная кривая также совмещается с исходной, но в каком-то месте начинает опускаться раньше, чем исходная кривая прогрева. Эта часть новой кривой показана на рисунке пунктиром.

Наконец, сравнивая исходную и новую кривые прогрева продукта и замечая разницу во времени между пиками этих кривых, принимаем, что именно на эту разницу следует уменьшить длительность этапа собственно стерилизации исходной формулы и получаем, таким образом, новую, искомую кривую прогрева автоклава. При этом продолжительность этапов прогрева и охлаждения оставляем ту же, что и в Исходной формуле (нисходящая ветвь новой формулы стерилизации также показана на рисунке пунктиром). Новая формула стерилизации, которая предположительно соответствует норме летальности, представляется в следующем виде:

$$\frac{25-45-25}{120^{\circ}\text{C}}$$

Для окончательной проверки правильности выполнения коррекционных процедур следует простерилизовать консервы по найденному режиму и просчитать его летальность. Оказалось, что она составляет 1,35 усл. мин., т. е. несколько выше нормы. Видимо, можно было сократить этап собственно стерилизации еще минут на 5, но тогда мы бы находились на грани одномоментной нормы, причем иногда, -возможно, переходили бы нижний предел, что нежелательно.

На рис. 65 показана произведенная по указанной схеме корректировка действовавшего режима стерилизации консервов «Икра баклажанная» в полулитровой стеклянной таре при $120^{\circ}\text{C} \frac{25-50-25}{120^{\circ}\text{C}}$ и изыскание нового, интенсифицированного режима стерилизации, длительность которой

сокращена за счет повышения температурного уровня процесса до 130°C. Из рисунка видно, что благодаря снижению резерва летальности исходного режима (стерилизующий эффект его составлял 1,9 усл. мин.) можно на 10 мин. сократить время собственно стерилизации, предложив режим $\frac{25-40-25}{125^\circ\text{C}}$ с летальностью, равной 1,1 усл. м. За счет же повышения температуры до 130°C можно предложить формулу $\frac{25-25-25}{130^\circ\text{C}}$ при которой стерилизация на 25 мин, в данном случае на 25% короче исходной, при этом она соответствует норме ($F = 1,05$ усл. мин.).

Представляет интерес расшифровка и корректировка действовавшего ранее режима стерилизации консервов «Морковный сок» в стеклянной 200-граммовой таре 58-1 $\frac{20-25-25}{120^\circ\text{C}}$

Исследования показали, что возбудителями, ответственными за специфическую порчу этих консервов (скисание), являются термоустойчивые *Bac. stearotherophilus*, для которых норма летальности $F_{121^\circ\text{C}}^{7,1^\circ\text{C}}$ составляет 11,5 усл. мин.

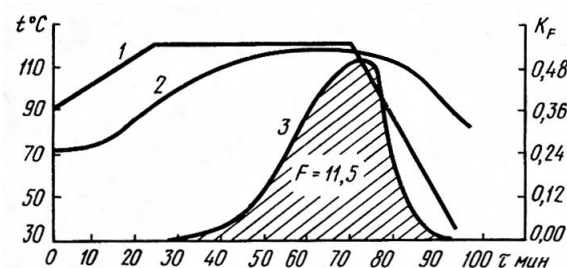


Рис. 66. Кривые прогрева (автоклава — 1 и продукта — 2) и летальности (3) при стерилизации консервов «Морковный сок»

Как показано на рис. 61, расшифровка исходной формулы показала крайнюю ее недостаточность, ибо фактическая летальность составила всего 1,2 усл. мин.

Достаточный по летальности режим стерилизации (рис. 66)

обеспечивается формулой $\frac{20-45-25}{120^\circ\text{C}}$, где длительность процесса выше исходной на 20 мин.

Итак, можно сказать, что научно обоснованной формулой стерилизации является такая, фактическая летальность которой равна или несколько выше требуемой, иначе говоря, должно быть справедливым равенство

$$F > F_{T_3}^Z \quad (118)$$

Поэтому задача корректировки действующих режимов стерилизации при разработке научно обоснованных формул заключается в подгонке разрабатываемых режимов к норме летальности. Это можно делать не только путем описанных графических построений, но и посредством метода проб и ошибок, т. е. сокращая или удлиняя наугад период собственно стерилизации, а затем подвергая полученную таким образом новую формулу экспериментальной теплофизической проверке с последующим математическим просчетом получаемых данных.

Зависимость между фактической летальностью режимов стерилизации и процентом биологического брака консервов

Пользуясь формулой (109) для определения нормы летальности

$$F_H = D_{121} \lg(B/b),$$

можно рассчитать зависимость между фактической летальностью данного режима стерилизации и ожидаемым процентом биологического брака.

Если обозначить через P процент биологического брака, то конечное количество микроорганизмов b будет равно

$$b = P/100. \quad (119)$$

Подставим выражение (119) в формулу (109):

$$F = D \lg \frac{B}{P/100} = D \lg(100B/P),$$

откуда

$$\lg(100B/P) = F/D. \quad (120)$$

Делаем преобразования. Из выражения (120) следует, что

$$100B/P = 10^{F/D}; \quad (121)$$

$$P = 100B/10^{F/D} = 10^2 B/10^{F/D} \quad (122)$$

или, окончательно,

$$P = B \cdot 10^{2-F/D}. \quad (123)$$

Пример. Допустим, что стерилизуется 500-граммовая банка с консервами, причем начальная обсемененность составляет 1 спору на 10 г продукта, константа термоустойчивости данной микрофлоры D_{121} равна 1 усл. мин., а произведенная расшифровка летальности данного режима показала, что F-эффект его равен 5 усл. мин. Тогда по формуле (123) ожидаемый процент биологического брака Р будет равен

$$P = 50 \cdot 10^{2-5} = 0,05\%.$$

Это количество в несколько раз больше оптимальной цифры (0,01%). Поэтому данный режим стерилизаций нужно удлинить, повысив фактическую летальность его. Расчет по формуле (123) показывает, что если увеличить F всего на 1 мин, то процент брака уменьшится на один порядок, т. е. снизится в 10 раз, составив 0,005%. Это количество уже вдвое меньше оптимального числа. Пользуясь этой же формулой, можно определить, что оптимальное количество брака, не превышающее 0,01%, получится, если фактическая летальность режима составит 5,7 усл. мин.

Из этого примера видно, какое большое практическое значение в отношении производственного брака консервов имеет каждая условная минута фактической летальности данного режима стерилизации.

ГЛАВА IX

ФИЗИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПРОЦЕССА ТЕПЛОВОЙ СТЕРИЛИЗАЦИИ

Давление, создаваемое в аппарате с целью предупреждения деформации тары и предотвращения срыва металлических крышек с горловины стеклянных банок и называемое в технике противодавлением (при условии, что уровень его выше того, который требуется с температурных позиций), является третьим физическим параметром процесса стерилизации (первые два - температура и время). Естественно, что необходимое значение противодавления зависит от величины давления, возникающего в консервной таре при стерилизации.

Определим это давление расчетным путем.

Давление в таре при закатке равно атмосферному (если банка закатана не на вакуум-закаточной машине) и состоит из суммы парциального давления водяных паров (p_n) и воздуха (p_B):

$$P_{\Pi} + P_B = 0,1 \text{ МПа.} \quad (124)$$

При стерилизации каждая из составляющих изменяется, и в наивысшей достигаемой в паровоздушном пространстве температурной точке упругость водяных паров повысится до $P_{n''}$ а парциальное давление воздуха - $P_{B''}$. Таким образом, абсолютное давление в таре при стерилизации (p_c) будет

$$P_{\Pi''} + P_{B''} = P_c \quad (125)$$

Вычтя из уравнения (125) уравнение (124), получим величину избыточного (сверх атмосферного) давления в банке

$$P_c - 0,1 = (P_{\Pi''} - P_{\Pi}) + (P_{B''} - P_B). \quad (126)$$

Уравнение (126) представляет собою сумму двух разностей (которые для наглядности заключены в скобки): упругостей водяных паров и парциальных давлений воздуха. Величины $p_{B''}$ и p_{Π} , не зависят друг от друга, а зависят только от соответствующих температур продукта при стерилизации (T_2) и закатке (T_1). Величина же $p_{B''}$ функционально связана с величиной

p_v через характеристическое уравнение для газов $p_v = RT$. Поэтому можно выразить $P_{v'}$ через $p_{п'}$ и подставить полученное значение в уравнение (126).

Если обозначить объем незаполненного продуктом пространства банки (т.е. объем воздуха) При закатке V_1 а объем незаполненного пространства при стерилизации V_2 , то характеристические уравнения для воздуха, находящегося в банке, будут иметь следующий вид:

$$P_{B'} V_1 = RT_1 \quad (127)$$

$$P_{B''} V_2 = RT_2 \quad (128)$$

Разделив уравнение (128) на (127), получим

$$P_{B''} V_2 / (P_{B'} V_1) = T_2 / T_1, \quad (129)$$

откуда

$$P_{B''} = P_{B'} V_1 T_2 / (V_2 T_1) \quad (130)$$

Подставим значение $P_{B''}$ из формулы (130) в уравнение (126):

$$P_B - 0,1 = P_{п''} - P_{п'} + P_{B'} V_1 T_2 / (V_2 T_1) - P_{B'} \quad \text{и,}$$

окончательно,

$$P_c - 0,1 = P_{п''} - P_{п'} + P_{B'} [V_1 T_2 / (V_2 T_1) - 1] \quad (131)$$

Полученное уравнение представляет собой общую формулу для расчета давления в консервной таре при стерилизации, как жестяной, так и стеклянной, поскольку при выводе его специфика материала тары не учитывалась. При этом следует иметь в виду, что выражение (131) представляет собой избыток давления, развиваемого в консервной таре, над наружным при стерилизации в открытых аппаратах, когда абсолютное давление в таре равно P_c , а наружное представляет атмосферное давление воздуха (0,1 МПа).

Таким образом, в выражении (131) фигурируют упругости водяных паров $P_{п''}$ и $P_{п'}$ и выражение $P_{B'} [V_1 T_2 / (V_2 T_1) - 1]$, которое характеризует изменение давления оставшегося в банке воздуха при стерилизации.

Если проанализировать уравнение (131) и рассмотреть возможность его практического использования для расчета давления в банке при стерилизации, то легко заметить, что наибольшую трудность представляет

расчет величины $P_v [V_1 T_2 / (V_2 T_1) - 1]$, так как для определения отношения V_1/V_2 нет достаточных данных. Все же остальные величины из уравнения (131) ($P_{п'}$, $P_{п'}$, P_v , T_2 и T_1 .) известны для каждого случая.

Определить величину $P_{п'} [V_1 T_2 / (V_2 T_1) - 1]$, можно сопоставлением результатов частичного просчета по формуле (131) с данными экспериментальных определений давления в банке при стерилизации. Поскольку наиболее характерные в этом отношении данные имеются применительно к жестяной таре, ниже приводится расчет давления в ней

Расчет давления в жестяной таре при стерилизации

Воспользуемся материалами исследований Магуна и Кульпеппера по определению давления в жестяных банках объемом 994,5 см³, содержащих 100 и 950 см³ воды. Подставим в формулу (131) значения $P_{п'}$ и $P_{п'}$ (т.е. вычислим то, что по формуле можно определить), величину же $P_v [V_1 T_2 / (V_2 T_1) - 1]$, для подстановки в которую у нас отсутствуют сведения об отношении V_1/V_2 , обозначим для удобства одной буквой К. Произведенные вычисления показаны в табл. 38 и 39.

Таблица 38- Зависимость давления в банке от температуры и степени заполнения

Температура °С			Давление МПа	
при закатке	при стерилизации	при степени наполнения банки водой 0.1	рассчитанное по формуле	при степени наполнения банки водой 0.95
50	100	0,097	0,0874+K	0,077
50	109	0,137	0,1274+K	0,115
50	116	0,177	0,1674+K	0,151
60	100	0,087	0,080+K	-
60	109	0,127	0,120+K	-
60	116	0,165	0,160+K	-
70	100	0,076	0,068+K	0,069
70	109	0,114	0,108+K	-
70	116	0,152	0,148+K	0,141
80	100	0,056	0,050+K	-
80	109	0,094	0,090+K	0,089
80	116	0,133	0,130+K	0,128

Примечание. Приведенные авторами значения давления в атмосферах пересчитаны на единицы СИ

Таблица 39 -Зависимость давления в банке от температуры и степени заполнения

Температура ⁰ С		K=P _в .(V ₁ T ₂ /(V ₂ T ₁)-1)		Температура ⁰ С		K=P _в .(V ₁ T ₂ /(V ₂ T ₁)-1)	
при закатке	при стерилизации	при степени наполнения банки водой 0,1	при степени наполнения банки водой 0,95	при закатке	при стерилизации	при степени наполнения банки водой 0,1	при степени наполнения банки водой 0,95
50	100	+0,0096	-0,0104	70	100	+0,008	-0,001
50	109	+0,0096	-0,0124	70	109	+0,006	-
50	116	+0,0096	-0,0164	70	116	+0,004	-0,007
60	100	+0,007	-	80	100	+0,006	-
60	109	+0,007	-	80	109	+0,004	-0,001
60	116	+0,005	-	80	116	+0,003	-0,002

Рассматривая табл. 38 можно заметить, что в ней приведен экспериментальные данные по определению избыточного давления в литре (приблизительно) жестяной таре в опытах с четырьмя вариантами температур при закатке (50, 60, 70 и 80⁰С), тремя вариантами температур стерилизации (100, 109 и 116⁰С) и двумя степенями наполнения банок (100 см³ и см³ воды). Были сделаны 24 замера давления, по 12 для малого и большого наполнения. В соответствии с этим в таблице приведены 2 колонки экспериментальных данных: для малого наполнения и для большого наполнения. В третьей, средней, колонке приведены данные частичного рас по формуле

$$P_c - 0,1 = P_{п\prime} - P_{п\prime} + K \quad (132)$$

где K - нерасчетная часть формулы (131),

$$K = P_v [V_1 T_2 / (V_2 T_1) - 1]. \quad (133)$$

Судя по табл. 38, на давление в банке при стерилизации значение начальной температуры влияет в обратном отношении, а температура

стерилизации - в прямом. Чем ниже начальная температура содержимого и чем выше температура стерилизации, тем больше и возникающее в таре давление, и наоборот.

Далее можно сказать, что давление в жестяной банке при стерилизации несколько больше, чем рассчитанное по формуле, при малом наполнении и несколько меньше - при большом.

Но что особенно важно, так это то, что величина очень незначительна и колеблется в пределах 0,003-0,0096 при малом наполнении и 0,001- 0,0164 МПа при большом наполнении. Можно считать, что в обоих случаях доля величины K к измеренному давлению не превышает 6%. Таким образом, для инженерных расчетов величиной K - изменением давления воздуха как весьма незначительной - можно пренебречь и давление в жестяной таре рассчитывается по формуле:

$$P_c - 0,1 = P_{п''} - P_{п'} \quad (134)$$

Физический смысл этой формулы легко уяснить, если учесть, что из выражения (124)

$$P_{п'} = 0,1 - P_{в'} \quad (135)$$

При подстановке значения $P_{п'}$ в формулу (134) получим:

$$P_c - 0,1 = P_{п''} - 0,1 + P_{в'}$$

а значит,

$$P_c = P_{п''} + P_{в'} \quad (136)$$

Отсюда выходит, что абсолютное давление в жестяной банке при стерилизации равно сумме упругости водяных паров при стерилизации и первоначального (т.е. такого, каким оно было при закатке) давления воздуха.

Итак, давление воздуха в жестяной банке в процессе стерилизации практически не изменяется, т.е. величина $p_{в'} \left(\frac{V_1 T_2}{V_2 T_1} - 1 \right)$, характеризующая изменение давления воздуха, равна нулю. Чтобы объяснить этот факт, проанализируем выражение $p_{в'} \left(\frac{V_1 T_2}{V_2 T_1} - 1 \right)$.

Оно может быть равно нулю в двух случаях: если $P_{в'} = 0$, или если нулю равно выражение в скобках. Но какое-то значение первоначального давления воздуха в банке всегда есть и $P_{в'}$ не может быть равно нулю. Значит, нулю равна скобочная часть выражения (133).

Но если

$$V_1 T_2 / (V_2 T_1 - 1) = 0, \text{ то } V_1 T_2 / (V_2 T_1) = 1.$$

Если представить себе величину $V_1 T_2 / (V_2 T_1)$ как произведение из двух сомножителей V_1/V_2 и T_2/T_1 , то станет ясным, что величина $V_1 T_2 / (V_2 T_1)$ может быть равна единице только при условии, если дробь V_1/V_2 меньше единицы, ибо множитель T_2/T_1 всегда больше единицы.

Отсюда важнейший вывод из табл. 38 и 39 заключается в том, что отношение объема свободного пространства в жесткой таре до стерилизации к объему воздуха при стерилизации меньше единицы. Иными словами, объем свободного пространства в жестяной банке при стерилизации увеличивается.

На самом деле, как отмечалось выше, из табл. 38 и 39 видно, что величина $P_{в'} [V_1 T_2 / (V_2 T_1)]$ не равна нулю. Она либо несколько больше, либо несколько меньше нуля. Следовательно, $V_1 T_2 / V_2 T_1$ тоже не равно единице, а либо несколько больше единицы, либо несколько меньше ее. Однако ясно, что это положение не противоречит утверждению, что V_1/V_2 , как правило, меньше единицы: все дело в соотношении абсолютных значений сомножителей V_1/V_2 и T_2/T_1 , т.е. в том, насколько правильная дробь V_1/V_2 «компенсирует» до единицы неправильную дробь T_2/T_1 . Пользуясь данными табл. 38 для каждого опыта, можно рассчитать фактические отношения V_1/V_2 (табл. 40).

Таблица 40 – Фактические значения отношений объемов до и после закатки

Температура °С		Отношение V_1/V_2 при степени наполнения банки водой		Температура °С		Отношение V_1/V_2 при степени наполнения банки водой	
при закатке	при стерилизац	0.1	0.95	при закатке	при стерилизации	0.1	0.95

	ии				и		
50	100	0,960	0,760	70	100	1,026	0,932
50	109	0,940	0,726	70	109	0,950	-
50	116	0,925	0,676	70	116	0,935	0,790
60	100	0,973	-	80	100	1,060	-
60	109	0,950	-	80	109	0,995	0,910
60	116	0,910	-	80	116	0,965	0,873

Из табл. 40 видно, что величина V_1/V_2 не является постоянной даже для данной банки, а зависит от степени наполнения и в какой-то мере от разности температур. Чем больше наполнение и чем больше (в определенном диапазоне) разность между температурами при стерилизации и закатке, тем меньше для жестяной банки V_1/V_2 . В табл. 41 приведена выборка средних значений V_1/V_2 для разностей температур безотносительно к абсолютным значениям температур при закатке и стерилизации.

Установленная зависимость между отношением V_1/V_2 и степенью наполнения, а также разностью температур нуждается в теоретическом обосновании. Конечно, в первую очередь имеет практическое значение тот факт, что V_1/V_2 меньше единицы и что давление воздуха при стерилизации практически не изменяется. Тот же факт, что величина V_1/V_2 несколько больше для малого и меньше для большего наполнения и что, следовательно, давление тоже несколько больше в жестяной банке, где Наполнение меньше, казалось бы, не должен был нас интересовать, поскольку влияние этого фактора незначительно. Однако теоретическое объяснение найти необходимо, иначе может возникнуть вопрос: а всегда ли это так или может быть, найденные закономерности справедливы только для данного исследования.

Таблица 41- Средние значения V_1/V_2 для разностей температур безотносительно к абсолютным значениям температур при закатке и стерилизации

Разность между температурами	Степень наполнения	Разность между температурами при	Степень наполнения

	0,1	0,955		0,1	0,955
20	1,060	-	45	-	0,790
30	1,010	0,921	50	0,955	0,760
35	0,965	0,873	60	0,940	0,726
40	0,965	-	65	0,925	0,676

Рассмотрим, что происходит в закатанной жестяной банке при нагревании. Объем свободного пространства в банке до стерилизации

$$V_1 = V_6 - V_n, \quad (137)$$

где V_6 объем банки; V_n - объем продукта.

Выразим объем продукта через степень наполнения банки продуктом n и объем банки

$$n = \frac{V_n}{V_6}, \quad (138)$$

Откуда

$$V_n = nV_6 \quad (139)$$

следовательно,

$$V_1 = V_6 - nV_6 = V_6(1 - n) \quad (140)$$

При нагревании объем банки увеличивается. Обозначим коэффициент увеличения объема банки через X . Увеличивается также, объем продукта. Обозначим коэффициент увеличения объема продукта Y . Тогда объем свободного пространства банки при стерилизации будет равен:

$$V_2 = XV_6 - YV_n - XV_6 - YnV_6 = V_6(X - Yn). \quad (141)$$

Отсюда отношение объемов свободного пространства банки до и при стерилизации составит

$$V_1 / V_2 = (1 - n) / (X - Yn) = 1 / X (1 - n) / (1 - \frac{Y}{X} n).$$

Для удобства последующих преобразований обозначим

$$Y/X = Y' \quad (143)$$

Тогда выражение (142) примет вид:

$$V_1/V_2 = 1/X(1 - n)/(1 - Y'^n) \quad (144)$$

Непосредственное рассмотрение этого выражения показывает лишь, что величина V_1/V_2 зависит от коэффициентов X , Y и n . Вопрос же о том, какова связь между этими коэффициентами и как она влияет на величину V_1/V_2 может быть решен только при математическом анализе выражения (142).

Представим себе две банки, стерилизуемые в одинаковых условиях, но заполненные продуктом в различной степени. Обозначим степень наполнения одной банки через n другой – n_1 и допустим, что $n_1 > n$. Тогда отношение V_1/V_2 в первой банке составит

$$K = (V_1/V_2)^n = 1/X(1 - n)/(1 - Y'^n) \quad (145)$$

а во второй

$$K_1 = (V_1/V_2)^{n_1} = 1/X(1 - n_1)/(1 - Y'^{n_1}) \quad (146)$$

Из опытов (табл. 40) известно, что отношение V_1/V_2 при переходе его от меньшего наполнения к большему уменьшается, следовательно, выражение (145) должно быть больше выражения (146), значит, отношение (145) к (146) должно быть больше единицы. Разделим выражение (145) на (146):

$$\begin{aligned} & 1/X(1 - n)/(1 - Y'^n) : 1/X(1 - n_1)/(1 - Y'^{n_1}) = \\ & = (1 - n)(1 - Y'^{n_1})/[(1 - n_1)(1 - Y'^n)] = \\ & = 1 - n - Y'^{n_1} + Y'^{n_1}n/(1 - n_1 - Y'^n + Y_1n_1n) \end{aligned} \quad (147)$$

Вычтем из числителя дроби (147) знаменатель этой дроби. Так как дробь (147) согласно предыдущему анализу больше единицы, то разность между числителем и знаменателем этой дроби (d) величина положительная:

$$d = (1 - n - Y'^{n_1} + Y'^{n_1}n) - (1 - n_1 - Y'^n + Y_1n_1n).$$

Сделав преобразования, получаем:

$$d = (n - n_1)(Y' - 1) \quad (148)$$

Заменив Y_1 на его значение из выражения (143), находим, что

$$d = (n - n_1)(Y/X - 1) \quad (149)$$

Проанализируем полученное выражение. Это произведение, как отмечалось, - величину положительную. Но так как p_1 больше p по условию, то множитель $p - p_1$ - величина отрицательная, следовательно, второй множитель $Y/X - 1$ - тоже величина отрицательная. А значит,

$$Y/X < 1 \text{ и } X > Y.$$

Таким образом, оказывается, что коэффициент увеличения объема жестяной банки при стерилизации больше коэффициента увеличения объема продукта, что связано не с различными коэффициентами линейного расширения материалов тары и продукта, а с тем, что из-за повышения давления в таре при нагревании крышки, являющиеся тонкими мембранами, прогибаются наружу (с обоих концов - если банка составная) и банка вздувается.

