






Исследование термоустойчивости аскоспор *Aspergillus (Neosartorya) fischeri* в зависимости от концентрации растворимых сухих веществ в яблочном соке






Владимир В. Кондратенко ¹	nauka@vniitek.ru	 0000-0002-0913-5644
Марина В. Тришканева ¹	labnta@vniitek.ru	 0000-0002-4444-0716
Михаил Т. Левшенко ¹	lev-mika@yandex.ru	 0000-0002-7667-797X
Тамара А. Позднякова ¹	pozdneykova@vniitek.ru	 0000-0003-4080-9309
Анастасия Ю. Колоколова ¹	aykolokolova@yandex.ru	 0000-0002-9816-1720

¹ Всероссийский НИИ технологии консервирования - филиал ФГБНУ "Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова" РАН, ул. Школьная 78., Видное, 142703, Россия

Аннотация. Кинетические исследования термической инактивации спор тест-культур необходимы для разработки оптимальных режимов тепловой обработки фруктовых соков. Цель работы – изучить динамику изменения параметров термоустойчивости D_T и z в зависимости от изменения содержания растворимых сухих веществ в консервированной продукции из фруктов на примере отдельных видов соковой продукции из яблок с величиной pH 3,80. Изучена закономерность термической инактивации аскоспор мезофильной плесени *Aspergillus fischeri* в концентрированном яблочном соке (ЯКС) с содержанием растворимых сухих веществ (РСВ) 70%, в восстановленном яблочном соке с РСВ – 11,2% и в восстановленном яблочном соке с мякотью с РСВ – 16%. Параметры термоустойчивости определяли капиллярным методом при температурах 80, 85, 90 и 95 °С. Экспериментально установлено, что термоустойчивость спор *A. fischeri* в осветленном яблочном соке составила $D_T 95\text{ °C} = 0,16$ мин, а величина параметра $z = 6,76\text{ °C}$, в яблочном соке с мякотью параметры: $D_T 95\text{ °C} = 0,24$ мин, $z = 7,12\text{ °C}$, в ЯКС – $D_T 95\text{ °C} = 0,39$ мин, а $z = 7,8\text{ °C}$. Установлена динамика параметров термоустойчивости D и z спор плесневого гриба *A. fischeri* (тест-культуры) от концентрации РСВ соковой продукции. Результаты исследований показали, что с ростом концентрации РСВ экспоненциально растет термоустойчивость спор. Темп нарастания термоустойчивости снижается с увеличением концентрации РСВ. Поскольку концентрация РСВ влияет на реологические свойства продукции (вязкость), это приводит к изменению кинетики прогрева у продуктов с конвекционным теплообменом. Следовательно, рост концентрации РСВ неизбежно должен приводить не только к увеличению термоустойчивости спор микроорганизмов, но и смещению области оптимальных режимов тепловой обработки продуктов в сторону увеличения термической нагрузки для обеспечения нормативных требований микробиологической безопасности.

Ключевые слова: яблочный сок, параметры термоустойчивости D и z , аскоспоры *A. fischeri*, прогрев в капиллярах, требуемая детальность, пастеризация, концентрация растворимых сухих веществ

Study of thermal stability of ascospores *Aspergillus (Neosartorya) fischeri* depending on the concentration of soluble solids in apple juice

Vladimir V. Kondratenko ¹	nauka@vniitek.ru	 0000-0002-0913-5644
Marina V. Trishkaneva ¹	labnta@vniitek.ru	 0000-0002-4444-0716
Michail T. Levshenko ¹	lev-mika@yandex.ru	 0000-0002-7667-797X
Tamara A. Pozdneykova ¹	pozdneykova@vniitek.ru	 0000-0003-4080-9309
Anastasiya Yu. Kolokolova ¹	aykolokolova@yandex.ru	 0000-0002-9816-1720

¹ All-Russian Research Institute of Canning Technology – Branch of the Federal Scientific Center of Food Systems named after V.M. Gorbato of RAS, Shkol'naya str., 78, Vidnoe, 142703, Russia

