

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
им. М. В. Ломоносова

На правах рукописи

ШАПОВАЛОВА Ольга Михайловна

УДК 664.8.036.5.088.8

ИЗЫСКАНИЕ УСЛОВИЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ
ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ВАКУУМНОЙ ДЕФОРМАЦИИ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ
КОНСЕРВОВ В КРУПНОЙ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ТАРЕ

Специальность 05.18.12 - процессы и аппараты пищевых
производств

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических наук

Одесса - 1988

Работа выполнена во Всесоюзном научно-исследовательском и проектно-конструкторском институте продуктов детского питания и систем управления агропромышленными комплексами консервной промышленности и в Одесском технологическом институте пищевой промышленности им. М. В. Ломоносова.

Научный руководитель

- доктор технических наук,
профессор Б. Л. Флауменбаум

- доктор технических наук,
профессор В. З. Жадан

- кандидат технических наук
С. Н. Галкина

ОНАХТ 03.05.12
Изыскание условий и



К. В. 16273

А/р Шаповалова О. М.
ИЗЫСКАНИЕ УСЛОВИЙ
И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЕМОМ
1988 8/4

Одесский консервный завод

1988 года в 13 час. 30 мин.
Д 068.35.01 при Одес-
промышленности им. М. В.
ова, 112.

в библиотеке Одесского
промышленности им. М. В. Ломо-

1988 года.

Б. Г. Кротов

К. В. 16273

Одесский технологический
институт пищевой промышленности
им. М. В. Ломоносова
БИБЛИОТЕКА

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Решениями XXII съезда КПСС предусматри-
вается в кратчайший срок значительно увеличить производство высо-
кокачественных продуктов питания, в том числе плодовоовощных кон-
сервов, что потребует использования наиболее совершенных техноло-
гий, устранения потерь сырья и материалов.

Одним из наиболее длительных и энергоемких процессов кон-
сервного производства является процесс стерилизации, для интен-
сификации которого необходимо повышать температуру фасования про-
дукта в тару. На высокотемпературном фасовании в крупную тару ос-
нован и распространенный метод консервирования гомогенных продук-
тов (томатной пасты, фруктовых соков, повидла), при котором не
предусматривается проведение стерилизации в аппаратах - метод
горячего разлива - "самостерилизация".

Достижение высокой температуры фасования (порядка 80°C и
выше) сопровождается появлением продольных изломов с острыми гра-
нями на боковой поверхности металлических банок при их охлажде-
нии. Этот вид брака консервов, получивший название вакуумной де-
формации, зачастую приводит к нарушению герметичности тары, мик-
робиологической порче продукции.

Ежегодно количество подвергшихся вакуумной деформации банок
только при производстве томатной пасты в банке 14 колеблется в
пределах 11-15%, а при консервировании в банке 15 их число до-
стигает 82%. Учитывая объемы производства в нашей стране консер-
вов в крупной металлической таре, ущерб от вакуумной деформации
значителен, и проблему ее предупреждения необходимо решать без-
отлагательно.

Цель и задачи исследований. Цель работы - изучение условий
возникновения вакуумной деформации при консервировании пищевых
продуктов в металлической таре и разработка эффективных техноло-
гических приемов ее предупреждения.

Для осуществления этой цели было намечено решить следующие
задачи:

изучить устойчивость металлической тары действию равномерных
внешних нагрузок, возникающих вследствие образования в консервах
вакуума при охлаждении вслед за горячим разливом их стерилиза-
цией;

исследовать влияние на величину образующегося в консервах
вакуума параметров фасования продукта в тару (температуры фасова-
ния, степени наполнения), а также консистенции консервируемого

продукта;

разработать технологические приемы предупреждения вакуумной деформации, в основу которых заложено воздействие на теплофизические параметры фасования продукта в тару;

определять реакцию конпов диаметром 99,0 мм; 101,1 мм; 216 мм действию внутреннего давления, развиваемого в процессе стерилизации консервов при создании в таре перед укупориванием начального избыточного давления, предупреждающего появление вакуумной деформации;

провести производственные испытания технологических приемов предупреждения вакуумной деформации для выдачи рекомендаций промышленности;

оценить экономическую эффективность от внедрения в производство технологических приемов, позволяющих устранить брак от вакуумной деформации.