Поскольку увеличение объема тары больше, чем увеличение объема продукта, объем воздушного пространства при стерилизации (V_2) возрастает, а следовательно, отношение V_1/V_2 должно быть меньше единицы. Вот почему первоначальное парциальное давление воздуха в банке при стерилизации не только не возрастает, но даже должно несколько уменьшиться. Во всяком случае, можно принять, как это мы и сделали ранее, исходя из экспериментальных данных, что избыток давления воздуха над первоначальным его значением не образуется, что $P_v' \cdot [V_1 T_2 / (V_2 T_1) - 1] = 0$ и что давление в жестяной таре при стерилизации можно рассчитывать по укороченной формуле

$$P_c - 0,1 = P_{п''} - P_{п'}$$

Необходимо отметить, что тот же результат получился бы, если бы коэффициент увеличения объема банки X был бы не больше коэффициента увеличения объема продукта Y , а равнялся бы ему. В этом случае, суда по выражению (142), отношение V_1/V_2 равнялось бы

$$V_1/V_2 = 1/X$$

так как второй сомножитель

$$(1 - n) / (1 - \frac{Y}{X} n) = 1.$$

Таким образом, все равно V_1/V_2 должно быть меньше единицы, ибо $X > 1$. Это объясняется тем, что даже при равных коэффициентах увеличения объемов банки и продукта общий объем банки все равно окажется больше общего объема продукта, следовательно, объем свободного пространства возрастет.

Итак, физическая картина происходящих в процессе стерилизации жестяных банок термодинамических превращений заключается в следующем. В первый момент стерилизации, когда продукт прогрелся, объем его увеличился, объем же банки не изменился, следовательно, воздух в банке сжался и давление его возросло. Как только давление превысило определенное значение, при котором крышка еще остается плоской, последняя прогибается, банка вздувается, воздух расширяется, объем его увеличивается, а давление падает.

В Эти превращения показаны на рис. 67. Таким образом, все дело в том, что тонкая крышка жестяной банки является гибкой мембраной, способной под влиянием внутреннего давления прогибаться наружу, вызывая вздутие банки.

В свете этого анализа становится понятной и значение в этих опытах степени наполнения. Если степень наполнения мала, то объем продукта увеличивается при стерилизации не настолько, чтобы заметно сжать воздух и вызвать заметное вздутие банки. Поэтому при малой степени наполнения воздух мало расширяется и V_2 ненамного больше V_1 . Таким образом, при малом наполнении V_1/V_2 больше, чем при большом, следовательно, и давление получается несколько больше.

В такой же мере проясняется роль разности температур. Чем больше разность между температурой стерилизации и температурой при закатке, тем больше X , а чем больше X , тем отношение V_1/V_2 (см. формулу) будет меньше. Иными словами, при одной и той же температуре стерилизации

холодная банка вздуется больше, чем горячая, или же при одной и той же температуре при закатке вздувается больше та банка, которая стерилизуется при более высокой температуре. Это теоретическое соображение вполне согласуется с данными табл. 41.

Приведенные выкладки представляют интерес не только как интерпретация определенного частного случая, т. е. не только как пример математической обработки экспериментального исследования

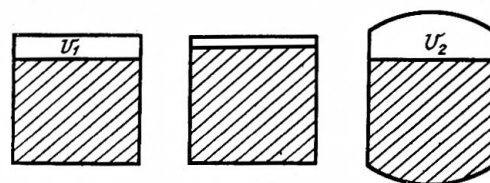


Рис. 67. Увеличение объема свободного пространства в жестяной таре при стерилизации

измерения давления в одной определенного вида жестяной банке таких-то размеров, они устанавливают взаимосвязь между X , Y , n и V_1/U_2 при их различных значениях. Установление же этой теоретической зависимости дает возможность предвидеть, какие технологические и технические факторы влияют на давление в банке при стерилизации и, следовательно, предусмотреть проведение соответствующих мероприятий.

Несомненно, например, что увеличение объемов различных жестяных банок неодинаково и что с увеличением толщины концов, или с уменьшением их диаметра, X уменьшается и может стать меньше Y . В этом случае может получиться, что воздух в жестяной консервной таре будет сжиматься и с увеличением толщины крышек в банке возникнет давление значительно больше обычного, способное вызвать деформацию тары.

Расчет давления в стеклянной таре при стерилизации

Для расчета давления в стеклянной таре воспользуемся общей формулой (131), при выборе которой специфика материала тары не учитывалась. Посмотрим, преобладание каких факторов отражается на давлении:

$$p_c - 0,1 = p_{n''} - p_{n'} + p_{в'} \left(\frac{V_1 T_2}{V_2 T_1} - 1 \right).$$

Основное отличие стеклянной банки от жестяной в отношении влияния давления заключается в том, что стеклянная банка при стерилизации практически не увеличивается в объеме. Прежде всего вздутие здесь могло бы произойти только с одного конца, со стороны крышки. Крышки, которыми укупоривают стеклянные банки, не имеют рельефа, позволяющего им вспучиваться, как это происходит с жестяными крышками, прикатанными к корпусу металлической банки. И наконец, самое главное, тому небольшому вспучиванию крышки, которое все же могло бы произойти, не дают реализоваться, стерилизуя стеклянные банки с применением так называемого противодействия, при котором благодаря наружному давлению предупреждается всякое вздутие крышки. Дело в том, что жестяные крышки не слишком прочно обжаты на горловине стеклянных банок, и стоит им немного вздуться, как нарушается прочность обжима и крышки внутренним давлением срывает с горловины банки.

Что касается увеличения объема банки, связанного с линейным расширением материала при нагревании, то оно настолько невелико, что практически можно приравнять коэффициент увеличения объема банки к единице (кстати, то же можно было бы сказать и о металлической таре, у которой не вздуваются из-за повышенной толщины жести крышки).

Приняв те же обозначения, что и раньше, запишем:

$$\begin{aligned} V_1 &= V_6 - V_n = V_6 - nV_6 = V_6 (1 - n); \\ V_2 &= V_6 - YV_n = V_6 - YnV_6 = V_6 (1 - Yn); \\ V_1V_2 &= (1 - n)/(1 - Yn). \end{aligned} \tag{150}$$

Так как $Y > 1$, то $Yn > n$ и числитель $1 - n$ больше знаменателя $1 - Yn$. Следовательно, для стеклянной тары

$$V_1/V_2 > 1$$

Иными словами, объем свободного пространства в стеклянной банке при стерилизации уменьшается, воздух сжимается, что должно приводить к увеличению давления в таре.

При рассмотрении выражения $P_B' [V_1/T_2/(V_2T_1) - 1]$ формулы (131) видно, что величина $V_1/T_2/(V_2T_1)$ не может быть равна единице, как это было для жестяной тары, так как каждый из сомножителей V_1/V_2 и T_2/T_1 больше единицы. Поэтому и все выражение $P_B' [V_1/T_2/(V_2T_1) - 1]$ не равно нулю, как для жестяной тары, и, следовательно, пренебречь им нельзя. Значит, для расчета давления в стеклянной таре нельзя пользоваться упрощенной формулой (134), а надо вести расчет по общей формуле (131).

Мы уже отмечали, что формулы (131) и (134) характеризуют перевес внутреннего давления в таре над наружным при стерилизации консервов в открытых аппаратах, когда абсолютное внутреннее давление обозначено P_c а наружное является атмосферным и равно 0,1 МПа.

Однако в практическом отношении значительно больший интерес представляет определение избыточного давления для наиболее распространенного случая стерилизации консервов в автоклавах. При этом наружным давлением будет уже не атмосферное, а давление в аппарате, которое представляет собою упругость водяных паров, соответствующую температуре стерилизации, и обозначается $P_{п''}$.

Тогда формула избыточного давления в жестяной таре (131) преобразуется так:

$$\begin{aligned} P_c - 0,1 &= P_{п''} - P_{п'} \\ P_c &= P_{п''} + 0,1 - P_{п'} \end{aligned} \quad (151)$$

Это будет абсолютное давление в жестяной таре. Давление же наружное, в автоклаве равно

$$p_A = p_{п''} \quad (152)$$

Тогда избыточное давление ($p_{и}$) будет равно;

$$\begin{aligned} P_{и} &= p_c - p_A = p_{п''} + 0,1 - p_{п'} - p_{п''} \\ p_{и} &= 0,1 - P_{п'} \end{aligned} \quad (153)$$

Перевес же внутреннего давления в стеклянной таре над давлением в автоклаве можно определить аналогичным преобразованием формулы (131):

$$p_c - 0,1 = p_{п''} - p_{п'} + p_{в'} [V_1T_2/(V_2T_1) - 1]$$

$$p_c = p_{п''} = 0,1 - p_{п'} + p_{в'} V_1 T_2 (V_2 T_1) - p_{в'}$$

Заменим $p_{в'}$, на $0,1 - p_{п'}$ и подставим в выражение (154):

$$p_c = p_{п''} + 0,1 - p_{п'} + (0,1 - p_{п'}) V_1 T_2 (V_2 T_1) - (0,1 - p_{п'}) \quad (155)$$

$$p_c = p_{п''} + (0,1 - p_{п'}) V_1 T_2 (V_2 T_1);$$

$$P_A = P_{п''}$$

Таким образом, избыточное давление будет равно:

$$p_{и} = p_c - p_A = p_{п''} + (0,1 - p_{п'}) V_1 T_2 / (V_2 T_1) - p_{п''}$$

Окончательно

$$P_{и} = (0,1 - p_{п'}) V_1 T_2 / (V_2 T_1) \quad (156)$$

Отсюда видно, что избыточное давление в стеклянной таре во столько раз больше избыточного давления в жестяной таре, во сколько дробь $V_1 T_2 / (V_2 T_1)$ больше единицы.

Пример. Температура при закатке равна 50°C , температура стерилизации 116°C , степень наполнения банки продуктом $n = 0,94$, коэффициент увеличения объема продукта при стерилизации $1,04$. Требуется рассчитать избыточное давление в этих условиях как в жестяной, так и в стеклянной таре при стерилизации в автоклавах.

Исходя из заданных условий, числовые значения величин, фигурирующих в формуле (156), будут следующими:

$$P_{п''} = 0,18 \text{ МПа}; p_{п'} = 0,013 \text{ МПа}; p_{в'} = 0,1 - 0,013 = 0,087 \text{ МПа};$$

$$T_2/T_1 = 389 : 323 = 1,2\%; V_1/V_2 = 1 - 0,94/(1 - 1,04 \cdot 0,94) = 2,67.$$

Тогда $P_{и}$ для стеклянной тары по формуле (156) составит

$$p_{и} = (0,1 - 0,013) 2,67 \cdot 1,2 = 0,087 \cdot 3,2 = 0,28 \text{ МПа}.$$

Таким образом, избыточное давление в стеклянной таре будет в 3,2 раза больше, чем в жестяной, ибо в последнем случае оно равно всего 0,087 МПа ($p_{и} = 0,1 - 0,013$).

Из приведенного примера видно, что отношение V_1/V_2 для стеклянной тары может быть в несколько раз больше единицы и что величина $V_1/T_2/(V_2/T_1)$, характеризующая изменение первоначального давления

воздуха, может оказаться преобладающим фактором в суммарном значении избыточного давления в таре.

Рассмотрим теперь, какое влияние оказывает увеличение степени наполнения на изменение отношения объемов и, значит, на давление в таре.

Приняв те же обозначения, применив тот же метод анализа, но только исходя не из формулы (142)

$$V_1/V_2 = 1/x(1-n)/(1-\frac{Y}{X}n),$$

а из формулы

$$V_1/V_2 = (1-n)/(1-Yn),$$

мы приходим к выражению

$$d = (n - n_1)(Y - 1), \quad (157)$$

аналогичному выражению (149). Здесь также n и n_1 - степень наполнения,

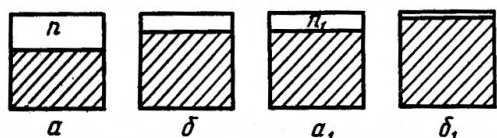


Рис. 68. Влияние степени наполнения стеклянной тары продуктом на степень сжатия свободного пространства при стерилизации

причем $n_1 > n$, а d - величина, знак которой показывает, увеличивается ли отношение V_1/V_2 при переходе от меньшей степени наполнения к большей или уменьшается.

Выше было показано, что если при переходе от меньшего наполнения к большему d имеет положительное значение, то отношение V_1/V_2 уменьшается.

В данном случае мы видим, что первая разность $n - n_1$ - величина отрицательная, ибо $n_1 > n$ по условию, а множитель $Y - 1$ величина положительная, поскольку $Y > 1$. Таким образом, полученное произведение (157) - величина отрицательная. Из того, что мы отметили в предыдущем абзаце, вытекает, что с увеличением степени наполнения стеклянной банки продуктом отношение V_1/V_2 увеличивается, значит, увеличивается и давление.

Этот теоретический вывод подтверждается простыми соображениями, которые наглядно показаны на схеме (рис. 68).

Допустим, что позиция а обозначает стеклянную банку до стерилизации со степенью наполнения n , а позиция б ту же банку в момент достижения температуры стерилизации. Из рисунка видно, что из-за того, что объем банки не изменился, а объем продукта увеличился, свободное пространство сжалось примерно в 2 раза.

В позиции α_1 изображена стеклянная банка до стерилизации, наполненная больше, чем в предыдущем примере, со степенью наполнения $n_1 > n$. Совершенно ясно, что при нагревании объем продукта увеличивается так же (или даже больше), как в предыдущем примере, но зато объем свободного пространства, который был меньше, чем в позиции α , сожмется гораздо больше, чем это показано в позиции б₁ судя по рисунку - раза в 4. Таким образом, отношение V_1/V_2 в этом примере возрастет в 4 раза. Следовательно, во столько же раз возрастет давление воздуха.

Примеры. Условия - те же, что в предыдущем примерном расчете, но степень наполнения увеличена на 0,01 и равна 0,95.

Тогда

$$V_1/V_2 = (1 - 0,95)/(1 - 1,04 \cdot 0,95) = 4,2,$$

а

$$p_{\text{н}} = (0,1 - 0,013) 4,2 \cdot 1,2 - 0,087 \cdot 5,04 = 0,44 \text{ МПа},$$

т. е. будет в 1,5 раза больше, чем в предыдущем примере.

Наконец, увеличим степень наполнения еще на 0,01 ($n = 0,96$).

Тогда

$$V_1/V_2 = (1 - 0,96)/(1 - 1,04 \cdot 0,96) = 25,$$

а

$$P_{\text{н}} = (0,1 - 0,013) 25 \cdot 1,2 = 0,087 \cdot 30 = 2,6 \text{ МПа},$$

т.е. возрастет по сравнению с первым примером почти в 10 раз и достигнет огромного для консервной тары давления - 2,6 МПа (свыше 25 ат).

Конечно, этот последний пример нужно понимать не так, что в таре давление при стерилизации достигает 25 ат. Это лишь предел, к которому

оно стремится, ибо задолго до возникновения такого высокого давления произойдет либо срыв крышки с горловины банки, либо разрушение ее. Первый вид брака обычно случается при использовании широкогорлых обкатных или обжимных банок, второй - V при стерилизации пищевых продуктов в узкогорлых бутылках, укупориваемых корончатыми крышками. При этом тара чаще всего не разрушается: на кусочки, а из нее выдавливается (довольно аккуратно) дно, поскольку, очевидно, сопряжение дна с корпусом - наименее прочный участок конфигурации бутылки.

Вот почему при стерилизации консервов в стеклянной таре приходится прибегать к так называемому противодавлению, т.е. создавать в автоклаве давление, равное избыточному или несколько больше избыточного, рассчитываемого по формуле

$$P_{\text{и}} = (1 - p_{\text{п}}) V_1 T_2 / (V_2 T_1).$$

Нужно добавить также, что в практическом отношении теоретические выкладки, показывающие влияние степени наполнения стеклянной тары продуктом на давление в ней при стерилизации, нужно учитывать в том смысле, чтобы не допускать переполнения банок, ибо обычно степень наполнения лимитируется необходимостью соблюдать определенную массу нетто банок. При этом, как уже отмечалось в главе VI, на консервных заводах предпочитают недоливу переполнение банок, а это очень опасно, особенно для консервов, герметизируемых по способу «Еврокап», механическая прочность укупорки которых очень невелика.

Меры, позволяющие уменьшить давление в консервной таре при стерилизации

Как уже отмечалось, слишком значительное превышение давления в консервной таре при стерилизации над давлением в стерилизационном аппарате может вызвать остаточную деформацию жестяных банок в виде вздутых и не посаженных на место концов, образовавшихся складок на периферии концов, разрыв их по продольному или закаточному шву, срыв

металлических крышек с горловины стеклянных банок и даже механический бой стеклянной тары.

Выше указывалась причина превышения давления в банке над давлением в автоклаве. Для жестяной тары избыточное давление рассчитывается по формуле (153).

Так как в момент закатки при атмосферном давлении справедливо равенство (124), то получается, что

$$\begin{aligned} p_{п'} &= 0,1 = p_{в'} \\ p_{и} &= 0,1 - (0,1 - p_{в'}) \quad (158) \end{aligned}$$

или

$$p_{и} = p_{в'} \quad (159)$$

Таким образом, давление в жестяной таре при стерилизации превышает наружное давление в автоклаве на величину первоначального парциального давления воздуха.

Формулу для расчета избыточного давления в стеклянной таре при стерилизации в автоклаве можно записать так:

$$p_{и} = p_{в'} V_1 T_2 / V_2 T_1. \quad (160)$$

Это означает, что избыточное давление в стеклянной таре при стерилизации в автоклаве равно давлению воздуха в момент стерилизации, ибо $p_{в'}$ - парциальное давление воздуха к началу стерилизации, а коэффициент $V_1 T_2 / (V_2 T_1)$ означает кратность возрастания первоначального давления в наивысшей температурной точке стерилизации.

Отсюда напрашивается вывод, что для уменьшения давления в банке при стерилизации необходимо удалить из нее воздух, т. е. произвести эксгаустирование консервов, после чего только можно полностью устранить превышение давления в банке над давлением в стерилизационном аппарате.

Ниже показано, насколько эффективной мерой снижения в консервной таре при стерилизации является тепловой и механический методы эксгаустирования.

Влияние теплового эксгаустирования на давление в жестяной таре стерилизации.

При рассмотрении формулы для расчета избыточного давления в жестяной таре при стерилизации в автоклаве следует сделать вывод, что для уменьшения избыточного давления необходимо максимально увеличивать p_n , другими словами, увеличивать температуру продукта при закатке.

Теоретически максимальное значение p_n , равно 0,1 МПа (для температуры продукта при закатке 100°C). При этом значении p_n не будет никакого избытка давления в банке над давлением в автоклаве

$$p_n = 0,1 - 0,1 = 0.$$

Благодаря этому банка совершенно не будет вздуваться при стерилизации и в ней не возникнут никакие опасные в отношении деформации напряжения.

Рассмотрим теперь, как изменится давление в жестяной таре после ее окончательного охлаждения.

Когда банка остынет до температуры, при которой она была закатана, в ней снова установится атмосферное давление:

$$p_n + p_{v'} = 0,1 \text{ МПа.}$$

Но так как температура продукта в момент закатки, как правило, выше комнатной, при которой она хранится на складе, то при дальнейшем остывании в банке установится давление

$$p_n + p_{v'} = p_o \quad (161)$$

где $p_{v'}$ - упругость водяных паров над продуктом, соответствующая температуре складского хранения; p_o - давление в банке при охлаждении ее до температуры хранения на складе.

Поскольку первоначальное парциальное давление воздуха $p_{v'}$ можно считать практически неизменным, а упругость водяных паров при охлаждении $p_{v'}$ меньше упругости водяных паров при закатке p_n , то очевидно, что давление в охлажденной банке будет меньше атмосферного и,

таким образом, в хранящейся на складе консервной банке должен быть вакуум.

Поскольку в технике вакуум часто трактуется не как давление ниже атмосферного, а как недостача данного пониженного, давления до атмосферного (и, в подавляющем большинстве случаев, шкалы вакууметров дают значения именно вакуумметрической высоты, т. е. разности между атмосферным и данным пониженным давлением), то искомый вакуум можно определить, вычтя из приведенного выше уравнения выражение (161). Получим:

$$\begin{aligned}P_{п'} + p_{в'} &= 0,1 \\p_{п'''} + p_{в} &= p_o \\p_{п'} - p_{п'''} &= 0,1 - p_o \text{ или} \\W &= p_{п'} - p_{п'''} \quad (162)\end{aligned}$$

где W - вакуум, выраженный через разность между атмосферным и данным пониженным давлением.

Наличие вакуума в банке имеет, как правило, положительное значение в нескольких отношениях.

Во-первых, доньшки банок оказываются несколько вдавленными внутрь перевесом атмосферного давления над внутренним, а втянутые концы являются первейшим визуальным признаком доброкачественности консервов, ибо, как правило, порча продукции происходит с образованием бомбажа. Конечно, этот внешний признак (втянутые концы) не дает 100%-ной гарантии доброкачественности консервов, ибо порча может происходить и без газообразования, вызывающего вздутие концов (например, скисание). Но чаще всего биологическая порча вызывает бомбаж банок, и отсутствие его указывает на доброкачественность данных консервов.

Во-вторых, при перевозках консервов через жаркие климатические пояса или при хранении их при повышенных температурах в банке может возникнуть повышенное против атмосферного давление. Если в остывшей банке не было вакуума, то горизонтально расположенные концы ее

вздуваются, в ней возникнут напряжения из-за внутреннего давления и давления наружного, со стороны банок и ящиков, находящихся над данной банкой. Это небезопасно для прочности консервных банок.

Если же концы остывших банок благодаря вакууму оказываются несколько прогнутыми внутрь, то при повышении температуры хранения и, следовательно, давления в банке, концы ее не вздуются, а только распрямятся, т. е. сделаются плоскими, и нежелательные напряжения с не возникнут.

Вот почему желательно, чтобы вакуум в охлажденных консервных банках был побольше.

Формула (162) позволяет сделать следующие выводы:

1. Вакуум в жестяной таре при охлаждении ее после стерилизации равен разности между упругостью водяных паров при закатке и охлаждении.

2. Чтобы увеличить вакуум в банке при охлаждении, нужно стремиться к увеличению $p_{п'}$, т. е., иначе говоря, максимально повышать температуру продукта при закатке. Влиять на величину вакуума путем регулировки величины $p_{п''}$ практически невозможно, поскольку в условиях нормального хранения температура консервов, а следовательно, и $p_{п''}$ может изменяться в небольших пределах.

Примеры. 1. Температура продукта при закатке 45°C, стерилизация производится при 116°C, температура при хранении консервов на складе 17°C. Определить давление, которое развивается в таре при стерилизации в открытых аппаратах, в автоклавах и вакуум в банках при хранении на складе.

По справочным таблицам $p_{п'}$ при 45°C составляет 0,01 МПа, $p_{п''}$ - 0,18 МПа (для 116°C) и $p_{п'''}$ при 17°C - 0,002 МПа.