Abstract. Kinetic studies of the thermal inactivation of test crop spores are necessary to develop optimal heat treatment regimes for fruit juices. The purpose of the work is to study the dynamics of changes in the thermal stability parameters D_T and z depending on changes in the soluble solids content in canned fruit products using the example of certain types of apple juice products with a pH of 3.80. The regularity of thermal inactivation of ascospores of the mesophilic mold *Aspergillus fischeri* in concentrated apple juice (JAC) with a soluble dry matter (RSV) content of 70%, in restored apple juice with RSV – 11.2%, and in restored apple juice with pulp with RSV – 16% was studied. The parameters of thermal stability were determined by the capillary method at temperatures of 80, 85, 90, and 95 °C. It was experimentally established that the heat resistance of *A. fischeri* spores in clarified apple juice was $D_T 95\text{ °C} = 0.16$ min, and the parameter value $z = 6.76\text{ °C}$, in apple juice with pulp parameters: $D_T 95\text{ °C} = 0.24$ min, $z = 7.12\text{ °C}$, in YaKS – $D_T 95\text{ °C} = 0.39$ min, and $z = 7.8\text{ °C}$. The dynamics of thermal stability parameters D and z of *A. fischeri* mold fungus spores (test cultures) versus RSV concentration of juice products was established. The research results showed that with an increase in the concentration of RSV, the thermal stability of spores increases exponentially. The rate of increase in thermal stability decreases with increasing concentration of RSV. Since the concentration of RSV affects the rheological properties of the product (viscosity), this leads to a change in the kinetics of heating in products with convection heat transfer. Therefore, an increase in the concentration of RSV should inevitably lead not only to an increase in the thermal stability of spores of microorganisms, but also to a shift in the region of optimal modes of heat treatment of products toward an increase in the thermal load to ensure regulatory requirements for microbiological safety.

Keywords: ionizing radiation, resistance of microorganisms, test-culture, pathogenic and opportunistic microorganisms

Для цитирования

Кондратенко В.В., Тришканева М.В., Левшенко М.Т., Позднякова Т.А., Колоколова А.Ю. Исследование термоустойчивости аскоспор *Aspergillus (Neosartorya) fischeri* в зависимости от концентрации растворимых сухих веществ в яблочном соке // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 3. С. 91–92. doi:10.20914/2310-1202-2019-3-91-92

For citation

Kondratenko V.V., Trishkaneva M.V., Levshenko M.T., Pozdneykova T.A., Kolokolova A.Yu. Study of thermal stability of ascospores *Aspergillus (Neosartorya) fischeri* depending on the concentration of soluble solids in apple juice. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 3. pp. 91–92. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-3-91-92

Введение

Яблочный сок является основой большого ассортимента соковой продукции. Безопасность и качество консервированной соковой продукции обеспечивается качеством сырья и надлежащими режимами стерилизации и пастеризации [1, 2].

Одним из основных критериев разработки режимов стерилизации консервов является термоустойчивость спор микроорганизмов. На устойчивость спор микроорганизмов в обрабатываемых продуктах влияют различные факторы: кислотность, величина рН, активная влажность продукта, содержание сахаров, содержание растворимых сухих веществ (РСВ), белков и другие факторы [3, 4]. Физико-химический состав соковой продукции из фруктов характеризуется высоким содержанием фруктовых (органических) кислот, сахаров (глюкоза, фруктоза, сахароза), аминокислот. Содержание РСВ в соковой продукции зависит от ее вида.

Термоустойчивость споровой микрофлоры относительно различных концентраций фруктовых кислот в соковой продукции установлена [5] и в настоящее время используется при расчётах режимов тепловой обработки. Однако влияние концентраций РСВ на термоустойчивость спор плесневых грибов в консервированной продукции, в том числе в соковой, изучено мало. Известно, что различные концентрации РСВ влияют на устойчивость вегетативной микрофлоры [6–8]. Данный механизм ингибирования возможен и для споровой микрофлоры, что было исследовано в настоящей работе.

Параметры режимов тепловой обработки консервов (температура и продолжительность) устанавливаются на основании расчета выживаемости наиболее термоустойчивых спор микроорганизмов, опасных для здоровья людей, и основных возбудителей порчи данного вида консервов [10]. Требования к содержанию плесневых споробразующих грибов, наиболее часто являющихся источником заражения готовой соковой продукции [11, 12], установлены в техническом регламенте. Среди тест-культур, используемых для целей разработки режимов тепловой обработки соковой продукции, наиболее часто используют споры плесневых грибов *A. niger* [13], споры термоустойчивой плесени *Byssoschlamys fulva* [14, 15] и споры *A. fischeri* [16, 17]. В данном исследовании в качестве тест-культуры выбран штамм *A. fischeri*.

