

**Левшенко М.Т., с.н.с., Каневский Б.Л., к.т.н., в.н.с**  
ВНИИТеК – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН  
(Россия, г. Видное)

## **ОПТИМИЗАЦИЯ РАСЧЕТА ТРЕБУЕМОЙ ЛЕТАЛЬНОСТИ МИКРООРГАНИЗМОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ РЕЖИМОВ СТЕРИЛИЗАЦИИ И ПАСТЕРИЗАЦИИ ГОМОГЕННЫХ ФРУКТОВЫХ КОНСЕРВОВ**

*Аннотация. Безопасность и качество консервов, наряду с качеством сырья, обеспечивается надлежащими режимами стерилизации и пастеризации. Тепловая стерилизация в автоклавах остается наиболее распространенной и эффективной технологией, применяемой для консервированных продуктов питания. В работе рассматриваются факторы, влияющие на результаты аналитического расчета требуемой летальности на основе исходных качеств консервируемой продукции и данных о термоустойчивости микроорганизмов, возбудителей порчи этой продукции. Рассматриваемый метод расчета базируется на численном решении уравнения и является легко доступным для практического применения. Методика предназначена для консервируемой продукции, в частности для гомогенных консервов детского питания, в которой используются стерилизованные заготовки продуктов. Рассчитанные и адаптированные под особенности конкретных фруктовых полуфабрикатов величины требуемой летальности на основе рассматриваемых параметров позволяют оптимизировать режимы стерилизации и пастеризации гомогенных фруктовых консервов.*

*Ключевые слова: требуемая летальность, фруктовые консервы, оптимизация режимов стерилизации и пастеризации.*

**M.T. Levshenko, Senior Researcher, B.L. Kanevsky, Candidate of Technical Science,  
Leading Researcher**

All-Russian Scientific Research Institute of Preservation Technology – Branch of the V.M. Gorbato  
v Federal Research Center of Food Systems of RAS, Vidnoe, Russia

## **CALCULATION OPTIMIZATION OF MICROORGANISMS REQUIRED LETALITY AT THE STERILIZATION AND PASTERIZATION REGIMES DEVELOPMENT OF HOMOGENEOUS FRUIT PRESERVES**

*Annotation. The safety and quality of preserves, along with the quality of raw materials, is provided by proper sterilization and pasteurization regimes. Thermal sterilization in autoclaves remains the most common and effective technology, used for preserves. The paper considers factors, that effect on the results of the analytical calculation of the required lethality, based on the initial qualities of the canned products and data on the microorganisms heat resistance, the spoilage causative agents of these products. The considered calculation method is based on the numerical solution of the equation and is easily accessible for practical application. The method is intended for canned products, in particular for homogenous preserved baby food, in which sterilized products are used. The values of required lethality calculated and adapted to the specific features of specific fruit semi-finished products on the basis of the parameters under consideration allow to optimize the sterilization and pasteurization regimes of homogeneous fruit preserves.*

*Key words: required lethality, fruit preserves, sterilization and pasteurization optimization regimes.*

Целью настоящего исследования являлось уточнение влияния параметров микробиологической обсемененности сырья и методов расчета с учетом распределения микроорганизмов - возбудителей порчи в консервируемом продукте, на величину требуемой летальности при разработке научно обоснованных режимов процесса стерилизации и пастеризации гомогенной фруктовой продукции с целью обеспечения ее качества и безопасности.

Безопасность и качество консервов, наряду с качеством сырья, обеспечивается надлежащими режимами стерилизации и пастеризации. Тепловая стерилизация в автоклавах остается наиболее распространенной и эффективной технологией, применяемой для консервированных продуктов питания. Стерилизация – основной и завершающий процесс при производстве консервной продукции, от параметров проведения которого зависит не только качество и безопасность вырабатываемой продукции, но и экономические показатели производства консервов. Параметры режимов термической обработки консервов (температура и продолжительность) устанавливаются в первую очередь на основании расчета выживаемости наиболее термоустойчивых спор микроорганизмов, опасных для здоровья людей, и основных возбудителей порчи данного вида консервов. Некорректно разработанный режим стерилизации с одной стороны может привести к тому, что в исходном продукте будут уничтожены не все вредоносные микроорганизмы, а с другой стороны, излишне завышенный режим стерилизации может привести к существенному разрушению основных питательных компонентов продукта и к удорожанию выработанного продукта.