Тогда избыточное! давление в таре при стерилизации в открытых аппаратах по формуле (134)

$$p_c - 0,1 = P_{п''} - P_{п'} = 0,18 - 0,01 = 0,17 \text{ МПа}$$

при стерилизации в автоклавах по формуле (152) равно

$$P_{\text{и}} = 0,1 - 0,01 = 0,09 \text{ МПа}$$

Вакуум в таре при хранении на складе по формуле (162)

$$W - p_{\text{п}} - p_{\text{п}}'' = 0,01 - 0,002 = 0,008 \text{ МПа} \quad \text{или}$$

$0,008 \cdot 7500 = 60 \text{ мм рт. ст.}$ по вакуумметру (остаточное давление 0,093 МПа);

2. Температура продукта при закатке 89°C ; $p_{\text{п}}' = 0,07 \text{ МПа}$.

Остальные условия те же, что в примере 1.

Избыточное давление при стерилизации в открытых аппаратах:

$$P_{\text{с}} - 0,1 = 0,18 - 0,07 = 0,11 \text{ МПа}$$

при стерилизации в автоклавах:

$$p_{\text{и}} = 0,1 - 0,07 = 0,03 \text{ МПа}$$

Вакуум при хранении на складе:

$$W = 0,07 - 0,002 = 0,068 \text{ МПа} \quad \text{или} \quad 0,068 \cdot 7500 = 510 \text{ мм рт. ст.}$$

(остаточное давление 0,033 МПа).

Из этих примеров видно, что чем выше температура продукта при закатке, тем меньше избыточное давление в таре при стерилизации и тем больше вакуум в ней при охлаждении (т.е. тем меньше остаточное давление).

Необходимо напомнить, что всемерное повышение температуры продукта при фасовке и закатке благотворно отражается не только на физическом параметре процесса - давлении, но и на параметрах, обеспечивающих нужную степень стерильности консервов. Чем, например, горячее продукт при фасовке, тем ниже будет его начальная обсемененность, а следовательно, тем меньше будет микроорганизмов в конце стерилизации. С повышением начальной температуры сокращается так же, как уже отмечалось, время, необходимое для проникновения тепла в глубь продукта.

Но бывают случаи, когда наличие высокого вакуума в таре вызывает нежелательные явления, осложняющие нормальное проведение Технологического процесса. В основном это относится к фасовке очень горячих, продуктов в крупную жестяную тару, как это практикуется, например, при консервировании томатной пасты методом так называемого

горячего розлива. Этот метод заключается в том, что пасту перед фасовкой нагревают до 95°C, а после фасовки в 10-килограммовые жестяные банки и закатки оставляют для самопроизвольного остывания на воздухе, не прибегая к стерилизации в автоклавах. Считают, что благодаря высокой температуре продукта при фасовке начальная обсемененность его невелика, так что при длительном остывании большой массы продукта будет происходить самостерилизация той незначительной по количеству остаточной микрофлоры, которая имелаась в таре в момент закатки.

Конечно, консервирование путем тепловой стерилизации, не требующей применения специальной аппаратуры, представляет определенные удобства для производства, хотя качество продукции, несомненно, страдает из-за того, что высокая температура в банке поддерживается в течение суток и даже дольше. Опыты показывают также, что хотя в глубине продукта достигается примерно 10-кратный избыток летальности, периферийные слои не всегда получают достаточный стерилизующий эффект. Тем не менее такой способ консервирования томатной пасты широко применяется на консервных заводах.

Таким образом, необходимая степень стерильности при данном методе консервирования достигается благодаря высокой температуре продукта при фасовке. При этом происходит глубокое эксгаустирование и воздух почти полностью удаляется из банки. При остывании в связи с конденсацией водяных паров в банке создается высокий вакуум, а так как поверхность банки 15 велика и составляет приблизительно 2400 см², то возникает большой перевес наружного атмосферного давления над внутренним. Из-за этого боковая поверхность банок вдавливаются внутрь, что уродует их внешний вид и небезопасно в отношении нарушения герметичности швов. Такой вид брака получил название вакуумной деформации.

Для предупреждения вакуумной деформации приходится пользоваться банками специальной конструкции, в которых применяются крышки с выпуклым наружу («обратным» по отношению к обычным крышкам)

рельефом и корпус которых усилен дополнительными ребрами жесткости. Наличие выпуклого рельефа позволяет крышкам относительно глубоко вдавливаясь внутрь, сжимая оставшийся воздух и повышая этим внутреннее давление. Благодаря этому вакуум в банке снижается, перевес наружного давления над внутренним становится не столь значительным и вакуумной деформации удастся избежать.

С явлением вакуумной деформации приходится считаться не только в отношении очень крупной жестяной тары, какой является банка 15 вместимостью около 10 кг, но и в отношении меньших по размеру банок, например банки 14 объемом 3033 мл и даже банки 13 объемом 892 мл. Исследования показали, что предельная температура продукта при фасовке в банку 14 составляет 65°C, а в банку 13 - 85°C. При более высоких температурах появляется вакуумная деформация. Отсюда можно определить предельную внешнюю нагрузку, которую может перенести, не деформируясь, жестяная тара.

Сведем в таблицу требуемые для такого расчета данные применительно к банкам 13 и 14 (табл. 42.).

Данные об абсолютном перевесе в последней колонке получались при умножении давления из предпоследней колонки (в кгс/см²) на полную поверхность тары.

Таблица 42 - Расчетные данные применительно к банкам 13 и 14

номер банки	Дмм	Н мм	Объем, мл	Полная поверхность, см ²	Максимально допустимая температура при фасовке °С	Упругость водяных паров, МПа	Парциальное давление воздуха МПа	Перевес наружного давления над внутренним, Мпа	Абсолютный перевес наружного давления над внутренним кг,
13	99	116	892	521,2	85	в банке		0,06	312
14	153,4	164,8	3033	1170,2	65	0,06	0,04		
						0,025	0,075	0,025	292

Таким образом, получается, что жестяная тара выдерживает перевес наружного давления над внутренним примерно 300 кгс, т. е. иными словами, произведение из допустимого перевеса наружного давления (кгс/см²) K на полную поверхность банки S есть величина постоянная, порядка 300 кг

$$KS = 300.$$

При этом численно K равна упругости водяных паров, соответствующей данной максимально допустимой температуре продукта при фасовке. Пользуясь этой зависимостью, можно рассчитать заранее предельно допустимую температуру при фасовке, при которой еще не будет происходить вакуумная деформация, для банок любых размеров.

Так, для банки 15 ($DH = 215 \cdot 241,7$ мм), S которой составляет 2373,8 см², допустимый перевес наружного давления над внутренним:

$$K = 300 / 2373,8 = 0,125 \text{ кгс/см}^2 \text{ или } 0,0125 \text{ МПа}$$

По таблицам насыщенного водяного пара этому давлению соответствует температура 50°C, Аналогичный расчет показывает, что в банки 8 (объем 353 мл, полная поверхность 301,4 см²) и 9 (объем 373 мл, полная поверхность 284,9 см²) можно фасовать продукт при любой температуре, вплоть до 100°C, поскольку полная поверхность их около 300 см² и, следовательно, перевес в 300 кгс для них вполне допустим. Что касается банки 12 (объем 570 мл, $S = 389,4$ см²), то максимально допустимая температура фасовки для нее составляет 92°C, ибо упругость водяных паров

$$K = 300/389 = 0,77 \text{ кгс/см}^2 \text{ или } 0,077 \text{ МПа}$$

Влияние механического эксгаустирования на давление в жестяной таре

Рассмотрим явления, происходящие в таре при механическом эксгаустировании, т. е. при применении вакуум-закаточных машин.

Если обозначить величину механического вакуума, создаваемого в банке в момент закатки, через W (имея в виду недостачу пониженного давления до атмосферного), то давление в банке будет (в МПа):

$$p_{п'} + p_{в'} = 0,1 - W. \quad (163)$$

При стерилизации давление в банке составит

$$p_{п''} + p_{в'} = p_c \quad (164)$$

Вычтем из выражения (164) выражение (163):

$$p_c - 0,1 + W = p_{п''} - p_{п'}$$

или

$$p_c - 0,1 = p_{п''} - (p_{п'} + W) \quad (165)$$

Уравнение (165) характеризует избыточное давление в жестяной таре, укупоренной на вакуум-закаточной машине, при стерилизации в открытом аппарате. При стерилизации же в автоклавах выражение (165) преобразуется так:

$$P_c = p_{п''} + 0,1 - (p_{п'} + W)$$

$$P_{и} = p_c - p_A = 0,1 - (p_{в'} + W) \quad (166)$$

При рассмотрении формулы (166) видно, что для уменьшения избыточного давления в банке при стерилизации нужно стремиться к максимальному увеличению суммы $p_{п'} + W$.

Здесь могут возникнуть следующие вопросы: какой же предел суммы $p_{п'} + W$ и можно ли стремиться одновременно к увеличению и $P_{п'}$ и W .

Допустим, что механический вакуум при закатке составит по вакуумметру 550 мм. рт. ст. (остаточное давление 0,015 МПа), а температура продукта - 81°C, что произойдет в момент закатки? $P_{п'}$ -соответствующее температуре 81°C, равно 0,05 МПа. Давление же воздуха в камере закаточной машины будет $760 - 550 = 210$ мм, или 0,028 МПа, т.е. значительно меньше упругости водяных паров над продуктом. Следовательно, в момент закатки произойдет мгновенное вскипание продукта и вследствие этого быстрое охлаждение до такой температуры, при которой упругость водяных паров не превышает давления воздуха над ними - 0,028 МПа, т. е. до 68°C.

Такого положения, т. е. потери части продукта из-за выпаривания и сопутствующего быстрому вскипанию разбрызгивания с последующим охлаждением продукта, допускать не следует. Поэтому давление водяных

паров над продуктом в момент закатки не должно быть больше давления воздуха в камере закаточной машины и, следовательно, между этими величинами должна существовать следующая зависимость (в МПа):

$$P_{п'} < 0,1 - W \quad (167)$$

$$W < 0,1 - p_{п'} \quad (168)$$

Пользуясь выведенными соотношениями, можно решать задачи, рассматриваемые ниже.

Примеры.

1. Величина механического вакуума в камере вакуум-закаточной машины по вакуумметру 600 мм рт. ст. (остаточное давление 0,021 МПа).

Какая максимальная температура продукта допустима при закатке?

По формуле (167)

$$P_{п'} = 0,1 - 0,079 - 0,021 \text{ МПа,}$$

что соответствует температуре 60°C.

2. Температура продукта при закатке 85°C. Какой величины механический вакуум можно допустить в камере закаточной машины?

По формуле (168)

$$W = 0,1 - 0,06 = 0,04 \text{ МПа.}$$

или около 300 мм рт. ст. по вакуумметру.

Из выражений (167) и (168) следует, что

$$p_{п'} + W < 0,1 \text{ МПа,} \quad (169)$$

т. е. пределом суммы $p_{п'}$ и W является 1 ат, или 0,1 Мпа. Из этого вытекает, что увеличивать одновременно $p_{п'}$ и W можно лишь до того момента, когда сумма их достигнет 0,1 МПа, после чего увеличение одного из этих факторов может идти только за счет уменьшения другого.

При условии, что сумма $p_{п'} + W = 0,1$, избыточное давление из выражения (166) окажется равным нулю:

$$P_{и} = 0,1 - (p_{п'} + W) = 0,1 - 0,1 = 0$$

т. е. при этом достигается наиболее благоприятное положение, когда нет никакого превышения давления в банке над давлением в автоклаве. Без

применения механического вакуума такой результат можно было бы получить при условии, что температура продукта при закатке составляет 100°C , что практически невыполнимо (см. выражение 152).

Таким образом, вырисовывается значение механического вакуума как величины, дополняющей тепловое эксгаустирование. Однако возникает вопрос, какая из этих величин является основной, а какая - дополнительной, и нельзя ли, например, ограничиться одним лишь механическим эксгаустированием, не прибегая к специальному подогреванию продукта перед фасовкой. Не все ли равно, какова величина $p_{\text{п}}$, если ее всегда можно «дополнить» величиной W так, чтобы сумма $p_{\text{п}} + W = 0,1$?

Чтобы ответить на эти вопросы, необходимо вспомнить о фактах, приведенных в главе V.

Во-первых, если учесть, что максимальная величина механического вакуума, которая достигается в камере вакуум-закаточных машин, не превышает обычно $0,086 \text{ МПа}$ (650 мм рт. ст.), то для соблюдения равенства $p_{\text{п}} + W = 0,1$ необходимо, чтобы $p_{\text{п}} = 0,1 - 0,086 = 0,014 \text{ МПа}$, т.е. чтобы температура продукта была около 54°C . Между тем, как уже отмечалось, без специальных мер не удастся получить среднюю температуру продукта при закатке выше 45°C . Таким образом, с этой точки зрения некоторое тепловое эксгаустирование необходимо.

Во-вторых, если принять, что с учетом явления вакуумного расширения можно использовать механический вакуум порядка всего лишь 400 мм рт. ст. ($0,053 \text{ МПа}$), то, чтобы сумма $p_{\text{п}} + W = 0,1$, упругость водяных паров над продуктом должна составлять не менее $0,1 - 0,053 = 0,047 \text{ МПа}$, это соответствует температуре продукта при закатке около 80°C . Отсюда ясно, что тепловое эксгаустирование не только желательно, но и необходимо уже по одному тому, что величина механического вакуума ограничена свойствами продукта.

Наконец, вводя поправку на явление вакуумного поглощения, приняв $K_{\text{в.п}} = 0,5$, получим с помощью соответствующих расчетов, что для

соблюдения минимального превышения давления в банке над давлением в автоклаве необходима температура около 90°C. Отсюда необходимость теплового эксгаустирования становится совершенно неоспоримой.

Все эти соображения приводят к выводу, что в общем комплексе мероприятий, направленных на уменьшение давления в консервной таре при стерилизации, основным может быть тепловое эксгаустирование, а не механическое, и последнее может служить только в качестве дополнения к первому.

Посмотрим теперь, какое будет давление в механически эксгаустированной жестяной банке после охлаждения.

Исходя из соображений, изложенных выше, и пользуясь теми же обозначениями, получаем

$$P_{п'} + P_{в'} = 0,1 - W \quad (170)$$

$$P_{п'''} + P_{в'} = P_o \quad (171)$$

Обозначив $0,1 - P_o$ (вакуум в банке при охлаждении) через W_1 получим при вычитании выражения из уравнения (170):

$$\begin{aligned} W_1 - W &= p_{п'} + P_{п'''} \\ W_1 &= (p_{п'} + W) - p_{п'''} \quad (172) \end{aligned}$$

Из формулы (172) видно, что вакуум в остывшей жестяной банке, прошедшей механическое эксгаустирование, равен разности между суммой $p_{п'} + W$ и $p_{п'''}$. И чем больше сумма $p_{п'} + W$, тем больше конечный вакуум (т. е. тем меньше остаточное давление). Пределом же суммы $p_{п'} + W$ является, как указывалось, 0,1 МПа.

Влияние теплового эксгаустирования на давление в стеклянной банке при стерилизации

Ранее было показано, что для стеклянной тары при большей степени наполнения изменение давления воздуха может оказаться преобладающим фактором в суммарном значении избыточного давления в банке, тогда как для жестяной тары этот фактор почти не имеет значения.

Однако если максимально увеличить температуру продукта при закатке и, таким образом, увеличить $p_{п'}$, то уменьшится сомножитель $0,1 - p_{п'}$ выражения (156)

$$P_{и} = (0,1 - p_{п'}) V_1 T_2 / (V_2 T_1)$$

и при $P_{п'} = 0,1$, оно обращается в нуль. Таким образом, если закатать стеклянную банку при температуре продукта 100°C , то давление в ней будет не больше, чем в жестяной и не выше давления в автоклаве. Из этого видно, какое большое значение при использовании стеклянной тары может иметь тепловое эксгаустирование.

Влияние механического эксгаустирования на давление в стеклянной таре при стерилизации

Избыточное давление в стеклянной таре, укупоренной под разрежением W , можно вычислить по формуле

$$P_{и} = [0,1 - (p_{п'} + W)] V_1 T_2 / (V_2 T_1) \quad (173)$$

Если $p_{п'} + W = 0,1$ выражение (173) обращается в нуль.

Однако в действительности для многих консервов не удастся добиться того, чтобы сумма $p_{п'} + W$ равнялась $0,1$ МПа. Как уже отмечалось, для большинства двухкомпонентных консервов, состоящих из плодов и сиропа, или овощей и рассола, $p_{п'}$ составляет всего около $0,01$ МПа. Если принять, что окончательный вакуум с учетом явлений вакуумного расширения и вакуумного поглощения составляет $0,026$ МПа (остаточное давление $0,074$ МПа), то сумма $p_{п'} + W$ будет равняться $0,036$ МПа.

Подставив эти значения p формулу (173) для приблизительного расчета избыточного давления в стеклянной банке, стерилизуемой при 116°C (см. пример), получим

$$P_{и} = (0,1 - 0,036) 2,67 \cdot 1,2 = 0,2 \text{ МПа.}$$

Сравнивая полученный результат с данными из соответствующего примера ($p_{и} = 0,28$ МПа), можно сказать, что для многих консервов механическое эксгаустирование не предупреждает возникновения высокого давления в стеклянных банках при стерилизации.

ГЛАВА X

ТЕХНИКА ТЕПЛОВОЙ СТЕРИЛИЗАЦИИ КОНСЕРВОВ

В зависимости от того, при какой температуре проводится стерилизация, какое создается в банке давление и какая именно консервная тара применяется, консервы стерилизуют либо в открытых аппаратах под атмосферным давлением, либо в закрытых аппаратах с применением избыточного давления.

10.1 Стерилизация в автоклавах

Устройство автоклава. Наиболее универсальным стерилизационным аппаратом, позволяющим осуществлять тепловой процесс в любых условиях, под атмосферным и избыточным давлением, с использованием в качестве греющей среды пара или воды, пригодным для стерилизации консервов в жестяной, стеклянной, полимерной таре любых размеров и алюминиевых тубах, является периодически действующий вертикальный автоклав марки АВ-2 (двухсеточный) или АВ-4 (четырёхсеточный).

Автоклав представляет собой вертикальный цилиндрический стальной котел со сферическим днищем и крышкой (рис. 69). Верхняя часть автоклава снабжена стальным или чугунным поясом, имеющим в торцовой части круговую канавку, куда укладывается промасленная или графитная набивка, служащая для герметизации автоклава при закрывании крышки. На боковой поверхности пояса на шарнирах укреплены откидные болты с «барашками».

Крышка автоклава снабжена уравнивающим устройством, обеспечивающим ее закрывание и открывание. Уравнивающее устройство имеет один или два груза (противовеса), обеспечивающие открывание крышки с относительно небольшим усилием. В крышке имеются прорези, куда при закрывании автоклава закладывают откидные болты. Нижний край крышки загнут и при закрывании ее входит в круговую канавку верхнего пояса, упираясь в набивку. С помощью завинчивающих барашков крышка плотно прижимается к набивке и герметично закрывает автоклав.

В последние годы конструкция вертикальных автоклавов модернизирована: барашковое крепление крышки к корпусу заменено быстродействующим поясным зажимом, облегчающим труд обслуживающего персонала и сокращающим производственный цикл стерилизации. Этот поясной зажим имеет ряд секторных захватов (сегментов), укрепленных на кольце из пружинной полосовой стали, и рычажную систему для стягивания и разведения зажима. При повороте рычага поясной зажим стягивает сегменты, прижимающие крышку к корпусу автоклава.

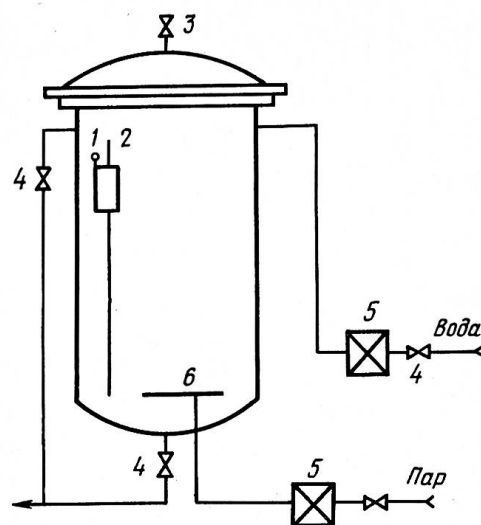
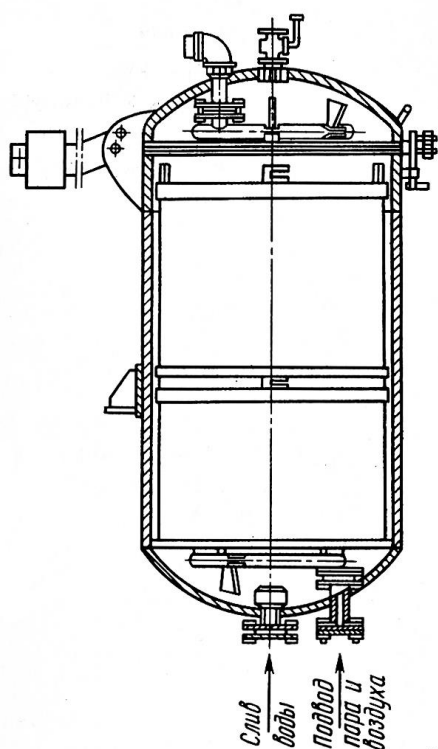


Рис. 70. Схема коммуникаций автоклава: 1 — корпус автоклава; 2 — термометрическая коробка с циркуляционной трубой; 3 — продувочный кран; 4 — сливные вентили; 5 — обратный клапан; 6 — барботер

Рис. 69. Вертикальный автоклав

На крышке имеется продувочный краник, который служит для выпуска воздуха и пара из верхней части автоклава. Под крышкой автоклава установлен кольцевой барботер для холодной воды.

На корпусе автоклава расположен предохранительный клапан рычажного типа для выпуска излишнего давления из автоклава в том случае, если давление в нем превышает норму (до 0,35 МПа).

К цилиндрической части автоклава приварена камера (коробка), в которой установлены термометр и манометр. Камера соединена

циркуляционной трубой с нижней частью автоклава. Такое устройство камеры обеспечивает приток в нее воды из разных мест автоклава и, следовательно, отражение термометром средней температуры воды в аппарате.

Внутри автоклава, в нижней его части, имеется крестовина или круг (кронштейны), на которые ставят сетки (корзины) с банками. Ниже крестовины установлен кольцевой барометр для подачи пара или сжатого воздуха.

Пар и воздух подаются снизу автоклава (рис. 70), удаление воды может производиться сверху и снизу, подача воды для охлаждения - только сверху.

Между автоклавом и вентилями находятся обратные клапаны. Они пропускают пар или воду в одну сторону - от вентиля к автоклаву.

Подлежащие стерилизации банки укладывают в цилиндрические дырчатые стальные корзины, называемые автоклавными сетками. Как отмечалось, автоклавы изготовляют (в зависимости от вместимости) на две или четыре сетки. Вместимость сетки около 500 л; Перфорация сеток и общее их живое сечение не оговариваются, хотя американские фирмы рекомендуют, чтобы расстояние между центрами отверстий было вдвое больше их диаметра. При такой перфорации живое сечение составляет около 20% поверхности сеток.

Загрузка автоклавных корзин банками производится по-разному. Иногда банки укладывают вручную, правильными концентрическими кругами, ряд, за рядом, снизу доверху. Это очень утомительная физическая работа, требующая многочасового ритмичного сгибания и разгибания корпуса. Примерно такая же процедура повторяется при разгрузке сеток с простерилизованными банками.

В то же время существуют машины для автоматической загрузки сеток банками и разгрузки, облегчающие труд работниц и ускоряющие процессы загрузки и разгрузки.