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 может быть аппроксимирован линейной функцией [18]. В этом случае скорость отмирания клеток или спор (K) определяется уравнением Аррениуса, используемого для расчета скорости химических реакций [19]:

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

где τ – продолжительность нагрева; N_0 – начальное число спор микроорганизмов в определенном объеме продукта; N_τ – число оставшихся жизнеспособных спор микроорганизмов после нагрева в течение определенного времени.

В преобразованном уравнении (1) обозначим фактор $2,303/K$ через параметр D_T – продолжительность обработки, необходимая для снижения концентрации микроорганизмов на один порядок.

При разработке тепловых параметров стерилизации и пастеризации продуктов находят термоустойчивость спор тест-культуры в исследуемом продукте с целью определения параметров их термоустойчивости D_T и z °С, которые характеризуют изменение величины термоустойчивости спор микроорганизмов в зависимости от температуры и времени нагревания [20].

Величину параметра D_T рассчитывают на основании экспериментальных данных прогревов спор тест-культуры в продукте в изотермических условиях при различных температурах и временных экспозициях с последующим расчетом величины параметра z .

Содержание общей кислотности яблочного сока обычно составляет 0,3–1,2%, что соответствует величине рН продукта менее 4,0. Величина рН сока, в том числе концентрированного, полученного из большинства сортов яблок, менее 3,8 [17]. Поэтому влияние концентрации растворимых сухих веществ на термоустойчивость спор *A. fischeri* в разных видах яблочных соков исследовалось при величине рН продукта 3,80.

Цель работы изучить динамику изменения параметров термоустойчивости D и z в зависимости от изменения содержания растворимых сухих веществ в соковой яблочной продукции при величине рН продукта 3,80.

Материалы и методы

В качестве объекта исследования была выбрана соковая продукция из яблок, выработанная на российских предприятиях, с различным

содержанием растворимых сухих веществ: концентрированный сок яблочный (ЯКС) с содержанием растворимых сухих веществ 70% Вrix, восстановленный осветленный сок яблочный с содержанием растворимых сухих 11,2% Вrix и сок яблочный с мякотью и сахаром, содержащий 16% Вrix, массовая доля мякоти в этом соке составляла 18,5%. Образцы яблочного сока соответствовали НТД.

Массовую долю растворимых сухих веществ в образцах соковой продукции определяли на рефрактометре японской фирмы «Atago CO., LTD» по ГОСТ.

Величину pH продукта 3,80 устанавливали путем прямого подкисления или подщелачивания. При этом непосредственно в сок при перемешивании добавляли растворы гидроксида натрия концентрацией 100 г/дм³ или лимонной кислоты концентрацией 200 г/дм³ до достижения нужной величины pH продукта [22]. Величину pH определяли в продукте потенциометрическим методом с использованием pH метра «HANNA pH 211» (Румыния). Подготовку прибора и измерение величины pH проводили в соответствии с НТД [21]. Суммарная погрешность определения pH этим прибором не более ±0,05 в диапазоне от 2 до 9 единиц при температуре измеряемых образцов и окружающей среды от 15 до 60 °С.

Параметры термоустойчивости спор изучали с использованием музейной культуры микроорганизмов ВНИИТеК штамм *A. fischeri* W ВКМ G-83. Аскоспоры культуры *A. fischeri* получали в соответствии с НТД. Споры тест-штамма накапливали в посевах на сусло-агаре на чашках Петри. Чашки с твердой питательной средой инокулировали 2–3 каплями взвеси созревших конидий в стерильной воде. Посевы активно растущей культуры термостатировали 10–14 сут при 30 °С, выдерживали 20 сут при комнатной температуре. Непосредственно перед использованием образовавшиеся споры смывали с поверхности чашек 10–15 см³ фосфатного буфера с pH 4,0. Затем полученную спорную суспензию для отделения спор от фрагментов мицелия фильтровали через стерильные воронки с ватно-марлевым фильтром.