Научная новизна. Получены новые данные о критических нагрузках потери устойчивости металлической тары под действием равномерных внешних нагрузок и эмпирические зависимости для их расчета; исследовано влияние условий фасования продукта в тару на величину образующегося в консервах вакуума, определены предельно допустимые температуры фасования, безопасные в отношении вакуумной деформации; разработаны новые технологические приемы предупреждения вакуумной деформации: принудительное охлаждение паровоздушной смеси в незаполненном пространстве тары перед укупориванием, низкочастотная вертикальная вибрация банки с продуктом перед укупориванием, деапаризация продукта под вакуумом, внесение в банку с продуктом перед укупориванием газообразующего вещества - пищевой соды; получены новые данные об устойчивости крупной металлической тары действию внутреннего избыточного давления.

Практическая ценность состоит в разработке эффективных мер предупреждения вакуумной деформации металлической тары, производственные испытания которых на промышленных партиях консервов подтвердили достоверность и надежность полученных результатов, а также позволили убедиться в возможности практического осуществления этих способов в условиях консервного производства.

Методы предупреждения вакуумной деформации путем деапаризации продукта перед фасованием с последующим принудительным охлаждением паровоздушной смеси в незаполненном пространстве тары и путем внесения в тару перед укупориванием пищевой соды

включены в действующую технологическую инструкцию по производству концентрированных томатопродуктов и томатного сока, утвержденную МПХ СССР от 22.10.85 г., внедрены и используются на консервных предприятиях страны.

Оригинальность метода предупреждения вакуумной деформации путем внесения в тару перед укупориванием пищевой соды подтверждается авторским свидетельством на изобретение.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались на Всесоюзной научно-технической конференции по вопросам пастеризации и стерилизации пищевых продуктов (Махачкала, 1981 г.), республиканской научной конференции молодых ученых по актуальным проблемам пищевой промышленности в II-й пятилетке, посвященной 60-летию Советской Грузии (Тбилиси, 1981 г.), на отчетных научных конференциях профессорско-преподавательского состава ОТИП им. М. В. Ломоносова в 1982-1984 гг., межотраслевой научно-технической конференции молодых ученых ВНИПИ "Консервпромкомплекс" (Одесса, 1984 г.), межреспубликанской научно-технической конференции молодых ученых по состоянию и перспективам малой и безотходной технологии и использованию вторичных материальных ресурсов (Тбилиси, 1985 г.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 5 научных работ.

Структура и объем. Диссертация состоит из введения, шести глав, выводов, перечня литературных источников (277 наименований, из них 44 на иностранных языках).

Работа изложена на 227 страницах машинописного текста, содержит 61 рисунок и 22 таблицы.

На защиту выносятся: результаты исследования устойчивости металлической тары к перепадам давлений при стерилизации и охлаждении консервов; результаты определения зависимости величины вакуума в консервах от условий фасования продукта в тару; разработанные методы предупреждения вакуумной деформации, обеспечивающие выработку продукции высокого качества.

Во введении обоснована актуальность темы и сформулирована цель настоящей работы.

В первой главе дан краткий обзор применяемых в настоящее время тарных материалов и перспектив использования металлической тары в консервной отрасли. Рассмотрены работы по изучению факторов, влияющих на величину остаточного давления в таре, по изучению устойчивости металлической тары действию внешнего и внутреннего давления, приведен анализ известных аналитических

решений задач устойчивости тонкостенных цилиндрических оболочек действию равномерных внешних нагрузок. Особое внимание уделено применяемым в нашей стране и за рубежом способам предупреждения вакуумной деформации.

На основании анализа литературных данных поставлены задачи исследований.

Вторая глава посвящена описанию экспериментальных стенов и методов исследований. Исследование устойчивости тары действию внешнего и внутреннего давления проводили с помощью экспериментального стенда, позволяющего создавать нагрузки на тару, аналогичные тем, которые возникают при стерилизации и охлаждении консервов и определять возникающие при этом деформации объемным методом. Изучение характера деформации концов тары при создании внутреннего избыточного давления проводили на экспериментальном стенде с помощью индикаторов часового типа ИЧ-50. Для измерения начальной нецилиндричности металлических банок был использован кругломер типа КД-290.