Для автоматической загрузки используются специального типа автоклавные корзины с подвижным дном, которое может перемещаться в вертикальном направлении. Это дно устанавливается в положении, когда плоскость его совпадает с плоскостью стола-накопителя банок. С помощью особого механизма банки со стола-накопителя сдвигаются на плоскость дна сетки, которая вслед затем опускается на высоту банки. Сверху кладется, металлический лист, служащий приемной плоскостью для следующего ряда банок, по заполнении которой дно корзины вновь опускается на высоту банки, так делается до тех пор, пока вся корзина не окажется заполненной.

Когда сетки загружены, их подцепляют на крюк электротельфера или мостового крана и загружают автоклав. Так же производится выгрузка сеток из автоклава.

Для механизированной выгрузки жестяных банок из автоклавных корзин последние передаются с помощью рольганга к специальному опрокидывателю, который ставит сетку в такое положение, при котором банки высыпаются в приемную ванну, наполненную водой. Вода смягчает удары падающих банок и предупреждает образование вмятин. Далее, проходя по транспортеру и через ориентатор, банки выводятся из машины.

Иногда автоклавные сетки помещают в ванну с водой, и поступающие после закаточной машины банки скатываются по течке в воду. При таком способе загрузки банки заполняют сетку хаотически, навалом, из-за чего теряется приблизительно 15% вместимости корзины сравнительно с упорядоченной укладкой банок концентрическими кольцами.

Греющая среда. В качестве греющей среды в автоклавах используют горячую воду и пар, в качестве теплоносителя - пар.

Пар может применяться как греющая среда только в том случае, когда консервы фасуют в жестяную тару и стерилизуют при температуре выше 100°С под давлением. При этом теплоноситель непосредственно передает свое тепло банкам и прогрев, таким образом, происходит довольно быстро.

Стеклянные банки в автоклавах независимо от температуры стерилизуют только водой, подогреваемой паром. Стерилизовать стеклянные банки непосредственно паром нельзя. Подаваемый в автоклав пар имеет температуру около 150°C. При соприкосновении такого горячего пара с относительно холодной поверхностью стекла может произойти термический бой банки. Во избежание этого нужно, чтобы температура греющей среды с самого начала незначительно превышала температуру банки и чтобы температура среды повышалась постепенно. Поэтому для стерилизации стеклянных банок пар используется только в качестве теплоносителя, передающего свое тепло банкам через греющую среду -воду. Скорость прогрева аппарата и банок при этом меньше, чем при паровой стерилизации, пар расходуется в значительно больших количествах и менее рационально (так, количество тепла, необходимое для подогрева воды, больше, чем для подогрева банок), но зато самый прогрев происходит постепенно и более равномерно. Кроме того, после стерилизации, как это будет подробно изложено ниже, консервы, как правило, охлаждают холодной водой. При стерилизации жестяных банок паром резкая смена температур при охлаждении не отражается на целости тары. Если же так стерилизовать стеклянные банки, то резкая смена сред привела бы, несомненно, к 100%-ному бою банок. В том же случае, если и греющей, и охлаждающей средами является вода, смена сред не происходит вообще, а осуществляется только перемешивание из[^] с постепенным охлаждением одной и нагреванием другой. Таким образом, сама вода является своего рода буфером при охлаждении, смягчая резкие температурные перепады, очень нежелательные и опасные для стекла.

Стерилизация горячей водой применяется также и для жестяных банок, если температурный режим находится в пределах до 100°C, а также в тех случаях, когда жестяные банки стерилизуют с применением так называемого противодавления, о котором будет сказано ниже.

Стерилизация в открытом автоклаве. Как правило, автоклав используется как закрытый тепловой аппарат, работающий под определенным избыточным давлением. Однако в некоторых случаях им пользуются как открытым аппаратом, работающим при атмосферном давлении. Это бывает тогда, когда стерилизуют консервы в жестяной таре при температуре, не превышающей 100°C, или же когда при таких же температурах стерилизуют консервы, фасованные в узкогорлые стеклянные бутылки, укупоренные корончатой крышкой. Эти крышки держатся на горловине бутылок прочно, и при стерилизации консервов в такой таре в создании противодавления нет нужды.

В таких случаях техника стерилизации заключается в следующем. Автоклав наполняют водой и, пустив пар через барботер, подогревают ее на несколько градусов выше температуры содержимого банок. Затем загружают сетки с банками или бутылками и, продолжая подавать пар, доводят в течение времени, заданного «формулой» стерилизации, температуру воды до уровня стерилизации. После этого вентиль на паровой трубе прикрывают с таким расчетом, чтобы температура стерилизации была постоянной на весь период соответствующего этапа «формулы», а затем приступают к охлаждению. Вентиль на паровой трубе закрывают полностью и сверху пускают в автоклав холодную воду, а снизу, через нижний сливной вентиль, выпускают усредненную. Охлаждающую воду обязательно нужно подавать сверху. Будучи более тяжелой, чем нагретая, она опускается вниз, осуществляя равномерное перемешивание слоев разной степени нагретости и усреднение температуры. Особенно большое значение это имеет в отношении стеклянной тары. Здесь ни в коем случае нельзя производить охлаждение в обратном порядке, т. е. подавать холодную воду снизу и отводить горячую сверху. При подаче воды снизу самопроизвольного перемешивания воды в автоклаве происходить не будет, так как, будучи тяжелее горячей, холодная вода может подняться наверх только в результате напора, выдавливая горячую воду наверх, но почти с нею не смешиваясь.

Таким, образом, холодная вода, поднимаясь вверх, будет попадать на горячие банки, что приведет к массовому бою их. Продолжительность охлаждения также должна укладываться в соответствующий этап «формулы» стерилизации.

Стерилизация паром. Стерилизация консервов в жестяной таре производится следующим образом. Автоклавные сетки с банками загружают в автоклав, затем крышку его герметически закрывают и начинают подачу пара.

В начале прогрева, одновременно с подачей пара снизу, открывают продувочный краник, находящийся на крышке автоклава, приоткрывают нижний и верхний сливные вентили и выпускают из автоклава смесь пара и воздуха. Этот этап стерилизации носит название продувки и предназначен для удаления из автоклава воздуха, являющегося плохим проводником тепла, при наличии которого нельзя осуществить равномерную - во всем объеме автоклава - стерилизацию. Иногда продувку производят только через верхний краник, но выпуск части воздуха (а также конденсата) через нижнюю спускную трубу улучшает эффективность продувки, поскольку воздух тяжелее пара и удаляется из автоклава через низ быстрее, чем через верх. Продувка продолжается 5-7 мин и заканчивается, когда из продувочного краника начинает выходить обильная струя пара, что свидетельствует об удалении воздуха из автоклава. К тому времени термометр на автоклаве показывает 100-102°C. Тогда продувочный краник закрывают, закрывают вентили на сливных трубах и в течение предусмотренного «формулой» времени подогрева продолжают равномерно подавать пар, пока в автоклаве не установится требуемая температура стерилизации.

Обычно период продувки указывается в «формуле» стерилизации отдельно от времени подъема пара, тогда «формула» стерилизации имеет вид:

$$\frac{a - A - B - C}{t^{\circ}\text{C}},$$

где α - время продувки.

При достижении температуры стерилизации подачу пара почти прекращают, прикрывая паровой вентиль до 1/4-1/8 оборота. Далее следует период собственно стерилизации, в течение которого необходимую температуру в автоклаве поддерживают постоянной, регулируя ее при надобности подачей пара вентилем. В период собственно стерилизации за правильностью поддерживаемого режима следят не только по показаниям термометра, но и по показаниям манометра, так как между температурой и давлением насыщенного пара имеется, как известно, определенная зависимость, отраженная в соответствующих термодинамических таблицах. Существование такой зависимости является благоприятным обстоятельством, дающим возможность контролировать течение процесса вдвойне, по показаниям двух приборов. В связи с этим становится понятным, насколько важно полностью удалить воздух в период продувки автоклава. Если, например, термометр показывает нужную температуру стерилизации, а манометр - больше, чем это следует по таблице насыщенного водяного пара, то прежде чем проверять исправность прибора, необходимо произвести кратковременную продувку автоклава, так как искажение показаний манометра в данном случае могло произойти из-за того, что часть воздуха в автоклаве осталась; по этой причине обычно периодически на короткое время приоткрывают продувочный краник и сливной вентиль для спуска остаточного воздуха.

Тем же можно объяснить такое положение, когда температура в автоклаве еще не достигла уровня стерилизации, а показания манометра уже соответствуют тому, что должно быть при стерилизации. И только тогда, когда манометр показывает меньше того, что он должен показывать при данной температуре, следует искать причину в неисправности обоих приборов и поочередно их проверить.

По окончании периода собственно стерилизации доступ пара в автоклав прекращают и приступают к охлаждению консервов, которое можно производить разными путями.

По одному из вариантов охлаждение начинается со спуска пара, для чего приоткрывают продувочный краник или вентиль на сливной трубе, а иногда и то и другое. Вообще говоря, выпуск пара через верхний продувочный краник является совершенно обязательным приемом, так же, как и устройство самого продувочного краника - одной из мер безопасной работы, ибо прекращение выхода струи пара является визуальным признаком спуска давления в аппарате. При отсутствии продувочного краника и спуске пара только через сливные трубы не исключен очень опасный вариант открывания находящегося еще под давлением автоклава, если, например, неисправный манометр дает нулевое показание.

По мере выпуска пара из автоклава давление в нем падает и температура понижается. В начале спуск пара производят медленно, а к концу этого этапа стерилизации продувочный краник открывают сильнее и понижают давление в автоклаве до атмосферного.

Если пар спускать не постепенно, а сразу, то в результате быстрого падения давления в автоклаве может образоваться брак консервов. Ранее было показано, что давление в жестяной банке при стерилизации превышает давление в автоклаве на величину парциального давления воздуха, содержащегося в банке к началу стерилизации. Превышение давления приводит во время стерилизации к некоторому вздутию концов - временному бомбажу консервов. Это - нормальное явление, отнюдь не свидетельствующее о порче консервов, как это бывает при биологическом бомбаже, вызываемом газами, образовавшимися при разложении продукта в результате действия микробов. Однако при резком спуске давления превышение давления внутри банки над наружным резко возрастает - настолько, насколько упругость водяных паров при стерилизации выше атмосферного давления. Это видно при сравнении формул для расчета

избыточного давления в таре при стерилизации в автоклаве (152) и в открытом аппарате (134).

Если отнять от выражения (134) выражение (152), то получится $p_{изб}$ (в автоклаве) - $p_{изб}$ (в открытом аппарате):

$$P_{п''} - p_{п'} - 0,1 + p_{п'} = p_{п''} - 0,1 \text{ Мпа.}$$

Из-за этого банку может разорвать, чаще всего по продольному шву. В тех случаях, когда целостность банки сохраняется, может быть нарушена герметичность продольного и закаточного швов, что приведет впоследствии к порче консервов из-за проникновения в банку микроорганизмов из воздуха. Иногда из-за слишком сильного вздутия концов жесть настолько растягивается, что образуется остаточная деформация - выпуклая складка на донцах, обращенная своим углом к закаточному шву. Эта деформация носит название «птички». Герметичность таких банок находится под сомнением. Донца «могут также вспучиваться и без образования «птички», но настолько, что даже после окончательного охлаждения банки не возвращаются в первоначальное положение и остаются вздутыми.

Если же пар в автоклаве спускать постепенно, давая охладиться не только автоклаву, но и банкам, то давление будет понижаться и в автоклаве, и в банках, причем до самого конца спуска пара превышение давления в банке над давлением в автоклаве останется, но не будет слишком большим. Поэтому понижать давление в автоклаве следует плавно, в полном соответствии с «формулой» стерилизации.

Когда давление в автоклаве снизится до атмосферного, открывают крышку и, чтобы предотвратить излишнее разваривание консервов, охлаждают их водой. Вода подается через верхнюю часть автоклава и заполняет его доверху. Затем сетки с банками выгружают, банки перебирают, разбраковывают, оклеивают этикетками и сдают на склад.

Иногда, чтобы не задерживать аппарат, банки охлаждают вне автоклава, в какой-нибудь ванне с водой или под душем. В некоторых случаях, если не опасаются разваривания консервов, банки выгружают из автоклава сразу по

окончании спуска давления и дают им медленно остыть на воздухе. При этом появляется возможность произвести так называемую горячую браковку банок, т. е. такой осмотр их, при котором о герметичности судят по двустороннему вздутию концов. Банки же, с невздутыми концами считают негерметичными и выделяют в отдельную партию для последующего наблюдения либо тут же вскрывают и содержимое используют для вторичной переработки (например, фаршированные овощи - для изготовления овощной икры, мясную тушенку - для производства паштета и т. п.).

По другому варианту жестяные банки после стерилизации паром охлаждают с применением сжатого воздуха. Этот способ заключается в следующем. По окончании собственно стерилизации в автоклав подают сжатый воздух, увеличивая давление на 0,08-0,1 МПа, затем пускают воду под давлением, превышающем давление в автоклаве. В результате конденсации пара, имеющегося в автоклаве, давление в нем начинает быстро падать. Во избежание этого одновременно с подачей первых порций воды следует пускать и большие порции сжатого воздуха с таким расчетом, чтобы давление в автоклаве не опускалось ниже того, каким оно было во время стерилизации. Когда конденсация пара закончилась, подачу сжатого воздуха нужно прекратить, тем более что по мере заполнения автоклава водой, воздух сжимается и давление в автоклаве начинает расти. Так как подачу охлаждающей воды надо продолжать, то для снижения избыточного давления часть воздуха выпускают через продувочный краник на крышке автоклава или через верхнюю сливную трубу. Затем подачу воды прекращают, понижают давление, открывают автоклав и выгружают банки. Этот способ охлаждения позволяет предупредить возникновение опасных деформаций и ликвидировать брак на последнем этапе стерилизации. Существуют и другие варианты охлаждения жестяных банок, стерилизовавшихся паром под давлением.

Стерилизация в воде с противодавлением. Описываемая ниже техника стерилизации консервов используется во всех случаях стерилизации

консервов в стеклянной таре независимо от температурного уровня (т. е. ниже или выше 100°C), а также применительно к жестяной таре, если требуется устранить чрезмерное вздутие концов, приводящее к остаточной деформации (что бывает при стерилизации крупных банок или банок, стерилизуемых при высоких температурах).

Как отмечалось ранее, давление в стеклянной таре при стерилизации больше того, которое при прочих равных условиях возникает в жестяной таре. Сопротивление же внутреннему давлению на срыв крышки с горловины банки относительно невелико и зависит от температуры. Так, для стеклянных банок, укупориваемых обкатным способом типа 1-82 критическое давление на срыв крышек при 20°C составляет 0,17 МПа, а при $112-115^{\circ}\text{C}$ оно уменьшается до 0,07 МПа. Поэтому, если не принять специальных предупредительных мер, крышки с банок во время стерилизации будут сорваны и содержимое банки пропадет.

Эти предупредительные меры заключаются в том, что в автоклаве создают при стерилизации тем или иным способом давление, которое равно или превышает давление в банке. Во всяком случае, разница между давлением в банке и давлением в аппарате должна быть меньше критического значения, при котором крышка срывается.

Таким образом, стерилизацию проводят так, чтобы давление на крышку изнутри уравнивалось давлением снаружи и чтобы, следовательно, крышка не вздувалась. Такой способ стерилизации называется стерилизацией с противодавлением, при этом имеется в виду, что часть общего давления в автоклаве должна создаваться «горячим» способом, за счет пара для обеспечения необходимой температуры стерилизации, а часть - «холодным» путем, т. е. таким, при котором давление в автоклаве увеличивается без повышения температуры (иначе также росли бы температура и давление в банке).

Противодавление в автоклаве может возникнуть в результате подачи в автоклав сжатого воздуха и за счет теплового расширения воды. Во втором

случае противодействие создается благодаря сжатию воды (если автоклав заполнен водой доверху) или же оставшегося в автоклаве при заполнении его водой небольшого количества воздуха.

Техника стерилизации с воздушным противодействием состоит в следующем. До загрузки сеток подогревают воду в автоклаве до температуры, превышающей температуру банок с продуктом на 10-15°C. Затем сетки с банками загружают в автоклав, причем вода должна покрывать верхний ряд банок на 10-15 см. Далее автоклав закрывают и подают в него через барботер смесь пара с воздухом либо только сжатый воздух с таким расчетом, чтобы быстро создать необходимое противодействие. Когда требуемое значение достигнуто, подачу воздуха прекращают и в автоклав пускают (или продолжают пускать) пар до тех пор, пока не достигнут температуры стерилизации. Затем паровой вентиль прикрывают и приступают к собственно стерилизации.

Давление в автоклаве в течение всего периода подогрева и стерилизации должно поддерживаться на постоянном уровне. Величина этого давления входит в формулу стерилизации, которая в этом случае имеет вид:

$$\frac{A - B - C}{t^{\circ}\text{C}} p,$$

где p - давление.

Из сказанного вытекает, что в отличие от паровой стерилизации при данном методе стерилизации показания термометра и манометра не зависят друг от друга и микробиологическая сторона процесса может контролироваться только показаниям термометра.

Если давление повышается сверх установленной величины, то его понижают, выпуская часть воды через сливной вентиль. Если давление падает то возобновляют подачу сжатого воздуха.

Во время стерилизации периодически (каждые 15-20 мин) производят продувку автоклава, выпуская газовую смесь из верхней части его через

боковую сливную трубу и подавая снизу смесь пара и воздуха. Это делают для перемешивания воды в автоклаве с целью усреднения температуры по всему объему аппарата.

Последний этап процесса - охлаждение - состоит в следующем. Включают насос и начинают подавать воду в верхнюю часть автоклава. Затем сейчас же открывают нижний вентиль на сливной трубе и начинают выпускать горячую воду. При этом холодная вода опускается вниз, перемешиваясь с горячей, которая выпускается снизу, в результате чего температура воды в автоклаве плавно понижается.

На некоторых заводах усредненную воду выпускают не снизу, а сбоку. Опыты показали, что и при таком способе усреднение температуры воды в автоклаве происходит удовлетворительно.

В период охлаждения давление должно поддерживаться постоянным, как и во время подогрева и стерилизации. Только лишь по окончании охлаждения закрывают водяной и воздушный вентили, снижают давление в автоклаве до атмосферного, открывают крышку и производят разгрузку.

Во время стерилизации или охлаждения можно нечаянно понизить уровень воды в автоклаве так, что верхний ряд банок оголится. В этом случае уровень воды нужно восстановить, подавая осторожно воду небольшими порциями снизу, а не сверху, иначе могут лопнуть верхние банки. В связи с этим при стерилизации с воздушным противодавлением важно знать уровень воды в автоклаве. Для контроля этого уровня желательно в наивысшей цилиндрической части автоклава установить пробный краник.

Верхние банки при охлаждении находятся все же в более опасном; положении, чем нижние, так как струя холодной воды, не успев смешаться с горячей, может ударить прямо в эти горячие банки и вызвать термический бой. Вот почему на внутренней стороне крышки, по ее окружности монтируют кольцевой барботер с отверстиями, направленными вверх, в сторону крышки. При такой системе охлаждения вода, выходя из отверстий змеевика, ударяется в крышку автоклава и падает вниз в виде тонких

душевых, слегка согретых струй. Такое устройство дает возможность ликвидировать термический бой банок в верхнем ряду во время охлаждения.

Техника стерилизации консервов с водяным противодавлением по одному из вариантов заключается в том, что, загрузив сетки с банками и герметически закрыв автоклав, подают внутрь воду до тех пор, пока она не заполнит весь автоклав и не покажется из продувочного краника на крышке автоклава. После этого закрывают краник и пускают в змеевик пар. Первые же порции пара, сконденсировавшись, увеличат объем воды в автоклаве. Кроме того, объем воды стремится увеличиться в результате ее теплового расширения. А так как автоклав с самого начала был до отказа заполнен водой и вода плохо сжимается, то давление в автоклаве начинает быстро возрастать и уже при 70-80°C может оказаться на уровне, требуемом по режиму. Поэтому наряду с подачей пара в барботер для дальнейшего подогрева необходимо к этому моменту прекратить повышение давления, удаляя избыток воды через продувочный краник или через верхний вентиль на боковой сливной трубе.

Далее подачу пара прекращают и приступают к собственно стерилизации, поддерживая постоянными температуру и давление путем регулировки (в случае необходимости) подачи пара и выпуска воды. Необходимо иметь в виду, что к концу периода подогрева давление в автоклаве следует поднять несколько выше (на несколько сотых МПа) требуемого по формуле, так как при разобщении автоклава с паровой магистралью к началу стерилизации давление несколько понижается. Охлаждение автоклава после стерилизации производится так же, как и при применении воздушного противодавления.

Этот способ создания противодавления имеет одну негативную особенность, которая заключается в том, что малейшие изменения объема воды в автоклаве резко отражаются на величине давления. Достаточно небольшой утечки воды в связи с технически возможными неплотностями соединений в автоклаве, чтобы давление резко упало, и при подаче

небольшого количества пара давление может резко возрасти. Эта особенность связана с сущностью самого способа, принцип которого на том и основан, что давление в автоклаве возникает в результате увеличения объема воды в заполненном доверху аппарате. Резкие колебания давления, которые вполне возможны при встречающихся неплотностях в сальниках, набивках и т.п. (не говоря уже о недосмотрах при обслуживании), могут привести иногда к массовому браку из-за срыва крышек.

Поэтому более удобно работать по другому варианту, когда противодействие создается при наличии «воздушной подушки». Этот способ заключается в следующем. После предварительного подогрева воды и загрузки в автоклав банок доливают воду с таким расчетом, чтобы уровень ее на 2-3 см не доходил до верхнего края цилиндрической части. Затем закрывают все вентили и краны, крышку и пускают через барботер пар. Таким образом, автоклав к началу подогрева не весь заполнен водой: некоторая часть воздуха в нем («воздушная подушка») оставлена.

По мере пропускания пара и нагревания воды объем ее увеличивается, а объем пространства, заполненного воздухом в верхней сферической части автоклава, уменьшается. Поэтому воздух сжимается, давление его возрастает и к концу периода подогрева достигает нужной по «формуле» величины. При таком методе давление в автоклаве повышается очень плавно, а небольшие изменения объема воды при ее утечке или при подаче пара мало отражаются на величине давления. Таким образом, воздушная подушка является своего рода буфером, принимающим на себя возникающие в системе колебания давления.

Если к концу подогрева величина давления оказывается недостаточной, то в автоклав добавляют некоторое количество воды под давлением. Стерилизация и охлаждение производятся так же, как и в предыдущем варианте.

Помимо схем с ручной регулировкой температуры и давления существуют также схемы оборудования автоклавов для автоматического

управления процессом стерилизации. Конечно, автоматический контроль и автоматическое регулирование температуры и продолжительности стерилизации наиболее надежны. С этой целью используют пневматические и электрические программные терморегуляторы с применением реле времени, звуковой и световой сигнализации, с автоматической записью во времени температуры и давления. Образец термограммы с записью режима стерилизации приведен на рис. 71.

Новые конструкции автоклавов. В последние годы на ряде консервных заводов появились новые, более совершенные конструкции автоклавов отечественного и импортного происхождения.

К ним относятся аппараты с безсеточной загрузкой банок, насыпью, непосредственно в горячую воду. Такой способ загрузки консервов в жестяной таре сокращает в несколько раз затраты труда только по обслуживанию аппаратов, ускоряет процессы загрузки и выгрузки, уменьшает расход пара и необходимую производственную площадь.