Термоустойчивость спорной суспензии тест-культуры *A. fischeri* определяли в растворе 0,1 М фосфатного буфера с pH 4,0. Раствор фосфатного буфера использовался в качестве среды для определения контрольной термоустойчивости выбранного штамма тест-культуры микроорганизма.

Титр спорных суспензий устанавливали высевом соответствующих разведений на твердую питательную среду сусло-агар по НТД как средневзвешенное значение из двух подсчетов последовательных разведений. Полученные спорные суспензии содержали в 1 см³ не менее 10⁸ спор.

Количество образовавшихся спор контролировали микроскопированием нативного препарата с помощью фазово-контрастной микроскопии с применением микроскопа Zeiss с программным обеспечением AxioVision Rel.4.8 и камерой Canon PC 1200. Суспензии содержали преломляющие свет блестящие споры в количестве не менее 95% по отношению к общему числу спор.

Кривые термической инактивации (кривые выживаемости) спор были рассчитаны с помощью коэффициента выживаемости во время прогрева при постоянной температуре. Параметры термоустойчивости спор D_T и z в исследуемых средах определяли капиллярным методом и рассчитывали по формулам из кривых выживаемости и термоустойчивости. Существенным моментом, определяющим выбор капиллярного метода, являлась жидкая консистенция исследуемых продуктов [10]. В продукт перед прогревом в капиллярах вносили концентрированную спорную суспензию *A. fischeri*.

Прогрев спор производили по методу Штерна и Проктора в модификации ВНИИКОП [4,10]. Этот метод основан на выявлении присутствия жизнеспособных спор микроорганизмов в нескольких капиллярах (не менее четырех) через определенные промежутки времени прогрева при заданной температуре.

Капилляры представляли собой тонкостенные стеклянные трубки, имеющие внешний диаметр 3 мм и длину 7,5 см. Капилляры со спорными суспензиями прогревали в водной среде в циркуляционном термостате серии LOIP LT-311 с точностью 0,1 °С.

Содержимое капилляров со спорами в буферном растворе или яблочных соках после прогрева и охлаждения высевали в чашки Петри с сусло-агаром, которые инкубировали при 30 °С в течение 3–5 сут. Подсчет оставшегося после прогревов количества жизнеспособных спор в буферном растворе и в яблочных соках определяли посевом соответствующих разведений на твердую питательную среду сусло-агар.

В каждом капилляре содержалось 0,1 см³ продукта с не менее 1×10⁶ жизнеспособных спор. При этом время теплопроникновения

в капилляр для достижения температуры прогрева было принято равным 7 с [10].

Для каждого времени прогрева высекали по четыре капилляра и определяли зависимость остаточной концентрации выживших спор от продолжительности прогревов. Искомую зависимость определяли, представляя ее в полулогарифмической шкале «lgN – продолжительность обработки» с последующей аппроксимацией на основании предположения о линейном виде искомой зависимости:

$$\lg N = \lg N_0 - k \cdot \tau, \quad (2)$$

где N – остаточная концентрация выживших спор микроорганизмов, КОЕ/г; N₀ – концентрация спор микроорганизмов в начальный момент времени, КОЕ/г; τ – продолжительность обработки, мин; k – темп гибели спор микроорганизмов в результате обработки, lg(КОЕ/г) / мин.

В качестве промежуточного параметра термоустойчивости микроорганизмов при температуре обработки T принимали величину параметра D_T, определяемую как продолжительность обработки, необходимую для уменьшения концентрации выживших спор микроорганизмов на один порядок. Формально данный показатель является величиной, обратной k:

$$D_T = 1 / k. \quad (3)$$

В качестве второго параметра термоустойчивости использовали величину z – изменение температуры, необходимое для изменения параметра D_T на один порядок. Для этого в полулогарифмических координатах представляли зависимость параметра lgD_T от температуры обработки. Данные аппроксимировали линейной функцией методом наименьших квадратов [20]:

$$\lg D_T = \lg D_0 - k_D \cdot T, \quad (4)$$

где lgD₀ – значение lgD_T при T = 0; k_D – темп изменения lgD_T, lg(мин) / C.