После ряда отравлений ботулинической этиологии от плодоовощных консервов в 1975 году ВНИИКОПом (сейчас ВНИИТеК) совместно с другими институтами было разработано и утверждено «Руководство по разработке режимов стерилизации и пастеризации консервируемой продукции» [1]. В «Руководстве...» даны методики расчетов и проведения экспериментальных исследований, необходимых при разработке режимов стерилизации и пастеризации продуктов.

В консервной промышленности стерилизация пищевого продукта носит условный характер, так как после термической обработки споры микроорганизмов в продукте уничтожаются не полностью, а уничтожаются только микроорганизмы - возбудители порчи и пищевых отравлений, т.е. достигаются требования промышленной стерильности консервов [2].

Экспериментально установлено, что гибель популяции клеток и спор микроорганизмов в продукте при нагревании происходит не мгновенно, и если в полулогарифмической системе координат изобразить этот процесс (продолжительность нагрева — число оставшихся жизнеспособных спор), то на определенном участке он, примерно, изобразится прямой линией. В этом случае скорость отмирания клеток или спор ( $K$ ) определяется известным уравнением Аррениуса, используемого для расчета скорости химических реакций [3]:

$$K = \frac{2,303}{\tau} (\lg N_0 - \lg N_\tau), \quad (1)$$

где  $\tau$  - продолжительность нагрева;  $N_0$  - начальное число спор микроорганизмов в определенном объеме продукта;  $N_\tau$  - число оставшихся жизнеспособных спор микроорганизмов после нагрева в течение определенного времени.

Если в преобразованном уравнении (1) обозначить фактор  $2,303/K$  через коэффициент  $D_T$ , то скорость отмирания микроорганизмов  $D_T$  (Decimal reduction time) можно представить в виде времени в минутах, при котором популяция выживших микроорганизмов сокращается в 10 раз, т.е. 90 % имевшихся микроорганизмов и их спор погибает [2].

Так как стерилизация консервов представляет собой процесс постепенного прогрева продуктов, то микрофлора испытывает на себе влияние различных температур, поэтому летальный эффект режима стерилизации на микроорганизмы и их споры является суммарным действием температур, которым подвергаются продукты при нагреве до заданной температуры, выдержке при этой температуре (собственно стерилизации) и в начале охлаждения.

Для практических целей началом летального действия на спорообразующие микроорганизмы в продуктах с низкой кислотностью считают 80 °С, а в продуктах с высокой кислотностью – 60 °С [2].

Чтобы оценить влияние переменных температур в процессе прогрева продукта на микроорганизмы, его приводят к действию одной базисной температуры. При графическом выражении зависимости между логарифмами  $D_T$ , полученными при разных температурах, и температурами нагревания можно получить еще одну характеристику термоустойчивости тест-культуры – температурную чувствительность, обозначаемую « $z$ ». Она характеризует изменение термоустойчивости  $D_T$  в зависимости от температуры нагревания. Величина  $z$  выражает количество градусо-часов, необходимое для изменения величины  $D_T$  в 10 раз [2].