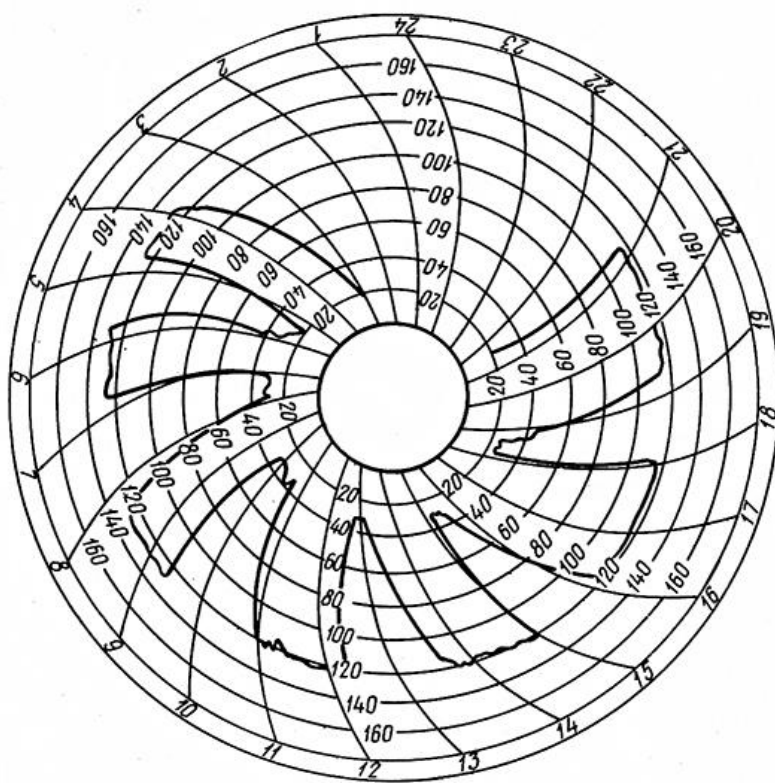


Рис. 71. Термограмма режима стерилизации консервов в автоклаве

Рис. 72. Схема бессеточного автоклава

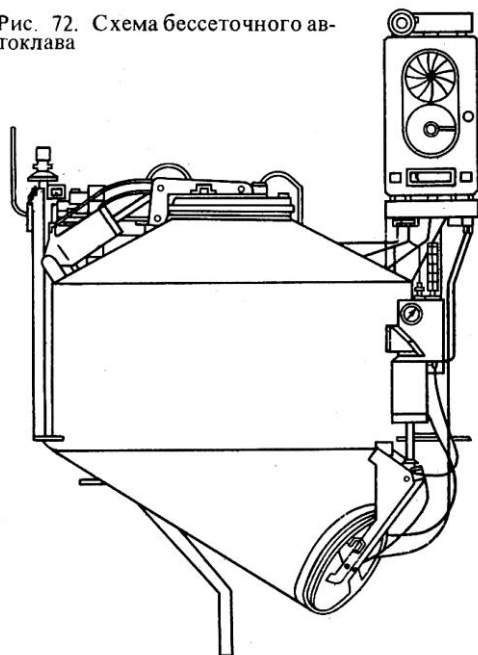


Схема бессеточного автоклава французской фирмы «Бурье Фре Нант», установленного на некоторых плавучих рыбоконсервных заводах, приведена на рис. 72.

Банки по транспортеру подаются к загрузочному люку и падают в горячую воду. Когда автоклав загружен, воду из него вытесняют в следующий автоклав, где она также используется только на период загрузки автоклава банками. Таким образом, вода для загрузки используется по замкнутому циклу, а подогревается в имеющейся емкости. Стерилизация консервов производится паром, охлаждение - водой с применением воздушного противодавления. Вода для охлаждения консервов в автоклаве также используется многократно по замкнутому циклу. Емкость для воды имеет систему охлаждения.

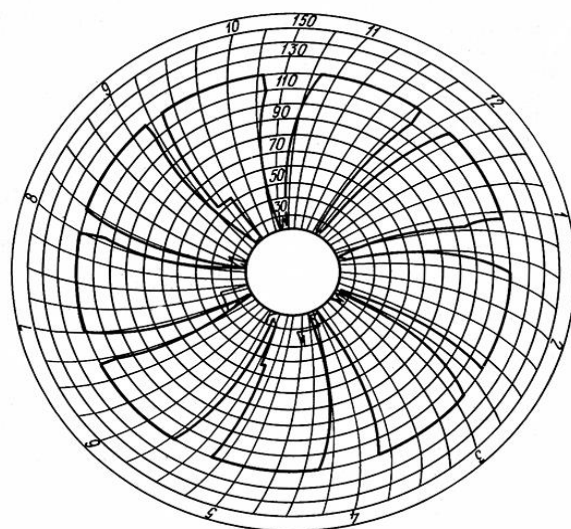


Рис. 73. Термограмма режима стерилизации консервов в бессеточном автоклаве

Все операции работы автоклава автоматизированы. Программирующее устройство - перфокарта - представляет собой диск с перфорационными дорожками, предназначенными для выполнения всех этапов процесса: наполнения горячей водой и регулировки ее уровня и слива, подачи пара, удаления конденсата, уравнивания давления до атмосферного, подачи холодной воды и воздуха, циркуляции холодной воды без давления, слива холодной воды, циркуляции холодной воды под давлением, открытия и закрытия верхней дверцы, сигнала «конец цикла» и остановки программирующего устройства.

Электромагнитные вентили, регулирующие процессы, имеют номера, аналогичные номерам дорожек. Продолжительность их работы ограничена длиной дорожек. Получаемая с помощью самопишущего устройства термограмма иллюстрирована рис. 73.

Несмотря на ряд удачных конструктивных решений, позволивших механизировать операции по загрузке и выгрузке банок без помощи сеток, автоматизировать проведение многочисленных этапов процесса стерилизации и охлаждения консервов по заданной программе, в работе бессеточного автоклава имеются и негативные стороны.

Из-за того, что пар в автоклав подается сверху, а холодная вода - внизу, прогрев консервов не удастся осуществить достаточно равномерно. Банки, находящиеся в конусной части аппарата, у нижней дверцы (в I и II зонах), прогреваются хуже всего, так как они наиболее удалены от места подачи пара и первыми охлаждаются по окончании периода собственно стерилизации. В цилиндрической же зоне (III, IV и V), особенно у места входа пара (V зона), отмечается больший стерилизующий эффект. Но так как прогрев консервов в бессеточном автоклаве происходит значительно быстрее, чем в обычных вертикальных корзиночных аппаратах, то даже те банки, которые находятся в худших теплофизических условиях, стерилизуются с гораздо большей жесткостью, чем это требуется по норме. Банки же в цилиндрической части автоклава получают еще большую - вдвое

- дозу летальности; однако эти недостатки в работе безсеточного автоклава можно устранить, внося соответствующие коррективы в регулирующие дорожки перфокарт и изменив технику создания противодавления в период охлаждения (только сжатым воздухом и водой).

Имеются также новые вертикальные двухсеточные автоклавы отечественного производства Б6-ИСА, работа которых характеризуется автоматизацией процессов собственно стерилизации, охлаждения с противодавлением и слива воды. Аппарат оснащен устройствами для механизации открывания, закрывания и уплотнения крышки с корпусом посредством гидропривода и байонетного затвора. Корзины для банок представляют собой разъемный перфорированный цилиндр, собранный из двух полуцилиндров (ковшей), шарнирно соединенных между собой в верхней части с помощью траверсы. При погружении корзины в разгрузочную ванну с водой имеющиеся в нижней части корзины ролики входят в специальные направляющие каналы, и корзина раскрывается. Вместимость одной корзины 1250 банок 3.

Западногерманская фирма «Любека» поставляет на рыбоконсервные заводы нашей страны четырехкорзиночный горизонтальный стерилизационный аппарат периодического действия с программным управлением процесса. Ведение режима стерилизации осуществляется в воде. Заданные параметры температуры и давления устанавливаются автоматически. Особенность автоклава «Любека» - наличие двух горизонтально расположенных емкостей: стерилизационной камеры и смонтированного над ней котла- бойлера (резервуар для горячей воды). Подготовка автоклава к процессу стерилизации заключается в том, что в бойлере подогревают воду до температуры стерилизации, а затем перепускают ее в стерилизационную камеру, загруженную консервами. При перепускании воды температура ее несколько снижается, но восстанавливается очень быстро, примерно в течение 4 мин. Наличие бойлера позволяет, таким образом, начать процесс сразу с 'периода

«собственно стерилизации», минуя фазу подогрева. Это значительно интенсифицирует тепловой процесс. Внешний вид аппарата представлен на рис. 74.

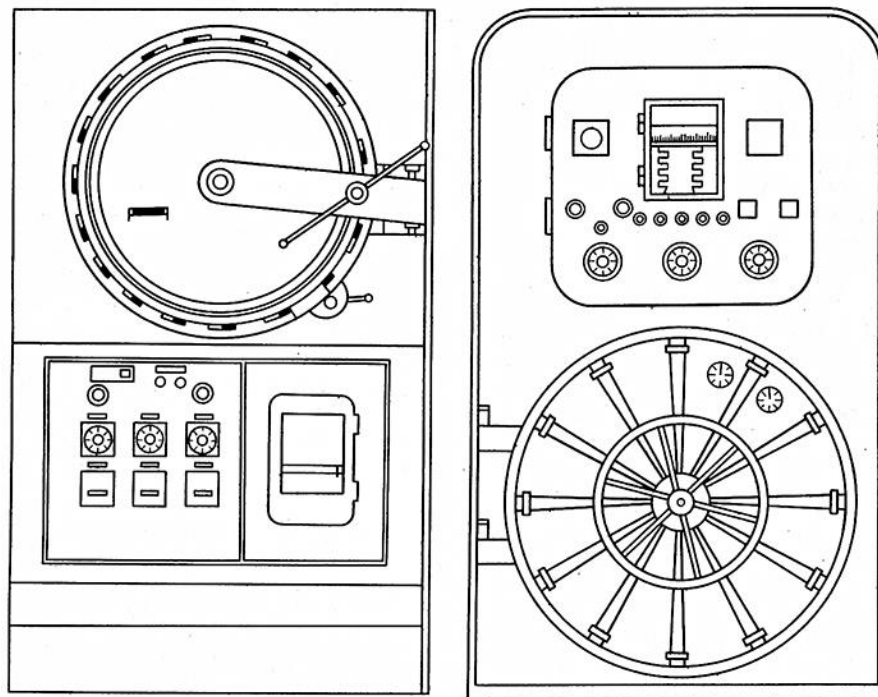


Рис. 74. Горизонтальный автоклав фирмы «Любека» Рис. 75. Ротационный автоклав «Ротомат»

Ротационные автоклавы «Ротомат» фирмы «Mittelhauser und Walter» (ФРГ) во многих чертах сходны с автоклавами фирмы «Lubeka», но позволяют осуществлять стерилизацию с регулированием частоты вращения банок от 4 до 32 об/мин.

Полуавтоматический стерилизатор периодического действия снабжен Программирующим устройством, предназначен для стерилизации различных консервов при рабочем давлении до 0,6 МПа и температуре до 140°C.

В 4 корзины автоклава «Ротомат» помещается жестяных банок 12-1152 (662 кг продукта), банок 14-300 (896 кг продукта), банок 15- 108 (918 кг продукта).

Стерилизатор состоит из двух горизонтально расположенных котлов. В нижнем котле производится стерилизация консервов, здесь расположен перфорированный барабан, который вращается на специальных

направляющих роликах. Для фиксации корзины с банками предусмотрена прижимная пластина.

Внутри нижнего котла установлены датчики контактного термометра - задатчика температуры стерилизации, самописцы, показывающие изменение температуры в зависимости от времени и этапов процесса стерилизации.

Над нижним котлом смонтирован теплоизолированный бойлер, где аккумулируется нужная для стерилизации горячая вода.

На передней стенке аппарата расположен щит управления процессом стерилизации. На рис. 75 дан внешний вид автоклава «Ротомат».

В задней части аппарата смонтирована вся механическая часть системы исполнительных механизмов: насосы, автоматически работающие моторные клапаны, двигатель вращения барабана, который снабжен вариатором для создания различной частоты вращения.

Подготовка аппарата к работе начинается с подачи воды в бойлер. После заполнения бойлера на $\frac{2}{3}$ водой необходимо отрегулировать давление по паровому редуктору и открыть паровой вентиль! Далее включается питание щита управления. На щите на соответствующих приборах задаются время стерилизации (время прогрева + время собственно стерилизации), время охлаждения, температура в бойлере и в нижнем котле, давление в системе.

Закончив подогрев воды в бойлере до нужной температуры, включают самописцы температуры и давления. Ручку управления автоматического цикла стерилизации ставят в положение «старт».

При загрузке банок в сетки последние устанавливают на специальные тележки. После каждого ряда банок прокладывают лист перфорированной стали. Загрузив четыре сетки в автоклав, их прижимают специальным устройством. Затем закрывают крышку автоклава, прижимая ее плотно к прокладке с помощью штурвала (при этом загорается сигнальная лампа).

Когда автоклав герметизирован, нажимают кнопку пуска, и процесс стерилизации осуществляется автоматически, начинается перекачка воды из

верхнего бойлера в нижний котел (загорается вторая сигнальная лампа), длящаяся примерно 5-1 мин. Включается вращение - постоянное или маятниковое. Начинается процесс стерилизации (загорается третья сигнальная лампа). Банки вращаются с доньшка на крышку.

По истечении времени стерилизации начинается перекачка горячей воды из нижнего котла в бойлер (загорается четвертая сигнальная лампа). Затем в нижний котел поступает холодная вода (загорается пятая сигнальная лампа) и одновременно автоматически открывается вентиль сброса излишка воды в канализацию.

По окончании охлаждения ручка управления автоматически переводится в положение «старт» и загорается первая сигнальная лампа.

Примерно через 5-7 мин после начала сброса можно открыть крышку автоклава, предварительно открыв воздушный краник на крышке нижнего котла и убедившись, что в автоклаве нет воды. Затем освобождают зажим и сетки с помощью багра вытаскивают на подставленные тележки.

Во время охлаждения и выгрузки автоклава идет подготовка воды в бойлере к последующей стерилизации. К моменту выгрузки автоклав вновь готов к работе.

Горизонтальные ротационные автоклавы обладают высокими теплотехническими характеристиками, резко сокращают длительность процесса, позволяют стерилизовать консервы в крупной таре, обеспечивают равномерный прогрев продукта во всем объеме тары, дают возможность добиться очень высокого качества продукции. В то же время они требуют больших площадей для размещения, чем вертикальные аппараты, дороги, операции загрузки и разгрузки их не механизированы.

Необходимо отметить, что, несмотря на ряд существенных недостатков (неравномерность температурного поля, небольшая производительность, трудоемкость операций по обслуживанию, периодичность работы, нерациональное расходование тепла, невозможность осуществить поточность технологического процесса, потребность в больших площадях

для размещения) автоклавы периодического действия и, прежде всего, вертикальные аппараты типа АВ-2 и АВ-4, по-видимому, еще долгое время будут широко применяться в консервном производстве благодаря простоте устройства и обслуживания, дешевизне и универсализму в отношении типов и размеров тары, надежности в работе. В то же время повышение мощностей консервных заводов и углубление их специализации настоятельно требуют создания высокопроизводительных автоматизированных стерилизационных аппаратов непрерывного действия.

10.2 Стерилизационные аппараты непрерывного действия

Непрерывно действующие стерилизаторы не нашли еще такого широкого применения в промышленности, как автоклавы, хотя положительные стороны их вполне очевидны. Такие аппараты облегчают и упрощают работу обслуживающего персонала, дают возможность создать высокопроизводительные поточные линии производства консервов с высокой степенью механизации и автоматизации технологических процессов, сокращают время стерилизации благодаря улучшению условий теплообмена, позволяют уменьшить расход пара и воды, обеспечивают постоянный режим стерилизации по времени и температуре и дают возможность лучше сохранить качество продукции.

Имеется много причин, по которым эти аппараты пока еще недостаточно распространены. Одни из непрерывно действующих стерилизаторов сложны по конструкции и позволяют стерилизовать банки только одного размера, в других можно стерилизовать банки только из одного какого-либо материала (главным образом, из жести), в третьих отсутствуют ступенчатый подогрев и охлаждение, четвертые - громоздки, и условия теплообмена в них такие же, как в периодически действующих аппаратах, пятые - дороги, имеют очень сложную кинематику и требуют строгой синхронности при передаче движения, шестые позволяют производить только открытую стерилизацию, а не под давлением и т. д.

Особенно сложно в непрерывно действующих аппаратах осуществить непрерывный ввод банок в зону повышенного давления при стерилизации при температурах выше 100°C и непрерывный вывод их из такой зоны в атмосферу.

Менее трудная задача - разработка конструкций непрерывно действующих стерилизаторов открытого типа, в которых тепловая обработка консервов производится при температурах 100°C и ниже и которые, следовательно, осуществляют процесс в условиях атмосферного давления.

В аппаратах открытого типа можно стерилизовать, таким образом, все фруктовые консервы, если, конечно, развивающееся в банках давление не превышает критического значения, угрожающего срыву крышек или разрушению тары.

Особенно облегчается задача конструирования непрерывно действующих аппаратов для стерилизации однородных продуктов типа натуральных или пюреобразных фруктовых соков, которые можно подвергнуть высокой степени теплового эксгаустирования путем тепловой обработки в потоке еще до фасовки в тару и разлить при температуре последующей стерилизации. В этом случае даже в стеклянной таре никакого избыточного давления против наружного, атмосферного не будет, что ясно при рассмотрении соответствующей расчетной формулы

$$P_c - 0,1 = p_{п''} - p_{п'} + p_v' [V_1 T_2 / (V_2 T_1) - 1].$$

Поскольку температура продукта при стерилизации равна температуре при закатке, равны и соответствующие упругости водяных паров $P_{п''}$ и $p_{п'}$. Значит, избыток давления, который может возникнуть в связи с изменением упругости водяных паров, равен нулю. Что касается выражения $p_v' [V_1 T_2 / (V_2 T_1) - 1]$, характеризующего изменение парциального давления воздуха, то оно тоже равно нулю, поскольку T_2/T_1 и $V_1/V_2 = 1/[T_2 = T_1]$, а в выражении $V_1/V_2 = (1-n)/(1 - Y_n)$ коэффициент $Y = 1$, ибо объем консервов при такой тепловой обработке, когда продукт в процессе стерилизации не

повышает свою температуру, а только выдерживается при постоянной температуре, не изменяется].

Таким образом, процесс, который должен быть реализован в аппарате, заключается в том, что банки с продуктом, фасованным при температуре 90-95°C, выдерживаются при этой же температуре в течение времени, достаточного для обеспечения требуемой летальности, а затем охлаждаются. При этом, так как в первой - тепловой - фазе повышать температуру продукта не требуется, а следует только поддержать ее на уровне, установившемся при фасовке, защитив лишь продукт от теплопотерь в окружающую среду, можно сэкономить воду, используя в качестве теплоносителя воздух. Последний, как известно, характеризуется низким коэффициентом теплоотдачи, но выполнение такой скромной задачи, как компенсация теплопотерь, для него вполне посильно.

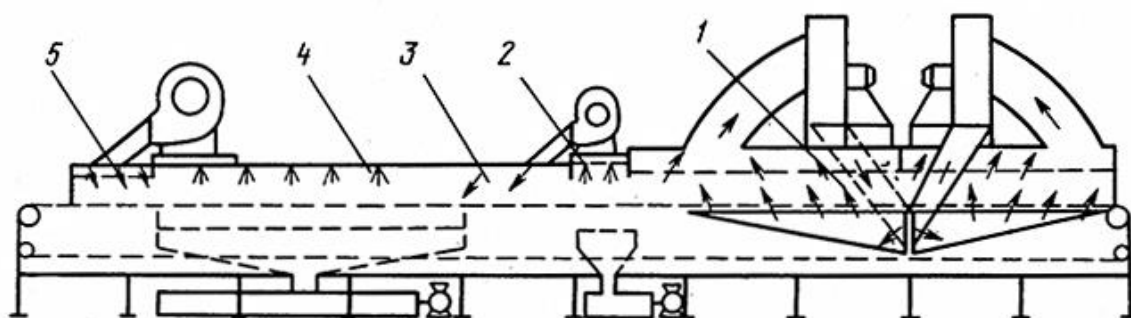


Рис. 76. Схема непрерывно действующего пастеризатора ОТИПП им. М. В. Ломоносова для фруктовых соков:
1 — зона пастеризации; 2 — вентилятор; 3 — зона воздушного охлаждения; 4 — зона водяного охлаждения; 5 — обдувочный вентилятор

Схема непрерывно действующего пастеризатора для фруктовых соков, сконструированного в ОТИПП им. М.В. Ломоносова (Э.Я. Тельных) применительно к указанной технике термической обработки, представлена на рис. 76. Этот воздушно-водяной непрерывно действующий пастеризатор-охладитель для соков представляет собой теплоизолированный короб, поднятый от пола на швеллерах на 0,5 м, внутри которого движется транспортер (сетчатая лента).

Аппарат разделен на несколько зон: пастеризационную, где осуществляется выдержка на транспортере бутылей с соком в потоке горячего воздуха, нагнетаемого в короб с помощью вентиляторов через паровые калориферы, и охлаждающую, в которой осуществляется предложенное Ф.И. Коганом комбинированное охлаждение обдувкой наружным воздухом и орошением проточной водой. В последней, осушительной, зоне охлажденные бутылки с соком вновь обдуваются наружным воздухом. Далее следует этикетировка сухих бутылей и упаковка их в ящики.

При комбинированном охлаждении горячие бутылки сначала орошаются водой, температура которой примерно на 20°C ниже температуры в пастеризационной зоне, затем следует обдувка бутылей наружным воздухом, после чего охлаждение завершается орошением холодной водой.

Таким образом, как принцип работы аппарата, так и устройство его несложны. Бутылки или банки (бутылки) с соком, фасованным при температуре пастеризации (например, 95°C для соков с мякотью и 85°C для натуральных фруктовых соков), поступают после закатки на пластинчатый транспортер универсального загрузочного устройства, с помощью которого попадают в зону термостатирования (пастеризации), а затем в зоны охлаждения и осушения.

Поскольку банки загружаются на транспортер непосредственно, без предварительной укладки в специальные носители, аппарат получается универсальным в смысле возможности пастеризации банок любых размеров. Не имеет значения и материал тары. Если, например, необходимо стерилизовать фруктовые соки в жестяной таре, то отпадает лишь необходимость в комбинированном, многоступенчатом охлаждении: выйдя из пастеризационной зоны, жестяные банки могут сразу орошаться холодной водой и так же, как стеклянные, осушаться в конце обдувкой наружным воздухом.

Поскольку в цикле тепловой обработки этого аппарата отсутствует подогрев и в пастеризаторе осуществляется стационарный тепловой процесс - выдержка при постоянной температуре, требуемое время пребывания банок в зоне пастеризации не зависит от их размера.

Несколько необычный вид имеет и формула стерилизации применительно к такому аппарату. Например, формула стерилизации виноградного сока в 3-литровых стеклянных бутылках имеет вид:

$$\frac{20}{85^{\circ}\text{C}} - \frac{5}{65^{\circ}\text{C}} - 5 \cdot (\text{возд.}) - \frac{15}{20^{\circ}\text{C}} - 5 \cdot (\text{возд.}),$$

это означает, что бутылки в течение 20 мин обдуваются воздухом, нагретым до 85°C, затем в течение 5 мин орошаются водой с температурой 65°C, потом 5 мин обдуваются наружным воздухом, 15 мин орошаются холодной водой (примерно 20°C) и в течение 5 мин осушаются вторичной обдувкой наружным воздухом.