В этом случае параметр z является величиной, обратной от k_D (°C/lg(мин), или – для простоты – °C):

$$z = 1 / k_D.$$

Кривые термической инаktivации спор являются линейными линиями регрессии для коэффициента скорости гибели спор. В программе Microsoft Excel такому уравнению соответствует линия тренда – это графическое представление закономерности изменения ряда данных.

Для определения значений параметра z строили кривую термического отмирания спор, используя значения параметра D_T, полученные при четырех температурах прогрева.

Результаты и обсуждение

На основании полученных экспериментальных данных прогревов спорных суспензий в диапазоне температур 80–95 °C для каждой температуры построены зависимости концентрации жизнеспособных спор микроорганизмов от времени обработки различных образцов соковой продукции с различными концентрациями РСВ в изотермических условиях. Обработка экспериментальных данных кинетики гибели микроорганизмов в области определения продолжительности тепловой обработки может быть удовлетворительно аппроксимирована линейной функцией (рисунок 1). Построенные зависимости кинетики гибели спор в изотермических условиях в продуктах с различным содержанием РСВ соответствуют кинетике первого порядка с коэффициентом корреляции линейности в диапазоне от 0,93 до 0,98.

На основе кинетики гибели спор *A.fischeri* (рисунок 1) и расчетов по формулам (1)–(4) определили значения параметров термоустойчивости D_T и z (таблица 1).

Таблица 1.

Значения параметров термоустойчивости спор *A.fischeri*

Table 1.

Thermal stability parameters of *A.fischeri* spores

PCB, % Brix	T, ° C	Фосфатный буфер Phosphate buffer	Осветленный яблочный сок Clarified Apple juice	Яблочный сок с мякотью Apple juice with pulp	Концентрированный яблочный сок Concentrated Apple juice
	–	1,33	11,2	16,0	70,0
D, мин	80	16,68	22,07	24,75	27,10
	85	4,90	6,81	7,94	8,74
	90	0,42	0,82	0,95	1,33
	95	0,07	0,16	0,23	0,40
z, °C	–	6,06	6,83	7,17	7,92