Требуемую летальность термической обработки консервов  $F_T^z$  рассчитывают в условных минутах базисной температуры. Эта нормативная величина является мерой тепловой обработки, определяемая как эквивалент тепловой обработки при базисной температуре  $T_0$ , обеспечивающая гибель определенного количества клеток и спор микроорганизмов в консервируемом продукте. Обозначается как  $F_T^z$  - требуемая летальность термического процесса для консервов, прогреваемых при температуре 100°С и выше, и  $A_T^z$  - требуемая летальность термического процесса для консервов, прогреваемых при температуре ниже 100°С. Базисной температурой для расчёта  $F_T^z$  большинства консервируемых продуктов с pH  $\geq 4,2$  служит 121,1°С, для консервов с pH  $< 4,2$  - 80°С [4].

Исходя из формулы кинетики отмирания спор микроорганизмов, при экспоненциальном порядке отмирания микроорганизмов, выведена формула расчета требуемой летальности процесса стерилизации консервов в модификации по Стамбо [3]:

$$F_T^z = D_T \left( \lg \frac{C_0 \cdot V \cdot 100}{S} + x \right), \quad (2)$$

где  $C_0$  – начальная концентрация спор (клеток) тест-микроорганизма в 1 мл (г) продукта перед стерилизацией,  $V$  – число мл (г) продукта в единице упаковки,  $S$  – допустимый процент бактериологического брака в партии консервов,  $x$  – поправочный коэффициент для аппроксимирования кривой выживаемости экспоненциальной прямой.

Методика расчета требуемой летальности для продуктов, находящихся в емкостях различного размера и формы, в соответствии с «Руководством...» основывается на концепции «наименее прогреваемой точки». Согласно этой концепции, при стерилизации упакованной продукции определяется зона в объеме, где величина летальности достигает минимального значения. При этом справедливо предполагают, что если инактивация микроорганизмов произойдет в этом объеме, то и подавно инактивируются микроорганизмы и их споры во всем остальном объеме продукта. Однако, в соответствии с формулой расчета требуемой летальности по «Руководству...», предполагается, что все микроорганизмы и их споры сосредоточены в этой «наименее прогреваемой точке».

Подобный подход игнорирует важные обстоятельства. Микроорганизмы распределены равномерно в гомогенном и гомогенизированном продукте. Слои продукта, расположенные ближе к поверхности нагрева, прогреваются существенно быстрее, чем в «наименее прогреваемой точке». По мере приближения к поверхности нагрева возрастает доля объема продукта, приходящаяся на данный слой продукта, по сравнению с объемом продукта в «наименее прогреваемой точке».

Так как в гомогенных продуктах распределение спор можно считать с большой вероятностью равномерным в соответствии с распределением Пуассона, то считать, что все споры сконцентрированы в наименее прогреваемой точке представляется необоснованным [5]. Это говорит о том, что летальность в «наименее прогреваемой точке» не может являться объективной характеристикой условий инактивации спор микроорганизмов при стерилизации гомогенных фруктовых консервов. В связи с этим нами использован термин «ограниченный

объем», в соответствии с которым учитывается количество спор микроорганизмов не во всем объеме банки с продуктом, а в этом ограниченном объеме вокруг наименее прогреваемой точки.

Ограниченный объем ориентировочно можно определить на основе модели расчетов полей температуры в продукте в процессе теплопереноса при стерилизации консервов [6].

Оптимальным из всех способов заготовки полуфабрикатов является способ асептического консервирования. Однако разработка режимов стерилизации консервируемых продуктов из асептического сырья не регламентирована. Поэтому необходимо рассмотреть влияние начального количества обсемененности асептического сырья перед стерилизацией на величину требуемой летальности консервов.

Режимы стерилизации в основном рассчитаны с учетом выработки консервов для детского питания из натуральных продуктов, обсемененность этих продукта спорами мезофильных микроорганизмов перед стерилизацией составляла 1-5 спор на 1 см<sup>3</sup> (г). Однако в настоящее время большинство предприятий при производстве консервов для детского питания используют промышленно стерильные концентрированные полуфабрикаты, обсемененность которых можно считать менее 0,1 спор на 1 см<sup>3</sup> (г). Естественно при расчете требуемой летальности нужно учитывать обсемененность добавляемых компонентов.