Изучение физических методов воздействия на термодинамические параметры паровоздушной смеси в незаполненном пространстве тары проводили на экспериментальном стенде, включающем вибратор, блок вентиляторов, автотрансформатор и блок измерительных приборов. Тепловые измерения проводились хромель-копальевыми термопарами.

Эффективность снижения в консервах густой консистенции вакуума была исследована с помощью экспериментальной установки, включающей сборник, насос, деаэризатор, в корпусе которого вакуумнасосом поддерживалось разрежение $(10...12) \pm 2$ кПа, и блока измерительных приборов. Внутри аппарата имелся конусный стекаль, при попадании на который продукт растекался тонким слоем, что позволяло интенсифицировать процесс удаления паровоздушных пузырей под вакуумом.

Основные результаты исследования Изучение устойчивости металлической тары действию равномерного внешнего давления.

При изучении устойчивости металлической тары действию равномерных внешних нагрузок, представляющих собой разность между наружным атмосферным давлением и создавшимся внутри банки при охлаждении продукта вакуумом, были экспериментально определены критические значения потери устойчивости металлических банок 13, 14 и 15.

Исследования показали, что уровень критических нагрузок зависит, прежде всего, от геометрических размеров тары, характеризующихся безразмерным параметром θ , отвечающим всевозможным относительным размерам оболочек

$$\theta = \frac{1}{h} \sqrt{\frac{R\delta_n}{2}}$$

где R , h , δ_n — соответственно, радиус, высота и толщина корпуса банки. При одной и той же толщине жести $\delta_n = 0,27$ мм наиболее устойчивой является банка 13 ($\theta = 0,0216$; $q_{cr} = 95,2 \pm 2$ кПа), затем банка 14 ($\theta = 0,0186$; $q_{cr} = 76,4 \pm 2$ кПа), самой неустойчивой — банка 15 ($\theta = 0,0152$; $q_{cr} = 26,3 \pm 2$ кПа). Диапазон критических значений нагрузок значительно расширяется при изменении толщины жести.

Величина деформаций корпусов банок, оцениваемая в ходе эксперимента по изменению внутреннего объема тары под действием внешней нагрузки также зависит от геометрических размеров. В докритической области, характеризующейся плавным уменьшением объема банок с ростом нагрузок, происходящим за счет упругой деформации концов и корпуса тары, объем банки 13 уменьшается на 30 ± 5 см³, банки 14 — на 104 ± 5 см³, банки 15 — на 285 ± 5 см³. При достижении нагрузкой критических значений переход банок к деформированному состоянию происходил скачкообразно, с образованием глубоких вмятин на боковой поверхности и резким уменьшением внутреннего объема тары: $\Delta V = 45 \pm 5$ см³ для банки 13; $\Delta V = 180 \pm 5$ см³ для банки 14; $\Delta V = 920 \pm 5$ см³ для банки 15.

Предельные значения q_{cr} могут быть рассчитаны по эмпирическим формулам, полученным при обработке экспериментальных данных, в которых критические нагрузки представлены функцией безразмерных геометрических параметров и упругих свойств материала:

$$q_{cr,13} = 50,96 \left[\frac{R}{h} \left(\frac{\delta}{R} \right)^{1/4} (1 - 0,75\theta) - 0,0375 \right] \cdot \text{кПа} \quad (1)$$

$$q_{cr,14} = 100,94 \left[\frac{R}{h} \left(\frac{\delta}{R} \right)^{1/4} (1 - 0,75\theta) - 0,0133 \right] \cdot \text{кПа} \quad (2)$$

$$q_{cr,15} = 15,46 \left[\frac{R}{h} \left(\frac{\delta}{R} \right)^{1/4} (1 - 0,75\theta) - 0,0133 \right] \cdot \text{кПа} \quad (3)$$

Отклонение значений q_{cr} , рассчитанных по формулам (1) — (3) от опытных данных составляет 5...8%.

На уровень критических нагрузок влияет также величина начальных отклонений от цилиндрической формы корпусов банок, которая, как показали эксперименты, тем больше, чем крупнее тара.

Наличие начальных отклонений порядка $10 \delta_k$ снижает устойчивость банок I4 и I5 практически вдвое.