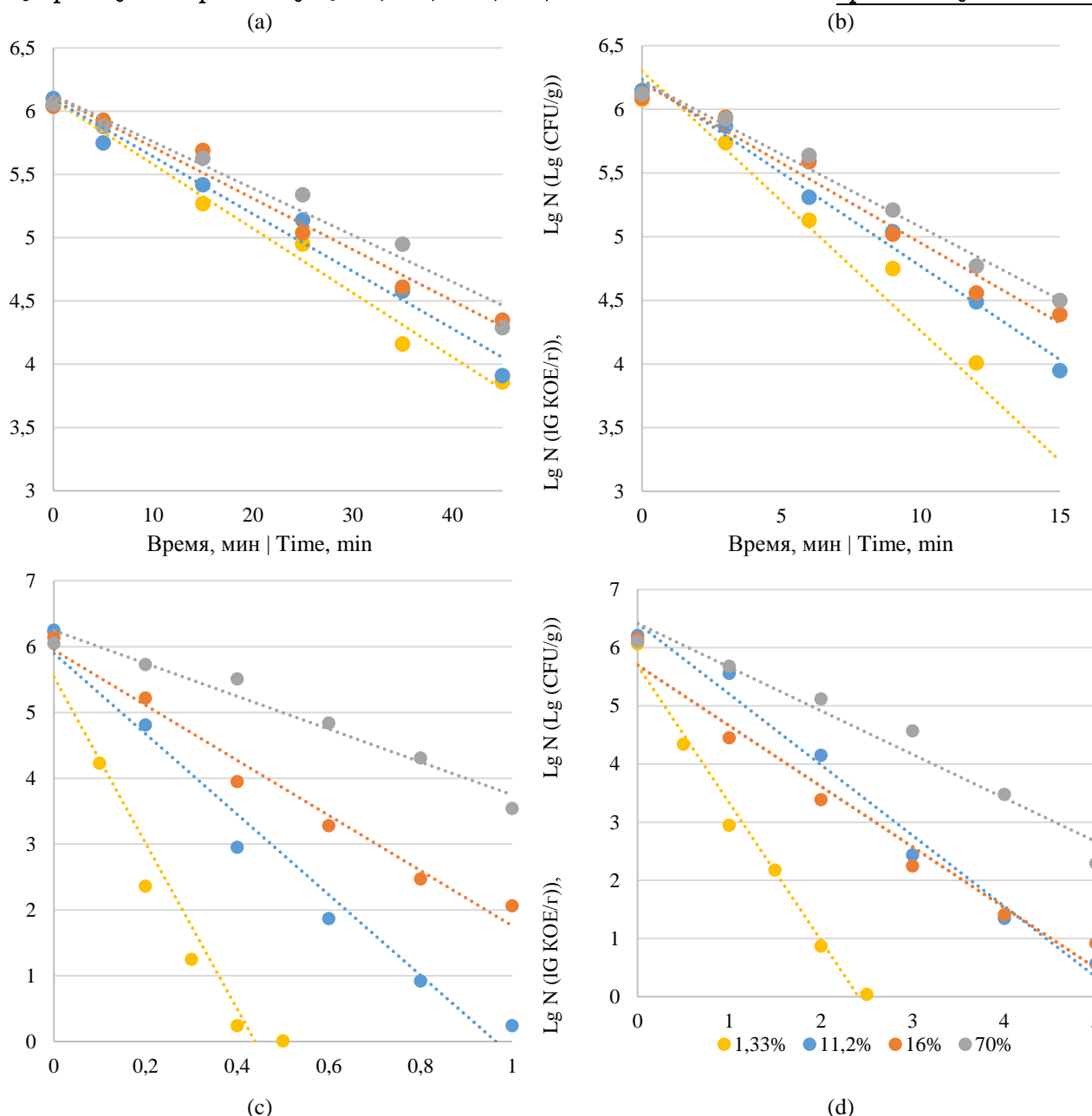


Рисунок 1. Кинетика гибели спор *A. fischeri* в процессе тепловой обработки в изотермических условиях, °C: а – 80; б – 85; в – 90; д – 95 для образцов соковой продукции с концентрациями РСВ, %: 1,33; 11,2; 16,0 и 70,0.

Figure 1. Kinetics of *A. fischeri* spore death during heat treatment under isothermal conditions, °C: a – 80; b – 85; c – 90; d – 95 for samples of juice products with RSV concentrations, %: 1.33; 11.2; 16.0 and 70.0.

На основании полученных данных установлено, что с ростом концентрации растворимых сухих веществ в яблочных соках увеличивается термоустойчивость спор *A. fischeri*. То есть для достижения одного и того же стерилизующего эффекта (количество порядков концентрации микроорганизмов, на которое происходит ее снижение) требуется большая продолжительность обработки. В силу зависимости показателя D_T от температуры обработки в качестве показателя термоустойчивости микроорганизмов используют его значение, соответствующее базисной (реперная) температуре для данного вида

микроорганизмов. Основным постулатом существующих подходов в России к разработке или подтверждению режима стерилизации является линейность зависимостей параметров термоустойчивости от температуры и времени, а также использования принципа Вант-Гоффа при расчете динамики летальности на основании кривых прогрева продукта в наименее прогреваемой зоне. Таким образом, для упрощения расчетов, связанных с режимами стерилизации, целесообразно использование некоторого реперного значения температуры, относительно которого затем и определяют изменение летальности.

Как правило, данная температура постулируется в привязке к той или иной группе микроорганизмов и обычно соответствует 121 °С [20]. Для отдельных групп микроорганизмов, обладающих меньшей термоустойчивостью, реперная температура может быть ниже. Так, для спор для *A. fischeri* в яблочных соках она составляет 95 °С.

Поскольку параметры термоустойчивости микроорганизмов и их спор определяются двумя показателями (D_T и z), возникает необходимость приведения зависимости каждого из этих показателей к целевому фактору, определяющему отличия одного анализируемого продукта от другого. Для этого нами были определены зависимости D_{95} и z от концентрации РСВ. В обоих случаях зависимость имела вид:

$$y = a + b \cdot \ln(x),$$

где a , b – коэффициенты; x – концентрация РСВ, %.

Значения коэффициентов и статистические характеристики найденных зависимостей приведены в таблице 2. Сами зависимости представлены на рисунке 2.