Сходную по принципу и конструкции непрерывно действующую пастеризационную установку А2-КАС изготовил Куйбышевский завод «Продмаш» по разработкам, выполненным УкрНИИпродмаш в содружестве с УкрНИИКП. Установка предназначена для пастеризации и охлаждения с тепловым эксгаустированием различных соков горячего розлива в стеклянной таре без противодавления в непрерывном потоке. Схема установки представлена на рис. 77.

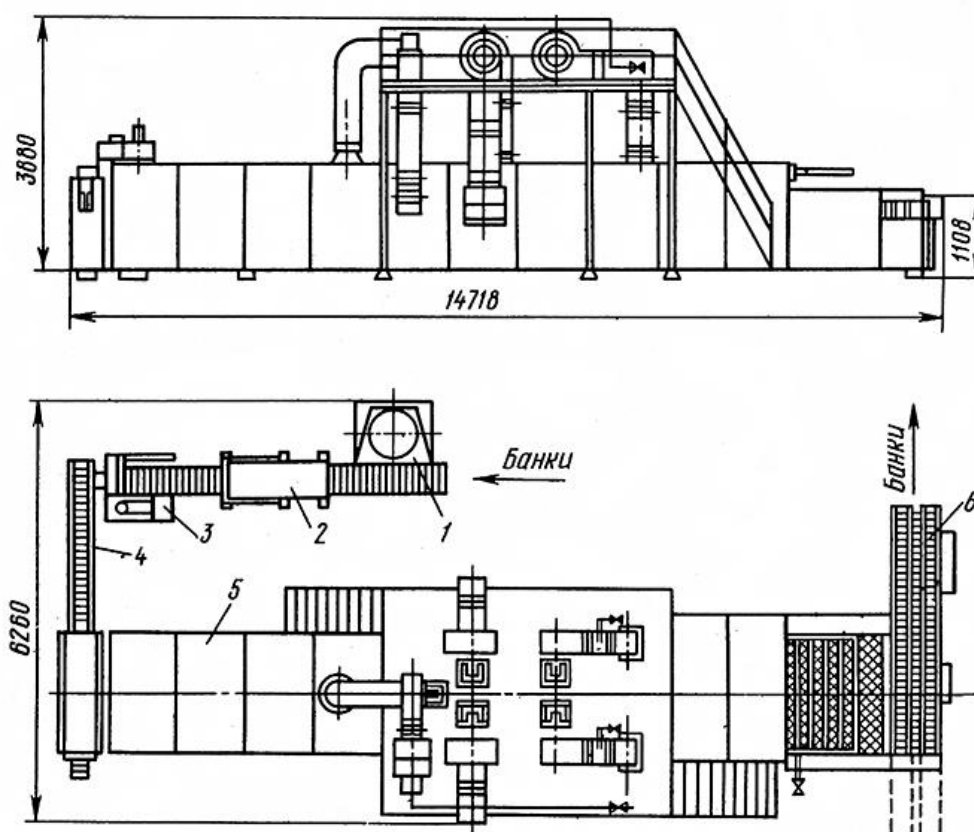


Рис. 77. Схема непрерывно действующей пастеризационной установки УкрНИИКП – УкрНИИПродмаш А2-КАС

Установка состоит из наполнителя 1, эксгаустера 2, закаточной машины 3, переставителя 4, пастеризатора-охладителя 5 и выгрузочного транспортера 6.

Поскольку авторы намечали производить пастеризацию путем обдувания банок воздухом, нагретым до $105-106^{\circ}\text{C}$, т. е. при температуре выше температуры сока при фасовке, то с целью снижения давления в таре при пастеризации предусмотрено тепловое эксгаустирование банок перед закаткой. Поэтому банки после наполнения горячим соком с ($91-92^{\circ}\text{C}$) накрывают крышками и направляют в эксгаустер, представляющий собой теплоизолированную камеру нагрева с пластинчатым транспортером, с каждой стороны которого находится по четыре лампы инфракрасного излучения КИ 220-1000. Излучатели, как это отмечалось ранее, располагают на уровне незаполненного пространства с таким расчетом, чтобы прогреть поверхностный слой, сока, крышку и часть боковой поверхности тары ниже

зеркала продукта. Через 15-20 с в тонком (1-2 мм) слое на поверхности сока начинается кипение. Образовавшиеся пары вытесняют воздух из пространства, не заполненного продуктом. Следует отметить, что в процессе инфракрасного эксгаустирования нагревается до 150°С крышка, что является дополнительным фактором ее санитарной обработки.

По выходе из эксгаустера банки поступают на транспортер закаточной машины, на которой они укупориваются, и затем направляются на транспортер переставителя.

Переставитель служит для перемещения укупоренных банок с непрерывно движущегося транспортера на транспортерную сетку пастеризатора-охладителя.

Пастеризатор-охладитель (рис. 78) состоит из транспортирующих органов 1, камеры пастеризации банок горячим воздухом 2, камеры комбинированного охлаждения, включающей участок 3 охлаждения банок холодным воздухом и гидровоздушной смесью и участок 4 охлаждения водой, выносного транспортера 5 и системы автоматики. В аппарате 4 секции.

Первая секция представляет собой теплоизолированную камеру, в которой производится тепловая обработка банок в потоке горячего воздуха, направленного снизу вверх. Вторая секция - камера предварительного охлаждения соков в потоке холодного (цехового) воздуха. Равномерный поток воздуха образуется с помощью воздуховодов. Банки с соком проходят через зону цехового холодного воздуха, а затем поступают в зону увлажненного воздуха в виде гидровоздушной смеси. Третья секция образует камеру окончательного охлаждения банок орошением холодной водой. Под транспортерной сеткой находится бак-сборник для воды. Четвертая секция - это привод, который собран на раме и смонтирован на нижнем поясе каркаса секции.

В импортных пастеризаторах-охладителях, например французском фирмы «Сифаль» или венгерских марки ЛУ-3, используется принцип

водяного орошения как в пастеризационной, так и в охлаждающей зонах. Оба эти аппарата не отличаются универсальностью, они рассчитаны только на мелкую стеклянную тару-бутылки вместимостью 0,2 и 0,5 л.

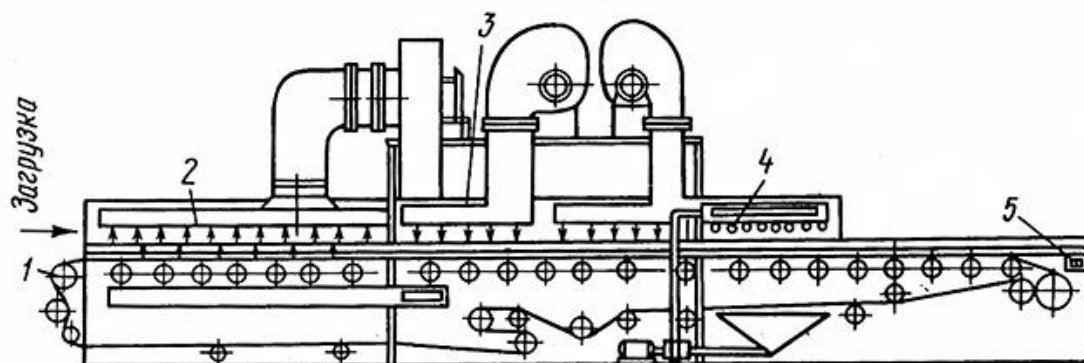


Рис. 78. Схема пастеризатора-охладителя УкрНИИКП - УкрНИИпродмаш

В аппаратах можно, как правило, осуществить умеренный тепловой режим, в диапазоне 65-75°C, во всяком случае, не выше 90°C. Для фруктовых соков с мякотью этого недостаточно.

Зоны совершенно произвольно разбиты на неравномерные по длине участки, что затрудняет маневрирование при разработке новых формул стерилизации, гарантирующих требуемую летальность. Из-за этого, например, в пастеризаторе фирмы «Сифаль» нельзя поднять температуру в I, II и III зонах до 80°C, а IV зону превратить в зону охлаждения, ибо I и IV зоны связаны общей ванной и насосом.

Использование принципа водяного орошения в пастеризационной зоне снижает температурные возможности аппарата. Температура воды при орошении на несколько градусов ниже температуры воды в соответствующей ванне. Во всяком случае, получить в тепловой зоне температуру оросительной воды 95°C невозможно [25].

Из непрерывно действующих стерилизаторов, работающих под давлением, наибольшее распространение в промышленности получили

четыре типа: роторные, конвейерные, гидростатические и пневмогидростатические [25,24].

Роторные установки состоят из стерилизатора и охладителя, соединенных в один агрегат и синхронно работающих от общего привода. Стерилизация производится паром. Банки поступают в корпус аппарата через шлюзовой затвор (турникетный клапан), предупреждающий сброс давления пара в стерилизаторе. Турникетные клапаны представляют собой роторы, имеющие по окружности несколько гнезд. Каждое гнездо вмещает одну банку. Попав на вращающийся ротор стерилизатора, банки проходят в паровой среде по спиральной направляющей через корпус аппарата. При прохождении по верхней части ротора банки совершают два движения: вращательное вокруг оси ротора и поступательное вдоль его оси, что осуществляется с помощью спирали. В нижней части стерилизатора банки катятся по внутренней части корпуса и совершают три движения: вращательное вокруг собственной оси, вращательное вокруг оси ротора и поступательное вдоль его оси. При вращении банок вокруг собственной оси содержимое их несколько перемешивается, хотя и не столь интенсивно, как в ротационных аппаратах с регулируемой частотой вращения. Далее банки автоматически переходят в охладительную часть аппарата, где осуществляется водяное охлаждение с воздушным противодавлением. Установки обычно рассчитаны на стерилизацию банок только одного размера или двух, но мало отличающихся друг от друга. Банки должны быть тщательно откалиброваны по размеру и массе, иначе они заклиниваются турникетными клапанами, что вызывает перебои в работе и приводит к браку консервов.

Конвейерные стерилизаторы выпускаются фирмой «Мэзер энд Плэтт». Стерилизационная установка включает стерилизатор и охладитель, работающие под давлением, и атмосферный охладитель оросительного типа.

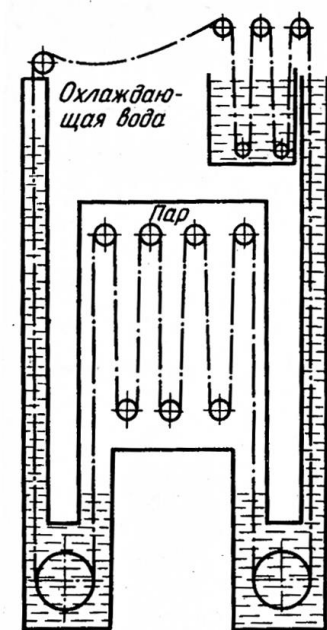


Рис. 79. Схема гидростатического непрерывно действующего стерилизатора

Стерилизатор и охладитель представляют собой прямоугольные стальные камеры. Перемещение банок внутри камер осуществляется пластинчатыми конвейерами по специальным направляющим без вращения.

Загрузка банок в стерилизатор, передача их из стерилизатора в охладитель и выгрузка банок осуществляются с помощью соответствующих турникетных клапанов.

Гидростатические стерилизаторы,

выпускаемые различными зарубежными фирмами под сходными названиями: «Хайдрон» (по-английски корень «гидро» - hydro произносится «хайдро»), «Хайдромэтик», «Хайдро- флекс» и т. п., представляют собой аппараты, в которых рабочее давление в центральной паровой стерилизационной камере компенсируется расположенными по обе стороны от нее гидравлическими затворами в виде заполненных водой башен, высота которых зависит от давления в стерилизационной камере. Так, при температуре в паровой камере 120°C (избыточное давление 0,1 МПа) высота водяного столба должна составлять 10 м, при температуре 127°C (давление 0,15 МПа) - 15 м, при 133°C (давление 0,2 МПа) - 20 м и т. д., т. е. в соответствии с таблицей сухого насыщенного водяного пара, с учетом того, что каждые 10 м водяного столба создают избыточное давление 0,1 МПа.

Принципиальная схема устройства гидростатических стерилизаторов представлена на рис. 79.

Бесконечная цепь с укрепленными на ней трубчатыми перфорированными носителями банок проходит через расположенную с левой стороны башню, наполненную горячей водой, температура которой постепенно возрастает сверху вниз, попадает в паровую стерилизационную

камеру, где совершает извилистый путь в несколько витков, стерилизуясь при постоянной температуре. Далее цепь с носителями проходит в башню, расположенную с правой стороны, наполненную водой, температура которой убывает по мере движения цепи вверх. Таким образом, в левой башне осуществляется этап подогрева, в паровой камере - собственно стерилизация, в правой башне - охлаждение. После выхода из правой башни носители с банками попадают в бассейн с холодной водой, где окончательно охлаждаются, и далее поступают на разгрузку.

Конструктивно гидростатические стерилизаторы оформлены не так, как это представлено на принципиальной схеме, например, охлаждающий бассейн расположен внизу, под башнями, загрузка и выгрузка производится обычно с одной стороны и т. д.

Гидростатические стерилизаторы отличаются высокой производительностью (до 1500 банок в минуту), занимают относительно небольшую площадь (20-40 м²) и в целом не слишком сложны: благодаря остроумному принципу гидравлических затворов удается создать давление. в открытом, по сути, аппарате. В то же время аппараты эти очень громоздки, высота их достигает 25 м, их приходится располагать в специально построенных высоких зданиях. При этом, как правило, они рассчитаны на банки одного какого-то типоразмера.

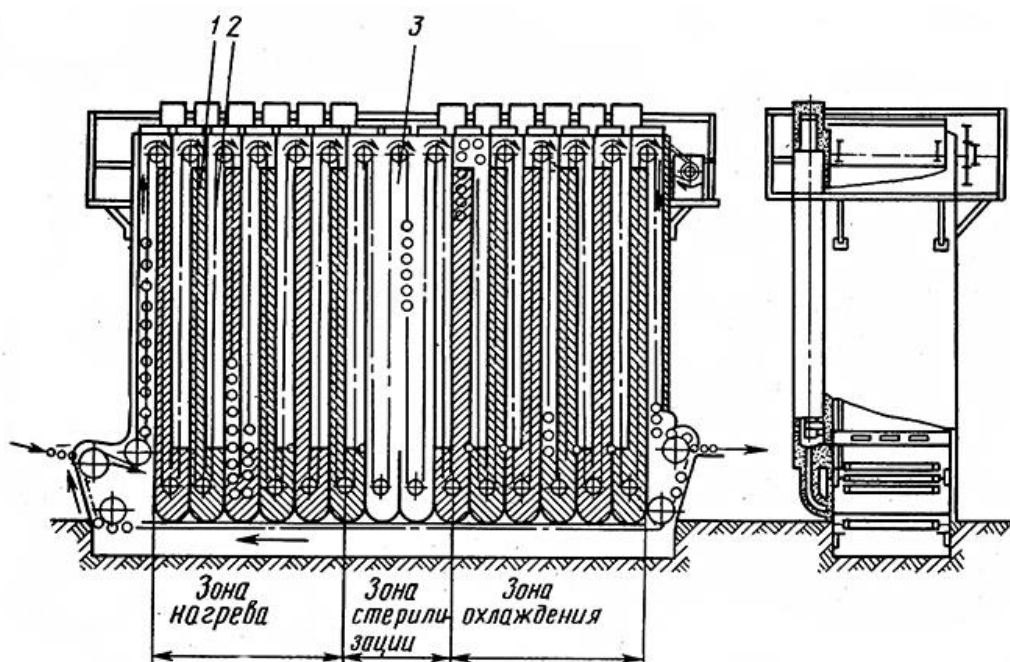


Рис. 80. Схема непрерывно действующего пневмогидростатического стерилизатора «Хунистер»: 1 - вода; 2 - сжатый воздух; 3 - пар.

В пневмогидростатических стерилизаторах для компенсации давления в паровой камере используются пневмогидравлические затворы, количество которых суммарно обеспечивает требуемое паровое давление при стерилизации.

На рис. 80 представлена схема непрерывно действующего пневмогидростатического стерилизатора «Хунистер», созданного в Венгерской Народной Республике.

Корпус стерилизатора «Хунистер» состоит из секции парового пространства давлением 0,24 МПа. По обе стороны его напротив друг друга расположены две гидростатические системы, состоящие из шести последовательно соединенных U-образных водяных ванн. Одна система служит для нагрева, а другая - для охлаждения банок.

Верхний уровень воды в первой ванне, имеющей связь с атмосферой, находится даже ниже на 4 м. Такое равновесие обеспечивается давлением сжатого воздуха 0,04 МПа в первом воздушном пространстве. То же повторяется в последующих пяти ваннах, в каждой из которых высота

водяного столба составляет, как и в первой, 4 м, а давление сжатого воздуха постепенно увеличивается нарастающим итогом до суммарного значения в последней 0,24 МПа. Так, во второй водяной камере в направлении сверху вниз величина гидростатического давления увеличивается с 0,04 до 0,08 МПа и уравнивается давлением сжатого воздуха во втором воздушном пространстве, равном 0,08 МПа, и т.д.

Таким образом, образуется система из шести водяных столбов высотой 4 м со ступенями противодействия 0,04-0,08-0,12-0,16-0,20- 0,24 МПа.

Каждая ванна имеет свой автономный контур обогрева при помощи барботирования паром. Температура в каждой секции зависит от режима стерилизации, установленного для данной продукции. Так, при стерилизации консервов «Зеленый горошек» в банке 9 распределение температур по ваннам следующее: 70-85-100-110-120-122-132-90-70-50-40- 35-30-20. Суммарное давление 0,24 МПа.

Стерилизатор «Хунистер» имеет большую производительность (свыше 300 банок в минуту) и дает возможность стерилизовать консервы как в жестяной, так и в стеклянной таре. Правда, эта универсальность в случае стерилизации консервов в жестяной таре оборачивается недостатком, ибо для жестяных банок нет никакой нужды ни в постепенном подъеме, ни, в особенности, в постепенном снижении температуры.

Поскольку в стерилизаторе «Хунистер» общая гидростатическая высота благодаря применению гидропневматического принципа уложена в 6 секций, аппарат получился относительно небольших габаритов: высота - 5,8, длина - 9,7, ширина - 1,7 м.

Сложное устройство стерилизаторов непрерывного действия, в которых тепловой процесс осуществляется под избыточным давлением, послужило стимулом к изысканию процессов непрерывной стерилизации консервов при температуре выше 100°C в аппаратах открытого типа. В этом плане следует указать на стерилизацию консервов в потоке горячего воздуха, слабые теплотехнические свойства которого можно улучшить применением высоких

скоростей его движения - 8-10 м/с. Для реализации этого способа создают открытые аппараты конвейерного типа, снабженные мощными вентиляторами с паровыми калориферами, через которые продувается с большой скоростью воздух перед подачей в стерилизационную камеру. Особенно эффективным считают сочетание этого принципа с ротацией банок в процессе стерилизации.

Оригинальный способ открытой стерилизации консервов в жестяной таре с помощью газового пламени разработан во Франции. В созданном применительно к этому способу аппарате «Стерифламм» банки катятся над газовыми горелками, быстро разогреваясь до требуемой температуры. Вращение банок во время стерилизации предохраняет продукт от пригорания к стенкам. Таким путем можно стерилизовать пищевые продукты, содержащие жидкую фазу (грибы или овощи в рассоле) в жестяной таре небольших размеров (т.е. более устойчивой к развиваемому в них давлению), например банках 9. Для тары большего размера требуются повышенная толщина жести и более жесткий рельеф концов.

10.3 Асептическое консервирование пищевых продуктов

Анализируя материал, приведенный в предыдущих главах, можно сказать, что несмотря на то, что со времени открытия Аппера прошло 170 лет, в течение которых были заложены микробиологические теплофизические основы процесса тепловой стерилизации и создана современная, часто очень сложная, стерилизационная аппаратура, предложенный Аппером принцип не претерпел никаких изменений. По-прежнему, какой бы метод или аппарат ни применялся для получения консервов методом тепловой стерилизации, принцип консервирования остается одним и тем же: нестерильный продукт помещается в нестерильных условиях в нестерильную тару, которая после герметизации подвергается соответствующей тепловой обработке. В результате такого процесса микроорганизмы, находящиеся внутри банки, погибают, новые же благодаря герметичной укупорке тары попасть внутрь не могут. К тому же при

тепловой обработке разрушаются ферменты, которые могут стимулировать порчу продукта немикробного характера. Таким образом, подвергнутые тепловой стерилизации в герметичной таре пищевые продукты сохраняются в хорошем состоянии десятки лет.

В то же время, какой бы ультрасовременный способ реализации, принципа Аппера не применялся, нынешней технике тепловой стерилизации присущи существенные недостатки:

- значительная длительность обработки, измеряемая, как правило, десятками минут, притом разная для банок неодинакового размера;
- невозможность получить стерильную продукцию в крупной таре (практически в банках не больше 10 л);
- периодичность обработки (для автоклавов), затрудняющая создание поточных автоматизированных линий производства консервов;
- небезопасность обслуживания аппаратов, работающих под избыточным давлением;
- громоздкость. В процессе загрузки сеток банками, загрузки аппарата сетками, а также при разгрузке банки встряхиваются, подвергаются толчкам и ударам. При этом не исключены механический бой стеклянных банок и деформация жестяных;
- относительная сложность управления процессом; возможный брак консервов из-за повышенного избыточного давления в таре при стерилизации;
- трудоемкость обслуживания группы аппаратов; ухудшение качества консервов из-за необходимости подвергать длительной тепловой обработке продукты, характеризующиеся даже в таре небольших размеров высокой термической инерцией;
- неоднородность тепловой обработки, из-за которой наружные слои продукта нередко сильно перегреваются по сравнению с внутренними, что также приводит к ухудшению качества консервов.

Поэтому ученые и инженеры давно ставили вопрос о том, нельзя ли избежать необходимости стерилизации консервов в таре, нельзя ли, например, использовать принцип высокотемпературной кратковременной стерилизации для того, чтобы в течение нескольких секунд получить стерильный продукт, который бы можно было быстро охладить и уже стерильным фасовать в тару без необходимости дальнейшей тепловой обработки консервов в таре.

Исследования привели к созданию нового принципа и метода тепловой стерилизации пищевых продуктов, получившего название асептического консервирования. По этому методу стерильно подготовленный путем тепловой обработки пищевой продукт после охлаждения фасуют в стерильных (асептических) условиях в стерильную тару, накрывают стерильными крышками и закатывают в условиях, исключающих попадание в банку микроорганизмов.

И хотя на пути практической реализации нового принципа было немало технических преград, однако их удалось преодолеть, прежде всего в отношении жидких и пюреобразных продуктов, которые можно было без труда быстро прогреть в тонком слое до высокой температуры, прокачивая с помощью насоса через трубчатые или пластинчатые теплообменники. Таким же путем было осуществлено охлаждение простерилизованных продуктов в потоке. Гораздо труднее оказалось решить проблемы стерилизации тары, создания асептических условий при фасовке и закатке, стерилизации крупных емкостей при необходимости консервировать большие массы пищевой продукции, предупреждения инфицирования этих емкостей при загрузке и выгрузке (особенно, если эти операции производятся при больших объемах емкостей многократно) и т. д.

На рис. 81 представлена схема асептического консервирования жидких и пюреобразных продуктов в мелкой жестяной таре, разработанная американским ученым В. Мартином [36,37] в 1948 г.