Для определения влияния значений различных факторов (начальная обсемененность продукта перед термообработкой и учитываемый объем продукта) при расчете летальности режимов, нами взят за основу из «Руководства...» пример расчета  $A_T^z$  для консервов детского питания «Неженка» в стеклянной банке.

Возбудителем порчи консервов «Неженка» является спорообразующий микроорганизм *Bacillus polymyxa*, результаты определения термоустойчивости спор ( $D_{80}$ ) которого составляла: при величине рН продукта 4,0 – 52,3 мин, при величине рН продукта 4,2 – 85,1 мин и при величине рН продукта 4,4 – 87,7 мин. Величина  $z$  равнялась 10 °С. Требуемый стерилизующий эффект  $F$  по показателям термоустойчивости спор *B. polymyxa* рассчитывали, исходя из начальной контаминации продукта 0,1; 1 или 5 спорами на 1 см<sup>3</sup>.

Было проверено, насколько изменяется полученная величина требуемой летальности, если обсемененность продукта рассчитывать на весь объем банки в соответствии с действующей методикой, или с учетом «ограниченного объема», принятого нами в размере 20 % от объема банки [7].

С учётом допустимого брака  $S=2$ , поправки  $x=1$ , по формуле (2) определяли значения требуемой летальности. Полученные результаты расчетов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты определения требуемой летальности режима термической обработки консервов «Неженка»

Исходные данные			Требуемая летальность		
рН	$D_{80}^{10}$	$C_0$	A (100%), мин, на 100% объема банки	A (20%), мин, на 20% объема банки	$\frac{A(20\%)}{A(100\%)}, \%$
4	52,3	0,1	193	157	81
4,2	85,1		315	255	
4,4	87,7		324	263	
4	52,3	1	246	209	85
4,2	85,1		400	340	
4,4	87,7		412	351	
4	52,3	5	282	246	87
4,2	85,1		459	400	
4,4	87,7		473	412	

Если считать наименее прогреваемый объем равным 20 % объема тары, то из приведенных в таблице данных следует, что рассчитанная величина требуемой летальности меньше в среднем на 15 % по сравнению с полученной требуемой летальностью, рассчитанной на полный объем банки.

Расчет требуемой летальности с учетом начальной обсемененности, показал, что если принять значение требуемой летальности, полученную с учетом зараженности продукта перед стерилизацией 1 спорой на 1 см<sup>3</sup>, за 100%, то требуемая летальность при учете обсемененности продукта 0,1 спорой на 1 см<sup>3</sup> может быть снижена в среднем на 15-20%, а при обсемененности продукта 5 спорами на 1 см<sup>3</sup> – должна быть увеличена в среднем на 15 %.

Учет небольшой обсемененности сырья при выработке консервов из промышленно стерильных полуфабрикатов даст возможность уменьшить режимы стерилизации консервов на 5-10 %. Поэтому во ВНИИТеКе проводятся исследования с целью проверки возможности снижения требуемой летальности режимов стерилизации для консервов, изготовленных из полуфабрикатов асептического консервирования, т.е. из промышленно стерильных продуктов.

Однако при учете обсемененности сырья перед стерилизацией должны учитываться и те микроорганизмы, которые могут попасть в продукт при использовании различных дополнительных компонентов рецептуры (сахара, соли, круп и других) [8].

Следует иметь в виду, что требуемая летальность рассчитывается с учетом термостойкости тест микроорганизмов. В соответствии с ТР ТС 023/2011 для режимов консервов из абрикосов, персиков и груш с рН выше 3,8 величина требуемой летальности должна была обеспечить гибель спор *C. botulinum* [9]. Однако, с учетом новых экспериментальных данных, в этих консервах происходит не развитие, а гибель спор *C. botulinum* [10]. Поэтому при определении требуемой летальности режимов стерилизации (пастеризации) этих консервов необходимо использовать параметры  $D_{80}$  менее термостойчивых тест-культур - споры плесневых грибов *Aspergillus fischeri* или *Byssoschlamys nivea*, как для обычных фруктовых консервов. Снижение режимов тепловой обработки приведёт к улучшению органолептических показателей консервов из абрикосов, персиков и груш и уменьшению затрат на их производство.