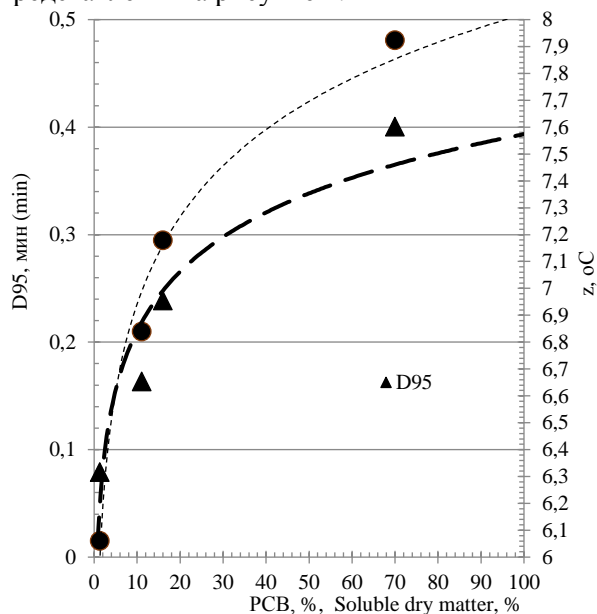


Рисунок 2. Параметры термоустойчивости D и z спор *A. fischeri* при различных концентрациях сухих веществ (РСВ)

Figure 2. The thermal stability parameters of D and z spores of *A. fischeri* at various concentrations of solids (RSV)

Для найденных зависимостей критическими являются квадрат коэффициента корреляции, отражающий тесноту их связи с аналитическими данными, и коэффициент b , отражающий угол наклона прямой, то есть чувствительность к величине концентрации РСВ.

В таблице 2 представлены коэффициенты и статистические характеристики параметров z и D_{95} по обоим показателям b и R^2 .

Таблица 2.

Характеристики зависимостей параметров термоустойчивости от концентрации РСВ

Table 2.

Characteristics of the dependences of the parameters of thermal stability on the concentration of RSV

Параметры термоустойчивости Thermal stability parameters	Коэффициенты и статистические характеристики Coefficients and statistical characteristics		
	a	b	R^2
D_{95}	0,0276	0,0794	0,9061
z	5,8630	0,4685	0,9820

Заключение

Установлена динамика коэффициентов параметров термоустойчивости D и z спор плесневого гриба *A. fischeri* (тест-культуры) от концентрации РСВ соковой продукции. Результаты исследований показали, что с ростом концентрации РСВ растет термоустойчивость спор. Темп нарастания термоустойчивости снижается с увеличением концентрации РСВ.

Поскольку концентрация РСВ влияет на реологические свойства продукции (вязкость), это приводит к изменению кинетики прогрева у продуктов с конвекционным теплообменом, следовательно, рост концентрации РСВ неизбежно должен приводить не только к увеличению термоустойчивости спор микроорганизмов, но и смещению области оптимальных режимов тепловой обработки в сторону увеличения термической нагрузки для обеспечения нормативных требований микробиологической безопасности.

Литература

- 1 Choi L.H., Nielsen S.S. The effect of thermal and non-thermal processing methods on apple cider quality and consumer acceptability // Journal of Food Quality. 2005. № 28. P. 13–29.
- 2 Yousef A., Balasubramaniam V. Physical Methods of Food Preservation // Food Microbiology; edited by Michael P. Doyle, Robert L. Buchanan. Washington: ASM Press, 2013. P. 737–763.
- 3 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.
- 4 Fujikawa H., Morozumi S., Smerage G.H., Teixeira A.A. Comparison of capillary and test tube procedures for analysis of thermal inactivation kinetics of mold spores // J. Food Prot. 2000. V. 63. P. 1404–1409.