Изучение влияния параметров фасования и консистенции продукта на величину вакуума. В результате анализа литературных данных и проведенных исследований по определению устойчивости металлической тары действию равномерного внешнего давления были определены основные факторы, влияющие на величину вакуума в банке после охлаждения, а именно: температура фасования продукта, объем незаполненного пространства, толщина жести корпуса банки.

Как показали эксперименты, превалирующее влияние на величину образующегося в таре вакуума оказывает температура фасования продукта. Определены предельно допустимые t_f , безопасные в отношении вакуумной деформации: для банок I3 (толщина корпуса $\delta_k = 0,27$ мм) $t_f = 88 \pm 2^\circ\text{C}$, для банок I4 — $t_f = 80 \pm 2^\circ\text{C}$, для банок I5, укуренных концами прямого рельефа, $t_f = 65 \pm 2^\circ\text{C}$, а при использовании концов обратного рельефа — $t_f = 75 \pm 2^\circ\text{C}$.

Влияние степени наполнения η на величину W для тары меньших размеров (банка I3) сказывается в меньшей степени, чем для крупной тары. Снижение η от 0,96 до 0,75 не влияет на изменение величины вакуума в банке I3 ($W = 78,4 \pm 2$ кПа). Для банки I4 колебания степени наполнения в пределах 0,96–0,92 уже сопровождается увеличением W на 9–15%, а аналогичное изменение η при консервировании в банке I5 вызывает увеличение W на 20%. Это обстоятельство необходимо учитывать при фасовании.

В ходе экспериментальных исследований было установлено, что при консервировании густых однородных продуктов типа фруктовых и овощных пюре, паст, величина вакуума в таре несколько выше, чем при консервировании жидких продуктов — соков, соков с мякотью. При консервировании в банке I4 томатного сока, фасованного при температуре $t_f = 96 \pm 2^\circ\text{C}$, величина W составляет $72,2 \pm 2$ кПа, а при консервировании при тех же условиях томатной пасты — $W = 81,4 \pm 2$ кПа. Причиной такого эффекта является кавитация — образование в движущемся потоке неньютоновских жидкостей паровоздушных пузырей — каверн, температура внутри которых равна температуре в центре потока. Когда продукт охлаждается в замкнутом объеме укуренной банки, каверны лопаются, образуя пустоты в массе продукта, а содержащийся в их полости водяной пар конденсируется, создавая дополнительный вакуум.

Изыскание технологических приемов предупреждения вакуумной деформации. На основе проведенных исследований влияния на величину вакуума параметров фасования продукта и его консистенции были разработаны следующие приемы снижения вакуума в таре: принудительное охлаждение паровоздушной смеси в незаполненном пространстве банки, низкочастотная вертикальная вибрация банки с продуктом перед укупчиванием, деаэрация продукта перед фасованием и создание в незаполненном пространстве начального избыточного давления, частично компенсирующего образующийся при охлаждении вакуум.

Добиться некоторого снижения величины W в банке, не изменяя при этом температуру фасования продукта, можно, уменьшая температуру паровоздушной смеси в незаполненном пространстве перед укупчиванием с помощью воздушного охлаждения. Были проведены опыты по изучению влияния принудительного охлаждения паровоздушной смеси с помощью блока вентилятора. Обдув производился потоком воздуха, направленным перпендикулярно поверхности продукта в банке при скорости воздушного потока 0,8...1,0 м/с и производительности блока 10 м³/мин. Оптимальное время обработки $\tau = 10$ с.

Температура охлаждающего воздуха колебалась в пределах $(20-25) \pm 2^\circ\text{C}$. Перед подачей на обдув воздух, забор которого происходил из окружающей среды, проходил через бактериологический фильтр. Этот прием позволяет снизить вакуум в банке I4 до $(30-37) \pm 2$ кПа и сократить число подвергшихся вакуумной деформации банок до 1,4%.

На удалении из массы густого продукта паровоздушных пузырей основаны два других технологических приема предупреждения вакуумной деформации. Один из них — низкочастотная вертикальная вибрация банки с продуктом перед укупчиванием, оптимальными параметрами которой являются частота вертикальных колебаний $n = 2,6 \text{ с}^{-1}$, экспозиция $\tau = 10$ с. Эффективность такого приема аналогична применению принудительного охлаждения паровоздушной смеси, но из-за сложности аппаратного оформления вибрационная обработка менее предпочтительна.