Заключение.

Переход на новые принципы расчета требуемой летальности для режимов стерилизации и пастеризации гомогенных фруктовых консервов может привести к снижению «запаса прочности» разрабатываемых режимов. Поэтому режимы стерилизации должны разрабатываться в строгом соответствии с существующим «Руководством...» и включать все этапы – выбор и определения параметров термостойчивости спор тест-культуры, т.е. определения кинетических параметров гибели микроорганизмов в конкретном продукте и определение теплофизических свойств продукта. Должна проводиться и лабораторная проверка разрабатываемых режимов «биологическим методом», т.е. с выработкой опытных партий консервов, предварительно зараженных спорами тест-культур. Разработка новых режимов должна производиться индивидуально для предприятия с учетом имеющегося оборудования, начальной обсемененности консервируемого сырья и санитарного состояния предприятия.

Рассмотренный в работе способ определения требуемой летальности позволит более точно устанавливать режимы процессов стерилизации и пастеризации гомогенных фруктовых консервируемых продуктов в промышленных автоклавах. Представленный метод является легкодоступным для практического применения.

Обеспечить использование в питании детей пюре и соков в необходимом количестве в течение всего года возможно только путем заготовки высококачественных полуфабрикатов. Оптимальным из всех способов заготовки полуфабрикатов является способ асептиче-

ского консервирования. Однако разработка режимов стерилизации консервируемых продуктов из асептического сырья не регламентирована, что затрудняет оптимизацию этих режимов.

#### Список литературы

1. Руководство по разработке режимов стерилизации и пастеризации консервируемой продукции. ГНУ ВНИИКОП, 2011г, 52 с.
  2. В.П. Бабарин, Н.Н. Мазохина-Поршнякова, В.И.Рогачев. Справочник по стерилизации консервов. М., Агропромиздат,1987, 271 стр.
  3. Muhammad Aamir, Mahmoudreza Ovissipour, Shyam S. Sablani, and Barbara Rasco Predicting the Quality of Pasteurized Vegetables Using Kinetic Models: A Review. International Journal of Food Science, Volume 2013 (2013), 29 p.
  4. Мазохина-Поршнякова Н.Н. Подавление возбудителей ботулизма в пищевых продуктах. – М.: Агропромиздат, 1989, 176 с.
  5. Мейнел Дж., Мейнел Э. Экспериментальная микробиология М.: Мир, 1967, 344 с.
  6. Абакаров А.Ш., Филиппович В.П. Диалоговая система для нахождения переменных режимов стерилизации консервов. Фундаментальные основы и передовые технологии в пищевой и перерабатывающей промышленности. Сб. науч. трудов 6-ой конф. молодых ученых и специалистов институтов Отделения хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, Видное. 2012, с. 8-11.
  7. Бабарин В.П. Тепловая стерилизация плодоовощных консервов. Теория и практика. Автореферат диссер. доктора техн. наук. Москва 1994 г, 66 с.
  8. Мазохина-Поршнякова Н.Н., Найдёнова Л.П., Николаева С.А., Розанова Л.И. Анализ и оценка качества консервов по микробиологическим показателям. М.: Пищевая промышленность. 1977, 471с.
  9. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 023/2011 «Технический регламент на соковую продукцию из фруктов и овощей». – Утв. 09.12.2011 г. № 882. – М., 2012
  10. Волкова Р.А., Позднякова Т.А., Левшенко М.Т. Исследование возможности развития спор *Clostridium botulinum* во фруктовых консервах из персиков, абрикосов и груш. Вестник Крас ГАУ. 2018. № 2. С. 129-136.
-