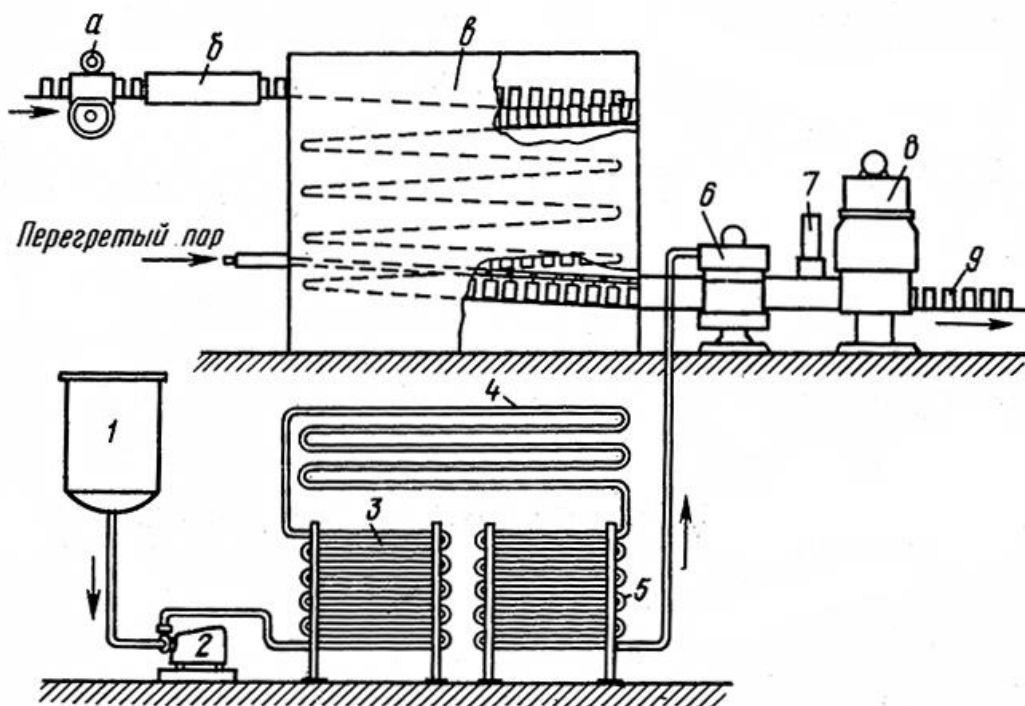


Рис. 81. Схема асептического консервирования жидких и пюреобразных продуктов в мелкой жестяной таре: 1 - сборник для продукта; 2-насос; 3 - теплообменник-стерилизатор; 4 - трубчатый выдерживатель; 5 - теплообменник-охладитель; б - наполнитель; 7 - стерилизатор крышек; 8 - закаточная машина; 9 - закатанные банки (на этикетировку); а - мойка банок; б - сушка банок; в - стерилизация банок

Как видно из рисунка, технологический процесс состоит из четырех операций, которые совершаются синхронно и непрерывно:

- стерилизации продукта методом мгновенного подогрева и охлаждения в трубчатом теплообменнике (1-5);
- стерилизации тары и крышек перегретым паром (7); асептической фасовки холодного стерильного продукта в стерильную тару (б);
- накрывания наполненной тары стерильными крышками и закатывания в асептических условиях, созданных с помощью насыщенного или перегретого пара (8).

В соответствии с этой схемой стерилизация жидких и пюреобразных продуктов производится путем непрерывного прокачивания их через

теплообменную систему, где в потоке осуществляются подогрев продукта до температуры стерилизации, выдержка и охлаждение. Режимы кратковременной стерилизации и охлаждения некоторых жидких и пюреобразных продуктов в трубчатых и пластинчатых теплообменниках или стерилизаторах смешения с последующим вакуум-охлаждением в условиях асептического консервирования, по данным

К. П. Лемаринье [13,12], приведены в табл. 43.

Таблица 43

Продукт	Тип стерилизационной установки	Режимы кратковременной стерилизации, с			Температура стерилизации, ⁰ С
		подогрев	собственно стерилизация	охлаждение	
Томат-паста	Стерилиза смешения с вакуум-охладителем	30	11	2	110
Томатный сок		11	23	47	115
Яблочное пюре		10	20	41	112
Яблочный сок с мякотью		15	31	64	114
Виноградный сок	Пластинчатый стерилизатор-охладитель	10	20	30	110
Морковное пюре	Трубчатый теплообменник	11	23	47	136
Морковный сок с мякотью		15	31	64	148
Сливовое пюре		15	31	64	130
Пюре из зеленого горошка		13	27	55	142
Суп-пюре мясо-овощной(для детского питания)	Стерилизатор смешения с вакуум-охладителем	11	23	47	146
Молоко		8	4	2	138

В установке Мартина простерилизованный и охлажденный продукт попадает в наполнитель, не входя в соприкосновение с воздухом или с каким-либо другим источником микробиологического обсеменения. Пустые банки попадают в систему по обычному тросовому транспортеру и после мойки и сушки направляются в стерилизатор, где банки подвергаются действию перегретого пара при достаточно высокой температуре и в течение времени, необходимого для достижения полной стерильности. В среднем

можно считать, что достаточной тепловой обработкой тары является поддержание температуры 165-200°C в течение 30 с!

Температура перегретого пара поддерживается автоматически, а время выдержки банок в стерилизаторе регулируется скоростью движения тросового конвейера. Про стерилизованные банки непрерывно подаются к наполнителю, а оттуда - непосредственно к закаточной машине, где они накрываются стерильными крышками и закатываются. Стерилизация крышек осуществляется с помощью перегретого пара в специальном приспособлении, встроенном в магазин для крышек закаточной машины. Стерилизация закаточной головки требует тепловой обработки при 127°C в течение 20-30 мин.

Все операции, связанные со стерилизацией, наполнением и закаткой, производятся при атмосферном давлении в открытой системе. - Проникновение микрофлоры из воздуха через входные, выходные или какие-то иные проемы эффективно предупреждается движущейся навстречу биркам струей перегретого пара. Этот принцип противотока избавляет не только от необходимости применять механические клапаны для пропускания пустых банок внутрь и выпуска закатанных банок из системы, но также и от применения оборудования, работающего под давлением. Одним из вариантов асептического консервирования является так же, как отмечалось ранее, процесс Смит-Болла.

В нашей стране метод асептического консервирования широко внедрен на ряде заводов для сохранения фруктовых соков в больших резервуар-танках, вмещающих 20-25 т продукта, а также для сохранения концентрированных томатопродуктов.

Установка для асептического консервирования томатной пасты в танках объемом 25 м³ изображена на рис. 82. Томат-паста из вакуум-выпарных установок подается в приемный бак, откуда насосом перекачивается в подогреватель смешивающего типа, где в продукт впрыскивается острый очищенный пар. Если паста не достигла нужной температуры, то она

возвращается в сборник для рециркуляции. По достижении требуемой температуры пасту подают в камеру стерилизации, где выдерживают определенное время, а затем направляют в вакуум-охладитель, где благодаря вскипанию конденсат, образовавшийся при подогреве пасты острым паром, выпаривается. Из вакуум-охладителя пасту насосом перекачивают в вертикальные танки. Для создания разрежения в охладителе имеется вакуумная станция. Танки оснащены бактериологическими фильтрами для стерилизации воздуха и арматурой для загрузки в асептических условиях.

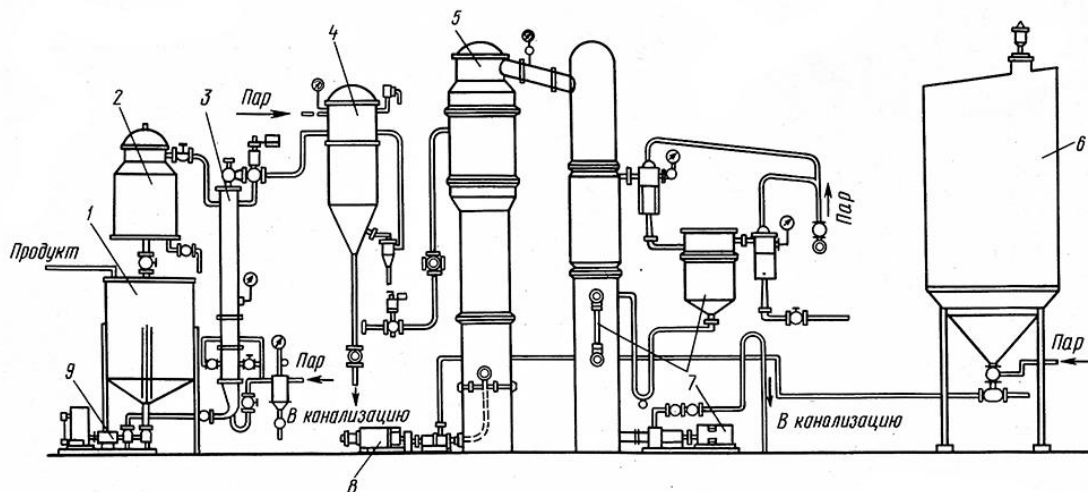


Рис. 82. Установка для асептического консервирования томатной пасты в танках: 1 - приемный бак; 2 - сборник ре циркулирующего продукта; 3 - смеситель пара с продуктом; 4 - камера стерилизации; 5 - вакуум-охладитель; 6 - резервуар для хранения стерильной томатной пасты; 7 - вакуумная станция; 8, 9 - продуктовые насосы

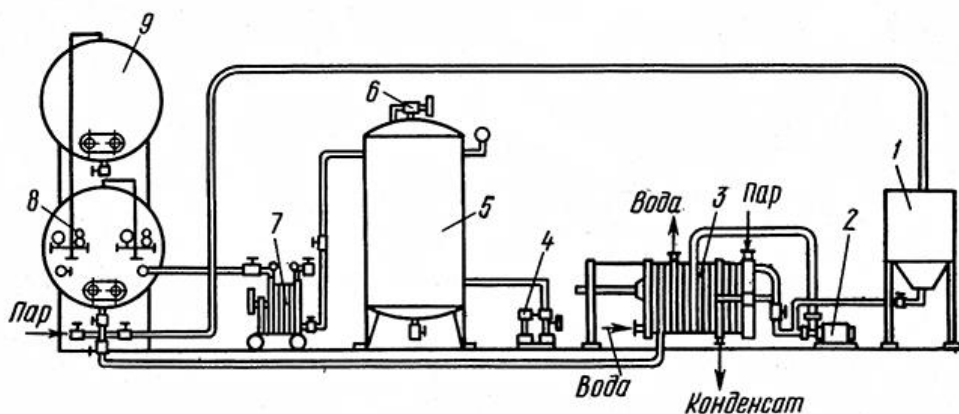


Рис. 83. Установка для асептического консервирования яблочного сока в танках:

1 - сборник для сока; 2 - центробежный насос; 3 - пластинчатый пастеризатор; 4 - компрессор; 5 - ресивер для сжатого воздуха; 6 - предохранительный клапан; 7 - пластинчатый фильтр для стерилизации воздуха; 8 - арматура; 9 - танк для хранения стерильного сока

Крупные емкости применяют, главным образом, для консервирования соков и пюре в качестве полуфабрикатов с целью последующей переработки их в зимнее время в готовый продукт и выпуска в консервной таре. Это позволяет продлить производственный сезон на консервных заводах и резко сократить трудовые затраты. Кроме того, отпадает необходимость в использовании для этой цели дорогостоящего по аппаратурно-строительному оформлению искусственного холода.

Разработана установка для асептического консервирования жидких и пюреобразных продуктов в металлических бочках. В установке продукт с помощью насоса подается в трубчатый теплообменник, где нагревается до 105- 110°C, выдерживается при этой температуре 50-60 с, затем охлаждается до 30°C, после чего фасуется в бочки, предварительно стерилизованные острым паром. Фасовка сока и укупорка бочек производятся в стерильных условиях [2].

Ряд фирм изготовляют оборудование для асептического консервирования яблочного сока в танках объемом 24 м³. Соответствующая

установка изображена на рис. 83. Установка состоит из сборника для сока, центробежного насоса, пластинчатого трехсекционного пастеризатора с секциями подогрева, пастеризации и охлаждения танков объемом по 24 м³, пластинчатого бактериологического фильтра для стерилизации воздуха, воздушного компрессора с ресивером. Сжатый воздух подается в танки перед заполнением их соком и служит для охлаждения простерилизованного острым паром танка под давлением и предупреждения подсоса нестерильного воздуха извне в танки. Перед подачей сжатого воздуха из ресивера в танки его стерилизуют через пластинчатый фильтр.

Танки моют 1,5%-ным раствором кальцинированной или 1%-ным раствором каустической соды [27], ополаскивают водой, герметически закрывают и стерилизуют острым паром в течение 2 ч при давлении 0,04 МПа.

Воздушный фильтр, заряженный асбестово-целлюлозными пластинами ЕК, также предварительно стерилизуют выходящим из танка паром в течение 1 ч. Воздух из ресивера под давлением не более 0,15 МПа осторожно подают на обеспложивающий фильтр, а оттуда - в танк, куда к этому времени доступ пара прекращается. Давление в танке при этом поддерживают на уровне 0,04-0,05 МПа во избежание образования вакуума. После охлаждения танка до температуры хранилища подачу воздуха прекращают и танк оставляют под давлением стерильного воздуха до заполнения [27].

Нужно сказать, что, несмотря на значительные преимущества асептического консервирования перед стерилизацией пищевых продуктов в таре, использование этих установок осложняется немалыми трудностями поддержания абсолютной стерильности во всех элементах и деталях аппаратуры. Малейшая негерметичность ставит под угрозу сохранность большой массы продукции. Особенную трудность в этом смысле представляет асептическое консервирование малоокислотных пищевых продуктов. По этой причине в нашей стране установки для асептического консервирования используются в основном для сохранения фруктовых

соков-полуфабрикатов. Установки для асептического консервирования пищевых продуктов в мелкой таре в нашей стране пока не созданы. Мы считаем, что в этом отношении более рационально использовать эффективные непрерывно действующие стерилизаторы для банок.

Тетра Пак предлагает установки для экстракции и концентрации соков, воздействие которых на продукт исключительно щадящее. Асептическая переработка дает возможность сохранять свежесть продукта без применения каких - либо добавок.

Щадящая тепловая обработка предназначена для асептической упаковки соков и других высококислотных напитков, сохраняет естественный вкус и аромат продукта.

Система переработки Тетра Пак для соков и фруктовых напитков называется Тетра Пак Асептик Дринк. Ее действие основывается на принципе HTST (HighTemperature, ShortTime) - быстрого нагрева продукта до высокой температуры (до 120°C) и короткой выдержки.



Рис. 84 - Тетра Пак

После выдержки в течение 5-6секунд продукт быстро охлаждается до комнатной температуры, при которой происходит его розлив. Весь процесс происходит в замкнутой стерильной системе, предохраняющей от нежелательных внешних воздействий.

Результат - стабильный, с микробиологической точки зрения, продукт.

Чтобы сохранить высокое микробиологическое качество продукта после теплообработки, упаковка должна осуществляться в стерильных условиях. Система **Тетра Брик Асептик** дает продуктам надежную и сохраняющую их высокие качества упаковку. Продукт подается к упаковочной машине в замкнутой, предварительно стерилизованной системе и в стерильных условиях разливается в пакеты, которые формируются и стерилизуются внутри машины.

Упаковочный материал представляет собой ламинат, состоящий из кортон-основы, алюминиевой фольги, нескольких слоев полиэтилена. Он создает эффективный барьер против бактерий и таких нежелательных внешних воздействии, как свет и атмосферный кислород, которые могли бы ухудшить качество продукта.

Перед тем как упаковочный материал формуется в пакеты, поверхность ламината стерилизуется перекисью водорода. Данный метод доказал свою высокую эффективность и надежность. Упаковка происходит в стерильных условиях, которые в самых новых моделях машин обеспечиваются за счет подачи под давлением стерильного воздуха. Пакеты запаиваются ниже уровня поступающей жидкости, таким образом заполняется весь их внутренний объем, и содержимое полностью защищено от окисления. В то же время упаковочный материал используется эффективно и экономично.

Для продуктов, которые рекомендуется взбалтывать перед употреблением, данный процесс технически возможно изменить с тем, чтобы пакеты заполнять не полностью.

Техническая характеристика агрегата «Тетра Пак»: производительность, л/ч - 4000; температура на входе, °C - 15; температура пастеризации и стерилизации, °C - 95/105/122; время выдержки, с - 30; температура на выходе, °C - 25; габаритные размеры, мм - 4070×5417×3572.

ГЛАВА XI

ЗАВЕРШАЮЩАЯ ОБРАБОТКА И ХРАНЕНИЕ КОНСЕРВОВ

Как отмечалось в предыдущих главах, при термической обработке консервов в герметически укупоренной таре прекращается деятельность всех внутренних факторов, вызывающих порчу пищевых продуктов - микроорганизмов и ферментов. А так как банки герметичны и новые возбудители порчи извне попасть внутрь не могут, то консервированные таким путем продукты могут сохраняться неопределенно долгое время.

Таким образом, прочность и герметичность тары являются залогом сохранности консервов. В то же время процессы коррозии внутренней и внешней поверхности тары (прежде всего металлической) могут в ряде случаев протекать настолько энергично, что возникает угроза прободения банок и утрата ими герметичности. Поэтому необходимо принять меры по предупреждению или замедлению процессов коррозии металлической тары или металлических частей тары из других материалов.

О характере внутренней коррозии тары было довольно подробно рассказано в главе IV. Как правило, коррозия внутренней поверхности банок из белой жести протекает с анодным растворением олова, которое в консервных средах имеет более электроотрицательный потенциал, чем железо. Однако после растворения значительной части оловянного покрытия начинает корродировать и железная основа оболочки тары.

Иной характер имеет коррозия наружной поверхности жестяной тары под влиянием влажности окружающей атмосферы при хранении консервов на складе или при действии пара и воды в автоклаве во время стерилизации.

В этом случае значение электродных потенциалов в гальванических элементах; олово - водяная пленка - железо больше приближается к известному из учебников физической химии ряду напряжений, в котором железо находится значительно выше олова. Поэтому с наружной стороны жестяных банок происходит анодное растворение железа, а олово является катодом. Основной фактор, определяющий механизм и скорость атмосферной коррозии жести, степень ее увлажнения.

Я. Ю. Локшин [14] различает следующие три типа атмосферной коррозии:

- мокрую, возникающую при капельной конденсации влаги на поверхности жести, что характерно для условий высокой относительной влажности воздуха, близкой к 100%, резкого изменения температуры окружающей среды, а также для непосредственного попадания влаги на жель;

- влажную, наблюдающуюся при относительной влажности воздуха 60-80% и наличии тончайшего слоя влаги, которая образуется на поверхности жести вследствие капиллярной, адсорбционной конденсации влаги;

- сухую - при полном отсутствии пленки влаги на поверхности жести. Наиболее значительные процессы коррозии жести происходят в условиях мокрой и влажной среды.

Коррозия наружной поверхности банок начинается еще в автоклавах при стерилизации и протекает порой очень энергично, чему способствуют не только высокая влажность среды и повышенная температура, но и образование гальванических элементов между желью и стенками автоклавных корзин. Кроме того, известны случаи коррозии внешней поверхности банок под действием блуждающих токов в автоклавах. Ускорение процессов коррозии банок в автоклавах возможно также при попадании на их поверхность растворов кислот или солей, а также при использовании воды, имеющей повышенную жесткость или содержащей примеси сернистых соединений, хлоридов. Жельяные банки после стерилизации в такой воде имеют темные пятна и непривлекательный внешний вид. Если после стерилизации с крышек банок не удалена влага, то это также может привести к быстрой коррозии.

Для устранения коррозии банок при их стерилизации в автоклавах, заполненных водой, рекомендуют вводить в состав Воды пассивирующие добавки, например полифосфаты, смачиватели - эмульгаторы типа. ОП-7, ОП-10. Рекомендуется также воду перед подачей в автоклав деаэрировать и

предварительно подогревать. Предложен способ предупреждения ржавления банок нанесением защитной нитритной пленки, образующейся при добавке в воду в автоклавах 0,02-0,04% NaNO_2 .

Сходный характер коррозии наблюдается при хранении консервов в «мокрой» и «влажной» атмосфере. Здесь также коррозия приводит к интенсивному ржавлению всей поверхности жести. Значительное влияние на скорость коррозии во влажной атмосфере оказывают примеси, находящиеся в воздухе. Так, газы, не входящие в нормальный состав воздуха, например SO_2 , NH_3 и другие, попадая в пленку влаги на поверхности жести, увеличивают гигроскопичность продуктов коррозии, действуют как депассиваторы (SO_2 , Cl_2) или комплексообразователи (NH_3).

В атмосфере сухого воздуха белая жечь не ржавеет, но на ней образуются окисные пленки олова, внешний вид Тары ухудшается, поверхность жести тускнеет, теряется блеск.

Таким образом, для предупреждения коррозии наружной поверхности банок при хранении на складе необходимо их после стерилизации хорошенько промыть, просушить и хранить в атмосфере невысокой относительной влажности.

На многих консервных заводах эти операции еще выполняются вручную. Банки вынимают из автоклавных сеток, протирают ветошью или опилками, укладывают в ящики и передают на склады, где выкладывают из ящиков в колонны. Через некоторое время разбирают колонны, оклеивают банки этикетками и упаковывают в ящики для отгрузки. При этом в сезон наибольшей загрузки предприятий автоклавные сетки часто подолгу не разгружают, банки остывают, их протирают холодными, что затрудняет очистку. Ручная очистка жестяных банок опилками трудоёмка, иногда приводит к нарушению полуды и последующей коррозии банок.

Однако в настоящее время на ряде заводов установлены поточные, хотя и не полностью механизированные линии операций по оформлению и упаковке консервов в жестяной и стеклянной таре. Удалось механизировать

операции выгрузки банок из автоклавных сеток, мойки, сушки и этикетировки. На некоторых заводах банки в непрерывном потоке сразу же после стерилизации выгружают с помощью механизмов из автоклавных сеток, моют, сушат, оклеивают этикетками, упаковывают в ящики и штабелируют на поддонах в складах. При этом достигается значительная экономия труда в результате ликвидации трудоемких процессов: укладки банок в инвентарные ящики, выборки из ящиков и укладки в колонны, разборки колонн и многократных перевалок консервов.

Одна из таких поточно-механизированных линий оформления консервов в цилиндрических жестяных банках производительностью 100 банок в минуту показана на рис. 85. По данным Н.Я. Рабинера, линия работает следующим образом. Автоклавная сетка с простерилизованными банками по рольгангу 1 подает банки в разгрузчик-ориентатор выравнивающее устройство, откуда ориентированные банки передаются на вращающийся поворотный круг-накопитель 3, где соединяются в поток в один ряд. Далее банки по течке 4 направляются в моечную машину 5. Здесь наружная цилиндрическая поверхность банок в течение 8 с оmyвается 1-2%-ным щелочным раствором при температуре 40-50°C и горячей водой, а крышки и донца очищаются щеточными валиками. Эффективность мойки жирных банок с консервами в значительной мере зависит от степени загрязнения автоклавов и сеток. Необходимо не реже 1 раза в смену производить мойку автоклавов горячим раствором моющих средств (щелочь, ОП-7, ОП-10 и т. п.).