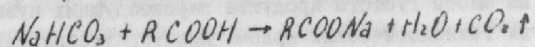
Еще одним технологическим приемом, направленным на предупреждение вакуумной деформации при консервировании в металлической таре густых по консистенции продуктов, является деаэрация продукта перед фасованием, осуществляемая при пропускании продукта тонким слоем через корпус аппарата, разрежение внутри

которого составляет $(10-12) \pm 2$ кПа. При таком разрежении охлаждения продукта, стекающего по стенкам аппарата, не происходит. Этот прием позволяет снизить вакуум при консервировании томатной пасты в банке 14 до $(22-29) \pm 2$ кПа.

Комбинирование девапоризации продукта перед фасованием с последующим охлаждением паровоздушной смеси в незаполненном пространстве тары в течение 10 с. позволило улучшить результаты, снизив величину вакуума до $9,8 \pm 2$ кПа при $t_p = 88^\circ\text{C}$ и до $19,4 \pm 2$ кПа при $t_p = 96^\circ\text{C}$ (см. рис. 1), что, несомненно, исключает возможность появления вакуумной деформации.

Р. поисках универсального метода, позволяющего предупредить вакуумную деформацию при консервировании не только густых, но и жидких продуктов, был использован прием создания тем или иным способом в незаполненном пространстве тары начального избыточного давления, которое затем частично компенсировало бы образующийся при охлаждении консервов вакуум.

С этой целью были проведены опыты с использованием CO_2 в твердом состоянии ("сухого льда"), вносимого в банку с продуктом перед укупориванием. Однако сложность дозирования и хранения непрерывно сублимирующего при комнатной температуре "сухого льда" вызвали необходимость поисков другого вещества, способного выделять инертный газ и являющегося безвредным для употребления в пищу. В качестве такого вещества был использован гидрокарбонат натрия (NaHCO_3), в результате химического взаимодействия которого с органическими кислотами продукта также выделяется углекислый газ.



При этом из 1 г/моля NaHCO_3 выделяется 44 г CO_2 . Определяя расчетным путем объем, занимаемый этим количеством углекислого газа при температуре фасования продукта $t_p = 96^\circ\text{C}$ и зная объем незаполненного пространства тары при этой температуре, были рассчитаны дозировки соды, проверенные затем экспериментальным путем (рис. 2).

Оптимальными дозами NaHCO_3 , позволяющими снизить величину вакуума в таре при внесении соды в виде порошка, являются: $g = 0,3 \pm 0,06$ г для банки 13; $g = 0,65 \pm 0,15$ г для банки 14; $g = 1,5 \pm 0,15$ г для банки 15.

При использовании этого метода предупреждения вакуумной деформации время от момента внесения NaHCO_3 в банку с продуктом

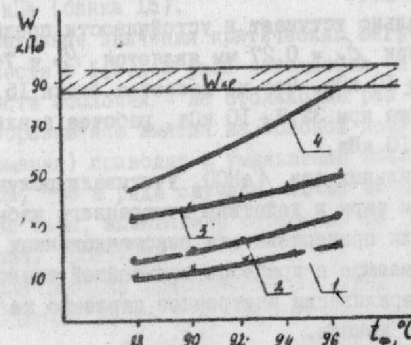
до момента ее укупоривания не должно превышать 10 с, иначе реакция произойдет в открытой таре и желаемого эффекта не будет.

Одновременно следует учесть, что передозировка NaHCO_3 может вызвать создание в таре значительного избыточного давления и привести к появлению необратимой деформации концов. Это особенно важно для продукции, подлежащей последующей пастеризации в аппаратах непрерывного действия или стерилизации в автоклавах.

Изучение устойчивости металлической тары действию внутреннего давления. При разработке метода предупреждения вакуумной деформации путем создания начального избыточного давления в укупоренной таре возникла необходимость получения данных о характере деформации крупной металлической тары под воздействием равномерного внутреннего давления, о величине критических нагрузок, ведущих к потере устойчивости.

В результате проведенных экспериментов определены критическое давление $P_{кр}$, при котором происходит потеря устойчивости концов с образованием "птичек", и рабочее давление P_p , после снятия которого концы возвращаются в исходное положение под действием упругости рельефа и возникающего в банке при охлаждении вакуума.

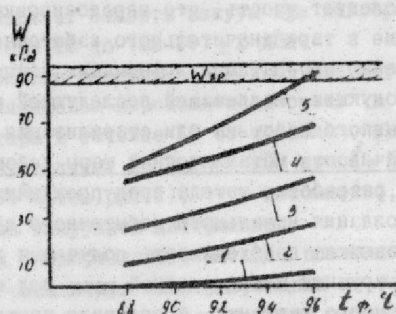
Зависимость величины вакуума в банке 14 ($\delta_k = 0,28$ мм) от температуры фасования продукта при использовании различных приемов предупреждения вакуумной деформации



1 - девапоризация продукта с последующим охлаждением паровоздушной смеси; 2 - девапоризация продукта; 3 - принудительное охлаждение паровоздушной смеси; 4 - без применения методов предупреждения вакуумной деформации.

Рис. 1

Зависимость величины вакуума в банке 14 ($\delta_k = 0,28$ мм) от температуры фасовки продукта при различных дозировках $N \text{ NaHCO}_3$



1 - $g = 1,5 \pm 0,15$ г; 2 - $g = 1,0 \pm 0,15$ г; 3 - $g = 0,65 \pm 0,15$ г; 4 - $g = 0,3 \pm 0,05$ г; 5 - $g = 0$

Рис. 2.

Наиболее устойчивой к внутреннему давлению является банка 13, для которой $P_{кр}$ при укупоривании концами обычного рельефа составляет 176 ± 10 кПа, и $P_{кр} = 143 \pm 10$ кПа в случае укупоривания концами жесткого рельефа. Рабочее давление для этой же банки составляет $P_r = 164 \pm 10$ кПа и $P_r = 132 \pm 10$ кПа в зависимости от рельефа концов.

Банка 14 значительно уступает в устойчивости предыдущей, критическим для нее при $\delta_k = 0,27$ мм является $P_{кр} = 74,3 \pm 10$ кПа, рабочим - $P_r = 62,0 \pm 10$ кПа. Что же касается банки 15, то она теряет устойчивость уже при $32,3 \pm 10$ кПа, рабочее давление составляет всего $22,0 \pm 10$ кПа.

При выборе оптимальных доз $N \text{ NaHCO}_3$ учитывали полученные данные об устойчивости тары к действию внутреннего избыточного давления, поэтому, если придерживаться рекомендованных дозировок соды, создаваемое в процессе дальнейшей тепловой обработки в процессе стерилизации внутреннее давление не вызовет необратимой деформации концов.

Результаты производственных проверок разработанных методов предупреждения вакуумной деформации. Испытаны в производственных условиях при выработке промышленных партий консервов на Одесском и Херсонском консервных заводах методы предупреждения вакуумной деформации путем лавоворизации продукта перед укупориванием с последующим принудительным охлаждением паровоздушной смеси перед укупориванием, а также путем внесения в банку с

продуктом дозы $N \text{ NaHCO}_3$.

Полученные данные оценки качества консервов, выработанных с использованием пищевой соды для снижения вакуума в таре, по показателям: титруемая кислотность, pH, цветность, питамин, минеральные вещества - свидетельствуют о том, что их качество не уступает качеству продукции, выпускаемой без применения этого приема предупреждения вакуумной деформации.

В работе приведены данные о фактическом экономическом эффекте от внедрения на Одесском и Херсонском консервных комбинатах разработанных методов предупреждения вакуумной деформации, который составляет 74,9 руб/туб. при производстве томатной пасты в банках 14 и 15.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. В тонкостенных цилиндрических оболочках, какими являются металлические консервные банки 13, 14 и 15, наполненные продуктом, фасованным при высокой температуре (порядка 80°C и выше), после укупоривания и охлаждения создается вакуум, приводящий в результате превышения атмосферного давления над внутренним к деформации боковой поверхности. В зависимости от геометрических размеров оболочек и толщины жести критические значения перепадов давлений находится в пределах: $54,3 \pm 2$ кПа (банка 13) - $26,2 \pm 2$ кПа (банка 15).

Приведенные значения критических нагрузок при увеличении толщины жести в 1,5...2 раза повышаются, а при увеличении нецилиндричности оболочек - во столько же раз снижаются.