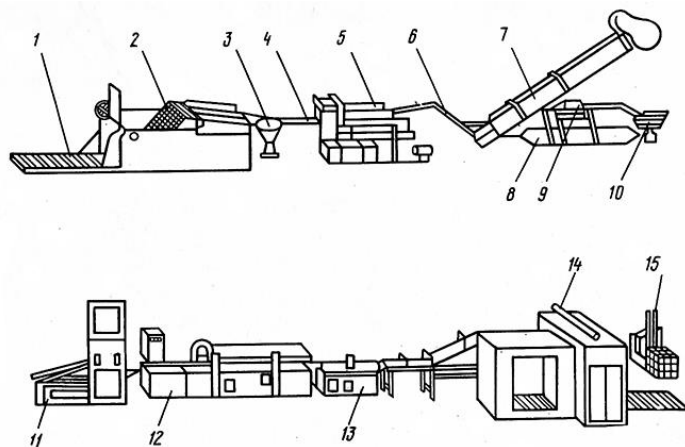


Рис. 85. Линия оформления и упаковки консервов в жестяной таре

Промытые банки по течке 6 подаются в сушилку 7. Передвигаясь по направляющим желобам наклонного цепного транспортера снизу вверх и сверху вниз, банки обдуваются 15 с наружным воздухом, выходящим с большой скоростью из сопел воздухораспределителя, капли влаги сдуваются с горячей поверхности, а пленочная влага испаряется.

Сухие банки по течке 8 попадают на этикетировочную машину 9, а затем через накопитель 10 - в банкоукладчик 11, где помещаются в короба из гофрированного картона или деревянные ящики.

Заполненные короба подаются на упаковочную машину 12, загибающую и закрывающую верхние клапаны коробов и оклеивающую гуммированной лентой стыки продольных клапанов крышек и дна коробов.

Далее на машине для нанесения трафарета 13 короба маркируются с двух противоположных боковых сторон, а затем передаются на штабелефбормирующую машину 14 для укладки на деревянные поддбны в устойчивей штабель.

После формирования полного штабеля последний перевозят вилочным электропогрузчиком 15 на склад.

Существуют также линии оформления и упаковки консервов в стеклянной таре. На этих линиях банки также обрабатываются в моечно-сушильных агрегатах. В одних агрегатах (8148С8-1) банки шприцуются через насадки в течение 25 с 10%-ным раствором щелочи при температуре 60°C

под давлением 1,5-2 ат, затем столько же времени горячей водой (70°C) и потом сушатся обдувкой холодным воздухом в течение 25 с и горячим воздухом (75°C) в течение 50 с. В модернизированном агрегате А9КМС «Тайфун» исключены щелочная мойка, групповое шприцевание и обсушка горячим воздухом. Каждая банка здесь обрабатывается оборотной и чистой водой (55-60°C) при проходе между щелевыми насадками под давлением в 3 ат. После этого происходит сдувание влаги воздухом давлением 3 ат из четырех пар насадок.

В том случае, если банки укупорены по обкатному способу, их направляют на подлакировочную машину для нанесения пленки быстросохнущего лака на венчики крышек, которые деформируются при обкатке, причем с них частично сходит лак, что может привести к ржавлению. При других методах укупорки стеклянных банок надобность в подлакировке отпадает.

Для защиты от коррозии наружной поверхности банок с продукцией иногда практикуют лакировку их быстросохнущими асфальтовыми и нитроцеллюлозными лаками. Банки же, предназначенные для длительного хранения, или транспортировки на дальние расстояния, обрабатывают также жировыми смазками на основе минерального масла и канифоли с добавлением в некоторые рецептуры нефтяного битума и технического жира. Иногда вымытые и подсушенные банки покрывают предварительно подогретым до 70°C распыленным техническим вазелином.

Для замедления процессов внутренней и внешней коррозии желательно ограничивать температуру складского хранения интервалом 0-20°C, а относительную влажность воздуха поддерживать на уровне 70-75%.

Во время хранения консервов на складе, при транспортировке и хранении в товаропроводящей сети в них протекают процессы массообмена между твердой и жидкой фазами. В результате происходит выравнивание содержания растворимых веществ - сахара, солей, органических кислот и т. д. в твердой и жидкой частях консервов.

Так, по данным Я.М. Гольденберга, в компотах, заливаемых 35-60%-ным сиропом, клеточный сок выделяется из плодов в сироп, а сахар сиропа поглощается плодами. При этом масса плодов уменьшается, а масса сиропа увеличивается, процент сахара в плодах повышается, а в сиропе понижается.

Изменение соотношений плодов и сиропа в компотах из различных плодов или даже из одинаковых плодов, залитых сиропом разной концентрации, неодинаково. Имеются данные, что в компоте из черешни после стерилизации масса сиропа увеличивается на 16,2%, в компоте из яблок, очищенных и нарезанных дольками, - на 6,4%, в компоте из абрикосов, нарезанных половинками - на 17,6%, в компоте из мандаринов дольками - на 25,1%.

Начальная масса овощей в натуральных консервах после стерилизации и при хранении изменяется мало.

Продолжаются при хранении и процессы внутренней коррозии жестяных банок. При этом в консервах происходит накопление солей Олова и железа, размеры которого зависят от химического состава пищевых продуктов.

По данным В.С. Грживо и Я.Ю. Локшина [4], консервированные пищевые продукты по величине корродирующего действия на жестяную тару могут быть разделены примерно на три группы:

1. сильно корродирующие, к которым относятся кабачковая и баклажанная икра, кабачки или баклажаны, нарезанные кружками, с овощным фаршем в томатном соусе, большинство рыбных консервов в томатном соусе, копченые сельдь, камбала и треска в масле, компот из ревеня, свекольное, шпинатное и щавелевое пюре и др. В консервах этой группы, изготовленных в банках из нелакированной белой жести горячего лужения при температуре 15-20°C уже через 3-9 мес. хранения содержание солей олова становится близким к допустимой норме или даже превосходит ее;

2. умеренно корродирующие: томатный сок, томат-пюре и томат-паста, перец и томаты фаршированные, рыбные консервы натуральные и в масле (за исключением указанных в первой группе), мясные консервы с томатным соусом (гуляш, плов, салобобовые и т. п.), многие компоты, соки, пюре и др. В таких консервах при хранении от 1 до 1,5 лет содержание солей олова в ряде случаев достигает допустимой нормы;

3. слабо корродирующие, к которым можно отнести многие овощные натуральные консервы: зеленый горошек, цветную капусту, кукурузу, морковь, томаты цельноконсервированные, морковный сок, мясные консервы типа «Тушеное мясо», повидло, варенье, джем и т.п. В консервах этой группы содержание солей олова даже при 2-4-годичном хранении в условиях средней температуры не достигает допустимой нормы.

Влияние продолжительности хранения консервов при 15-20°C на накопление в них солей олова (в мг на 1 кг продукта) показано в табл. 44.

Таблица 44 – Влияние продолжительности зранения на накопление солей в консервах

Консервы	Исходное содержание солей олова	Содержание солей,олова после,				
		3	6	12	24	36
«Зеленый горошек»	40	-	63	82	-	-
«Икра кабачковая»	41	140	197	430	-	-
«Икра баклажанная»	46	190	211	496	-	-
«Судак в томатном соусе»	140	-	188	255	-	-
«Кета в томатном соусе»	-	-	-	-	116	238
«Сельдь в томатном соусе»	-	125	168	-	-	-
«Сардины в масле»	29	-	35	119	135	-
«Треска копченая в масле»	120	130	214	293	344	409
«Шпроты в масле»	53	71	111	138	158	182
«Мясо тушеное (говядина)»	-	24	45	-	105	130
Томат –паста	70	-	-	173	299	313
«Молоко сгущенное с сахаром»	-	-	-	-	7	17
«Компот из персиков»	27	-	58	89	-	-
«Компот из груш»	32	-	59	67	-	-

Приведенную классификацию авторы предлагают рассматривать как относительную, причем считают, что нет резкого перехода от одной группы к другой, хотя определенные консервы являются типичными для каждой группы.

В более поздних работах делается попытка классифицировать различные виды консервов в зависимости от того, относятся ли они к числу растворителей олова или железа или являются растворителями и олова, и железа.

К типичным растворителям олова относятся томатопродукты (томатный сок, натуральные томаты, томатная паста), шпинат, стручковая фасоль, компот из вишни, слив, ананасов, клубники.

Растворители железа - соленые огурцы, спаржа, зеленый горошек, морковь. К группе растворителей олова и железа можно отнести томатный суп, свеклу, некоторые виды различных консервов в томатном соусе, яблочное пюре.

Корродирующее влияние некоторых рыбных консервов в масле связывают с наличием в них таких азотистых соединений, как моно-, ди- и триметиламины, бетаин. Так, в мясе трески, океанской сельди, камбалы имеется значительное количество окисла триметилamina (до 1080 мг на 100 г).

Следует иметь в виду, что помимо электрохимических процессов растворения металлов при стерилизации и последующем хранении в банках происходят и чисто химические реакции, продукты которых взаимодействуют с материалом тары. Так» при консервировании мяса, зеленого горошка, бобов, кукурузы выделяются сероводород и другие сернистые соединения, которые, реагируя с поверхностью белой жести и ее порами, образуют сульфиды олова и железа. При значительной пористости покрытия образуется темный сульфид железа, который осаждается на внутренней поверхности банок. Образующиеся сульфиды олова защищают поверхность олова от дальнейшей коррозии. Именно с защитным действием

пленки сернистого олова, появляющейся на поверхности жести, связывают длительный срок (до двух лет) хранения консервов «Говядина тушеная». В то же время товарный вид продукции из-за темного налета FeS ухудшается.

Как отмечалось, на коррозионные процессы при хранении влияет температура продукта и окружающей среды. Повышение температуры способствует увеличению силы коррозионного тока в связи с возрастанием электропроводности продукта и скорости диффузии кислорода к поверхности корродирующего металла. Поэтому необходимо не только ограничивать температуру воздуха на складах определенными пределами, но и следить за достаточным охлаждением банок после стерилизации.

В этой связи отрицательную роль играет консервирование пищевых продуктов так называемым методом горячего розлива в крупную жестяную тару. Высокая температура консервов при установке таких банок в колонны сохраняется в течение суток и более, особенно внутри штабеля. То же относится к консервам в крупной таре (например; в банках 14), которые были плохо охлаждены после стерилизации и сданы на склад в горячем виде. Так, по данным Л.А. Боневой и В.А. Короленко, томатная паста в банках 14, заложенная на хранение в августе, становилась нестандартной по содержанию олова в центре колонны через 2 мес., а томатная паста в банках, расположенных по периферии колонны - через 4 мес.

Влияние температуры хранения на скорость коррозии не столь велико, как это вытекает из правила Вант-Гоффа, но все-таки имеет большое значение и тот факт, что удвоение скорости перехода олова в продукт наступает при разности температур пусть не 10, а 40-50°C. Так, хранение томатной пасты в течение 3 мес. при 60-70°C равноценно в отношении коррозии примерно 6-месячному хранению при 20°C.

Таблица 45 – Влияние температуры хранения на скорость коррозии

Консервы	Содержание солей олова(мг на 1 кг продукта) после хранения в течении определенного периода,мес

	6		12	
	0-5 ⁰ C	15-20 ⁰ C	0-5 ⁰ C	15-20 ⁰ C
«Говядина тушеная»	48	101	81	104
«Судак в томатном соусе»	124	188	137	256
«Треска копченая в масле»	126	214	174	293
«Шпроты в масле»	74	111	104	138
«Салака в томатном соусе»	236	290	254	337
Лососевые натуральные	31	67	46	82
Томат-паста	110	195	131	216
«Зеленый горошек»	58	63	64	82
«Компот из персиков»	52	58	79	89
«Компот из груш»	-	-	48	67

Имеются сведения о том, что опытные партии одних и тех же рыбных консервов, хранившихся на складах в северных районах, содержали солей олова в 1,5 раза меньше, чем такие же консервы, находившиеся на складах в южных зонах страны.

В табл. 45 приведены данные В. С. Грживо и Я. Ю. Локшина о накоплении солей олова при хранении некоторых консервов в условиях различных температур.

При повышении температуры хранения, как отмечают В. С. Грживо и Я. Ю. Локшин, переход олова в указанные в табл. 45 консервы значительно возрастает. Так, после шестимесячной выдержки при 35-40⁰C в консервах обнаружено следующее содержание солей олова (в мг на 1 кг): «Говядине тушеной» - 158, в «Треске копченой в масле» - 230, в «Шпротах» - 151, в «Салаке в томатном соусе» - 333.

Имеются данные о том, что в компотах из груш и персиков при выдержке в течение 16 мес. при 0-10⁰C брак не обнаруживали. При хранении в течение того же отрезка времени при 21⁰C выявлено 1-2% бомбажных банок, а при 36⁰C количество их доходило до 86%.

Приведенные примеры показывают, что при определении сроков хранения консервов должны учитываться специфические особенности химического состава консервов и температурные условия.

Я.К. Локшин рекомендует следующие температуры хранения (°C)
(табл.46:

Таблица 46 – Температуры хранения консервов

Продукт	Температура хранения
Овощные, мясные, рыбные консервы	0-18
Варенье и джемы	
непастеризованные	10-15
пастеризованные	2-20
Фруктовые соки	0-12
Соления, маринады, рыбные консервы	0-5
Молочные консервы	5-12

Некоторые из приведенных данных указывают на. нецелесообразность и даже невозможность применения нелакированной жестяной тары для таких видов консервов, как «Треска копченая в масле», овощные закусочные, томатная паста, пюре из шпината, щавеля, свеклы, рыбные консервы в томатном соусе.

В процессе хранения консервов на складе можно обнаружить при осмотре колонн дефектные банки.

Нормальными по внешнему виду считаются, прежде всего, такие банки, которые не изменили своей формы. Концы их плоские или вогнутые. Если на один из концов металлической тары нажать пальцем руки, то другой конец при этом должен оставаться плоским.

Нормальный внешний вид продуктов в стеклянной таре включает также характеристику жидкой части таких консервов, как, например, натуральные овощные или компоты, которая должна быть прозрачной. На дне таких консервов не должно быть осадка, не должно быть также осадка на границе «зеркала» продукта с тарой («кольцо»).

В том случае, если консервы были недостаточно простерилизованы или банки были негерметично закупорены, в консервированных продуктах начинается активное развитие микроорганизмов с образованием газообразных продуктов их жизнедеятельности: водорода, диоксида углерода, аммиака, сероводорода. В результате давление в таких банках повышается и обе крышки их вспучиваются (бомбаж). Бомбажная банка вздута постоянно, причем вспучивание не устраняется при нажатии пальцем. Бомбаж, как указывалось, может иметь не только микробиологическое, но и химическое происхождение, если в результате коррозионных процессов в банке накопился водород (водородный бомбаж). Так или иначе бомбажные банки отбраковывают и уничтожают.

Иногда при микробиологической порче количество образующихся газов недостаточно чтобы вызвать вздутие обоих концов, бомбаж может быть односторонний. При этом бывает так, что при нажатии пальцем вздутый конец приобретает нормальное положение, но вздувается с легким хлопком противоположный конец. Если палец отнять, конец снова вспучивается. Такой вид брака получил название «хлопающие донца», или «хлопуши».

Если количество образовавшегося в банке газа еще меньше, то возникшее небольшое вздутие одного конца можно устранить нажатием пальца руки, причем по устранении нажима крышка больше не вздувается. Такой вид брака называется «вибрирующая крышка», К консервам с вибрирующими концами относят также банки, нормальные по внешнему виду, но проявляющие обратимое вздутие одного из концов, если на другой конец нажать пальцем и отпустить.

Бомбаж может иметь также физическую природу, т.е. вздутие может произойти не из-за микробиологической порчи и не из-за коррозии тары, а потому, что температура хранения выше температуры продукта при фасовке. При этом, как было показано в главе IX, избыточное давление в таре над атмосферным повышается. Физический бомбаж может быть связан и с переполнением банки продуктом при фасовке. При последующей

стерилизации расширение продукта может вызвать необратимую деформацию концов. Такие консервы доброкачественны, но имеют непривлекательный внешний вид. Если физический бомбаж вызван разностью температур при хранении и фасовке, то при охлаждении таких банок концы втягиваются и возвращаются в нормальное положение. Физический бомбаж может быть вызван и замерзанием консервов.

К браку консервов, фасованных в стеклянную тару, относятся также банки с видимыми через стекло признаками микробиологической порчи - пленкой плесени на поверхности продукта, пузырьками брожения, осадком, не свойственным нормальным консервам и т.п., с помутневшей жидкой фазой. Последнее относится к консервам в прозрачной заливке, для которых показатель прозрачности фигурирует в нормативно-технологической документации.

Необходимо отбраковывать консервы с видимыми невооруженным глазом признаками негерметичности: пробоями, сквозными трещинами, подтеками или следами продукта, вытекающего из банки.

Дефектными считаются металлические банки с неправильно оформленным закаточным швом (наличие язычков, подрезов, раскатанного шва), с ржавчиной, после удаления которой остаются раковины, с наличием складок на крышке у закаточного шва - «птичек», стеклянные банки с перекошенными крышками, с трещинами или сколом стекла у обкаточного шва, с неполной посадкой крышек относительно венчика горла банки, вдавленностью крышек, вызвавшей нарушение обкаточного шва и с рядом других дефектов.

Есть виды брака, которые могут быть обнаружены только при вскрытии банок (к ним относятся, например, те, которые были перечислены для стеклянной тары и обнаруживаются благодаря прозрачности ее), в том случае, если консервы фасованы не в металлическую тару, т.е. консервы заплесневевшие, забродившие, с помутневшей заливкой, необычным осадком и т.п. Кроме того, после вскрытия банок некоторые признаки порчи могут

быть обнаружены органолептически: скисание, наличие дурных запахов, ослизнение, мацерация тканей и т. п. В некоторых случаях внешние и органолептические признаки порчи консервированных пищевых продуктов отсутствуют, но микробиологический анализ обнаруживает их недоброкачественность. Как отмечает Н. Н. Мазохина [1], подобное явление наблюдается, например, в консервах с рН 4,2-4,5, инфицированных гнилостными или протеолитическими анаэробами, в том числе возбудителями ботулизма.

Металлические и стеклянные банки маркируют; металлические - выштамповыванием знаков на дне и крышке банки, стеклянные - наложением штемпеля на этикетку или ее компостированием. Маркировка в шифрованной форме несет информацию о заводе-изготовителе, виде консервов, годе, месяце и дате изготовления и о смене, на которой консервы были изготовлены.

На доньшке банки одной строкой наносят [29]: присвоенный консервному заводу шифр (одной буквой) и номер (двухзначный); год изготовления консервов (его последнюю цифру).

На крышке банки одной строкой располагают: порядковый номер смены (один знак цифрой), в которую изготовлены консервы (считая первой смену, вступающую в полночь); дату изготовления консервов (два знака цифрами, причем числа от 1 до 9 обозначают с нулем перед ними); месяц изготовления консервов (один знак порядковой заглавной буквы русского алфавита, кроме буквы З); установленный ассортиментный номер консервов (три знака).

Если маркировочные знаки наносят только на крышку, то знаки, которые полагается располагать на доньшке, указываются верхней строкой, а остальные - нижней.

Пример: завод с присвоенным ему шифром М 47 выработал 5 марта 1978 г. в первую смену продукцию, числящуюся под ассортиментным

номером 169. В этом случае знаки располагаются следующим образом: на донышке М478, на крышке 105В169.

Независимо от маркировки на стеклянные и металлические банки с консервами наклеиваются этикетки со следующими данными: наименование министерства, управления; фирмы; наименование завода; местонахождение завода, марка или товарный знак; наименование продукции, сорт; масса нетто; ГОСТ или ТУ.

В некоторых случаях, для продукции, требующей особых условий хранения, их также указывают на этикетке, например: «Продукт не подлежит длительному хранению. Хранить при температуре не выше 0°С и не ниже - 5°С; «Хранить при температуре не ниже 0°С и не выше 5°С» и т. д.

Консервы выпускают в таре различной вместимости - от 100-граммовой до 10-килограммовой. Даже в пределах одного и того же завода в разных цехах могут, например, изготавливать овощные закусочные консервы в жестяной банке 12 (свыше 0,5 кг), овощные маринады в литровой стеклянной таре 1-82-1000 и томатную пасту в жестяных банках 14 (около 3 кг) и 15 (около 10 кг). В главе IV, указывалось, что существуют десятки видов банок разных размеров. Отсюда возникают некоторые трудности при учете выработки консервов за определенный период как для одного какого-нибудь конкретного завода, так и объединения, фирмы, управления, министерства и всей отрасли в масштабах республики и страны в целом. Эти трудности связаны прежде всего с традициями, согласно которым учет выработки консервов в нашей стране ведется не по массе, а в банках. Поскольку правильно учесть выпуск консервов, фасованных в разные по размеру банки, простым суммированием их невозможно, одна из банок принята за эталон объема или массы, на который условились пересчитывать объем или массу других банок. В качестве такой условной единицы принята очень ходовая еще с дореволюционного периода, «фунтовая» по прежней номенклатуре (русский фунт составлял несколько больше 400 г), жестяная банка 8, объем которой составляет 353 мл, а масса . брутто около 400 г. В соответствии с

этим количество условных банок, которое содержится в конкретной банке определяют, разделив внутренний объем данной физической банки на объем условной. Например, литровая стеклянная банка 1-82-1000 содержит $1000 : 353 = 2,83$ условной банки. Отношение объема физической банки V_{ϕ} к объему условной V_y называют переводным коэффициентом для данной банки K_{π} :

$$K_{\pi} = V_{\phi} / V_y.$$

Так, переводной коэффициент для банки 12 ($V = 565$ мл) составляет $565 : 353 = 1,6$, а для банки 13 ($V = 889$ мл) $889 : 353 = 2,5$.

В сводках Центрального статистического управления СССР об итогах выполнения Государственного плана промышленностью СССР выработка консервной продукции 4 приводится в миллиардах условных банок.

Нужно, однако, сказать, что принцип перевода физических банок в условные по соотношению их объемов выдерживается далеко не по всем консервам. Например, для варенья, джемов и повидла, которые фасуют не только в банки, но и в ящики, или для фруктовых соков, пюре и концентрированных томатопродуктов, которые в свое время, да еще и теперь порой фасуют в бочки, в качестве условной банки принята масса в 400 г. Поэтому переводной коэффициент для этих продуктов рассчитывают по отношению массы нетто данной физической банки (из прейскуранта) к 400.

Например, переводной коэффициент для банки 1-82-1000 с джемом, масса нетто которой составляет 1250 г, будет $1250 : 400 = 3,125$.

К сожалению, и этим еще не исчерпывается сложность учета выработки консервной продукции. Прежде всего, это относится к концентрированным томатопродуктам, пищевая ценность которых при одной и той же массе прямо пропорциональна содержанию сухих веществ в них. Применительно к этим видам консервной продукции в понятие условной банки входит не только условная масса 400 г, но и условное содержание сухих веществ, в качестве которого принята концентрация 12%. Таким образом, переводной коэффициент для концентрированных томатопродуктов K_{τ} получается, как

произведение из переводного коэффициента по массе $K_M = G_{\phi}/400$ (где G_{ϕ} - масса нетто физической банки в граммах) на переводной коэффициент по концентрации $K_C = C_{\phi}/12$ (где C_{ϕ} - содержание сухих веществ в данном томатопродукте):

$$K_T = K_M K_C = G_{\phi} C_{\phi} / (400 \cdot 12).$$

Например, для банки, в которую помещается 1 кг 30%-ной томатной пасты, переводной коэффициент будет равен

$$K_T = 1000 \cdot 30 / (400 \cdot 12) = 6,25$$

В последнее время предпринимаются попытки ввести единое исчисление учета консервной продукции в тоннах. Например, рецептура консервов и нормы расхода сырья в действующих технологических инструкциях приводятся уже не на тысячу условных банок, как практиковалось прежде, а на тонну консервов. Однако указанные выше трудности при исчислении выработки консервной продукции, к сожалению, этим не снимаются.