2. Образование вмятин на боковой поверхности тары (вакуумная деформация) приводит к уменьшению объема металлической тары на 5...10%, что в ряде случаев влечет за собой фактическое переполнение тары, вызывающее нарушение её герметичности и последующую порчу продукции.

3. Для расчета критических нагрузок тонкостенных цилиндрических оболочек можно использовать следующие эмпирические уравнения:

$$\begin{aligned} q_{кр1} &= 50,96 E \frac{R}{h} \left(\frac{\delta}{R} \right)^{2,4} (1 - 0,15 \theta) - 0,0375, \text{ кПа} \\ q_{кр2} &= 100,94 E \frac{R}{h} \left(\frac{\delta}{R} \right)^{2,4} (1 - 0,15 \theta) - 0,0133, \text{ кПа} \\ q_{кр3} &= 15,46 E \frac{R}{h} \left(\frac{\delta}{R} \right)^{2,4} (1 - 0,15 \theta) - 0,0133, \text{ кПа} \end{aligned}$$

где $\theta = \frac{1}{h} \sqrt{\frac{R \delta}{2}}$ - характеризует относительные геометрические размеры оболочек.

4. На величину образующегося в консервах вакуума влияет температура фасовки продукта, степень наполнения тары, консистенция продукта.

Основным фактором, определяющим уровень создаваемых в упаковочной таре при охлаждении нагрузок, является температура фасовки продукта. Предельно допустимыми $t_{\text{ф}}$, при которых еще не наступает вакуумная деформация, являются: для банки I3 - 88°C , для банки I4 - 80°C , для банки I5 - 65°C при использовании концов с "прямым" рельефом и 75°C - с "обратным" рельефом. В случае увеличения толщины жести указанный температурный уровень повышается на $5...7^{\circ}\text{C}$.

5. Влияние степени наполнения, а значит и объема незаполненного пространства банки на величину вакуума в ней тем значительней, чем крупнее тара.

Изменение степени наполнения в пределах $\eta = 0,75...0,96$ практически не влияет на величину вакуума в банке I3, тогда как снижение η до 0,90 для банок I4 и до 0,93 для банок I5 влечет за собой увеличение вакуума на $15...20\%$.

6. При фасовании жидких и пастообразных продуктов при высоких температурах образующийся в консервах вакуум на $8...12\%$ ниже, чем в случае фасовки при тех же условиях томатной пасты. Это объясняется наличием густой массы продукта паровоздушных пузырей, температура внутри которых выше температуры паровоздушной смеси в незаполненном пространстве тары, что приводит к образованию более глубокого вакуума в процессе охлаждения продукта.

7. Предупредить вакуумную деформацию можно следующими технологическими приемами: принудительным охлаждением паровоздушной смеси в незаполненном пространстве тары, низкочастотной вертикальной вибрацией банки с продуктом перед укупориванием, деаэрированием продукта под вакуумом и созданием в незаполненном пространстве банки перед укупориванием начального избыточного давления, частично компенсирующего образующийся вакуум.

Принудительное охлаждение паровоздушной смеси осуществляется путем обдува расфасованного в тару продукта потоком воздуха, направляемым перпендикулярно его поверхности в течение 10 с при скорости воздушного потока $0,8...1,0$ м/с и температуре воздуха $18...25^{\circ}\text{C}$. Перед подечет на обдув воздух, забор которого производится из окружающей среды, проходит через бактериологические фильтры. Этот прием позволяет снизить вакуум в банке I4 при кон-

сервировании томатной пасты до $35,8 \pm 2$ кПа и сократить число подвергшийся вакуумной деформации банок на $1,4\%$.

8. Оптимальными параметрами низкочастотной вертикальной вибрации являются: экспозиция $\tau = 10$ с, частота вертикальных колебаний $M = 2,6 \text{ с}^{-1}$.

Эффективность этого приема аналогична предыдущему, но из-за сложности аппаратного оформления вибрационная обработка менее предпочтительна.

9. Деаэризация продукта под вакуумом осуществляется при пропускании его тонким слоем через аппарат, в корпусе которого поддерживается разрежение $(10...12) \pm 2$ кПа. Метод позволяет снизить вакуум при консервировании томатной пасты в банке I4 до $26,7 \pm 2$ кПа, а совместное применение деаэризации с последующим принудительным охлаждением паровоздушной смеси - до $(10...16) \pm 2$ кПа, надежно предупреждая возникновение вакуумной деформации.

10. Наиболее универсальным методом, пригодным для консервирования как жидких продуктов (типа натуральных соков, соков с мякотью), так и густых продуктов (типа плодовых и овощных пюре, паст) является создание в незаполненном пространстве тары начального избыточного давления путем внесения в банку с продуктом порции укупориванием газообразующего вещества - натрия двууглекислого - NaHCO_3 (пищевой соды), при химическом взаимодействии которого с продуктом выделяется CO_2 , давление которого частично компенсирует образующийся при охлаждении продукта вакуум.

Оптимальными дозами, позволяющими надежно предупредить вакуумную деформацию при внесении порошкообразного NaHCO_3 в банку с продуктом не более, чем за 10 с до ее укупоривания, являются: $g = 0,3 \pm 0,05$ г для банки I3, $g = 0,65 \pm 0,15$ для банки I4, $g = 1,5 \pm 0,15$ г для банки I5. Важно соблюдать точность дозирования NaHCO_3 в указанных пределах, так как при недостаточном количестве соды снижение вакуума в банке незначительно, а при ее избытке может возникнуть перевес внутреннего давления над наружным, вызвав деформацию концов.

II. Включены в действующую технологическую инструкцию по производству концентрированных томатных продуктов и томатного сока, утвержденную Минплодоовощхозом СССР 10.07.85 г. и испытанные в производственных условиях методы предупреждения вакуумной деформации путем внесения NaHCO_3 в банку перед укупориванием, а также деаэризации продукта под вакуумом с последующим принудительным охлаждением паровоздушной смеси в незаполненном пространстве тары перед укупориванием.

12. Применение изложенных методов предупреждения вакуумной деформации позволит устранить брак готовой продукции, вызванный этим явлением, улучшить ее товарный вид и получить практически без дополнительных затрат экономический эффект в размере 74,9руб. на тысячу условных банок.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. А.с.957843 СССР МКИ³ А2313/00. Способ консервирования в металлической таре пищевых продуктов (Б.Л.Флауменбаум, Ф.И.Коган, О.В.Непомнящий, О.М.Шаповалова, (СССР) - : 3213474/28-13. Заявл. 04.12.80; Опубл.15.09.82, Бюл.№ 34.

2. Предупреждение вакуумной деформации крупной металлической тары (Б.Л.Флауменбаум, В.И.Сторожук, Ф.И.Коган, О.М.Шаповалова //Консервная и овощесушильная промышленность. 1982, № II, - С.28-29.

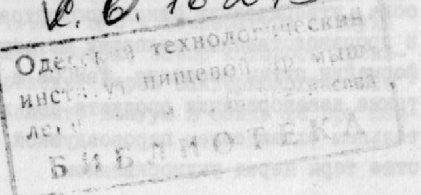
3. Разработка и исследование технологических приемов предупреждения вакуумной деформации при консервировании в металлической таре/Б.Л.Флауменбаум, Ф.И.Коган, О.М.Шаповалова, А.В.Склярченко//Материалы респ.науч.конф.мол.ученых, посвящ.60-летию Сов. Грузии. - Тбилиси, 1981. -С.51-55.

4. Флауменбаум Б.Л. д-р.Предупреждение вакуумной деформации при консервировании пищевых продуктов в металлической таре /Б.Л.Флауменбаум, В.И.Сторожук, О.М.Шаповалова.//Тезисы докл., предст.на Всесоюз.науч.-техн. конф.по вопросам теории и практики стерилизации и пастеризации пищ.продуктов. -Махачкала,1981. - С.82-83.

5. Шаповалова О.М. Предупреждение вакуумной деформации при консервировании концентрированных томатпродуктов в металлической таре.//Материалы межд.науч.-техн.конф.мол.ученых по состоянию и перспективам мало- и безотходной технологии и использованию вторичных материальных ресурсов. - Тбилиси, 1985. - С.76-78.

Анатолий

в. б. 16 243



БРО3234 Подля печати 21.04.88г. Формат 80x84 1/16.
Объем 0,8уч.изд. 1,0пл. Заказ № 2499. Тираж 100экз.
Гор.полиграфия Одесского облполиграфиздата, лех №3.
Ленина 49.