- 5 Русанова Л.А., Михайлюта Л.В., Коробкина Н.С., Чуприна С.С. Термоустойчивость спор *Cl. botulinum* при стерилизации овощных закусочных консервов // Пищевая промышленность. 2004. № 4.
- 6 Емцев В.Т. Микробиология. М., 2018.
- 7 Мармузова Л.В. Основа микробиологии, санитарии и гигиены в пищевой промышленности. М., 2004. 136 с.
- 8 Касимханова Л.И. Влияние физических факторов на микроорганизмы // Материалы X Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум». 2018.
- 9 Tournas V. Heat-Resistant Fungi of Importance to the Food and Beverage // Industry Critical Reviews in Microbiology. 1994. V. 20. P. 195–199.
- 10 Левшенко М.Т., Каневский Б.Л., Покудина Г.П., Борченкова Л.А. Изучение кинетики гибели спор *Clostridium botulinum* при производстве гетерогенных консервированных продуктов // Наука, питание и здоровье: Материалы конгресса, г. Минск, 8–9 июня 2017 г. С. 431–438.
- 11 Шобингер У. Фруктовые и овощные соки: научные основы и технологии: пер. с нем. под общ. науч. ред. А.Ю. Колеснова, Н.Ф. Берестяна и А.В. Орещенко. СПб: Профессия, 2004. 640 с.
- 12 Aneja K.R., Dhiman R., Kumar N.A., Aneja A. Review Article. Emerging Preservation Techniques for Controlling Spoilage and Pathogenic Microorganisms in Fruit Juices // International Journal of Microbiology. 2014. P. 14.
- 13 Fujikawa H., Morozumi S., Smegare G.H., Teixeira A.A. Thermal Inactivation Patterns of *Aspergillus niger* Spores in Capillaries // Biocontrol Science. 2001. V. 6. № 1. P. 17–20.
- 14 Engel G., Teuber M. Heat resistance of ascospores of *Byssochlamys nivea* in milk and cream // Int. J. Food Microbiol. 1991. № 12. P. 225–234.
- 15 King A.D., Bayne H.G., Alderton G. Nonlogarithmic death rate calculations for *Byssochlamys fulva* and other microorganisms // Appl. Environ. Microbiol. 1979. № 37. P. 596–600.
- 16 McEvoy I.J., Mary R. Stuart Temperature Tolerance of *Aspergillus fischeri* var. *Glaber* in Canned Strawberries // Irish Journal of Agricultural Research. 1970. V. 9. № 1. P. 59–67.
- 17 Самсонова А.Н., Ушева В.Б. Фруктовые и овощные соки (Техника и технологии). Москва: Агропром, 1990. 287 с.
- 18 Левшенко М.Т., Каневский Б.Л. Оптимизация расчета требуемой летальности при разработке режимов стерилизации и пастеризации гомогенных фруктовых консервов // Актуальные вопросы индустрии напитков: Сборник научных трудов. 2018. Т. 2. С. 81–86.
- 19 Friso D. A New Mathematical Model for Food Thermal Process Prediction // Modelling and Simulation in Engineering. 2013. doi: 10.1155/2013/569473
- 20 Бабарин В.П. Стерилизация консервов. СПб: ГИОРД, 2006. 312 с.
- 21 Апалькова Г.Д., Попова Н.В. Актуальные направления национальной стандартизации в современных условиях индустрии инжиниринга новых продуктов питания функционального и специализированного назначения // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2019. Т. 7. № 3. С. 5–12. doi: 10.14529/food190301
- 22 Cerf O., Grosclaude G., Vermeire D. Apparatus for the Determination of Heat Resistance of Spores // Applied microbiology. 1970. V. 19. № 4. P. 696–697.

References

- 1 Choi L.H., Nielsen S.S. The effect of thermal and non-thermal processing methods on apple cider quality and consumer acceptability. Journal of Food Quality. 2005. no. 28. pp. 13–29.
- 2 Yousef A., Balasubramaniam V. Physical Methods of Food Preservation. Food Microbiology; edited by Michael P. Doyle, Robert L. Buchanan. Washington, ASM Press, 2013. pp. 737–763.
- 3 Volkova R.A., Pozdnyakova T.A., Levshenko M.T. Investigation of the potential for the development of spores of *Clostridium botulinum* in canned fruit from peaches, apricots and pears. Vestnik Kras GAU. 2018. no 2. pp. 129–136. (in Russian).
- 4 Fujikawa H., Morozumi S., Smerage G.H., Teixeira A.A. Comparison of capillary and test tube procedures for analysis of thermal inactivation kinetics of mold spores. J. Food Prot. 2000. vol. 63. pp. 1404–1409.
- 5 Rusanova L.A., Mikhaylyuta L.V., Korobkina N.S., Chuprina S.S. Heat resistance of spores *Cl. botulinum* during sterilization of canned vegetable snacks. Food industry. 2004. no 4. (in Russian).
- 6 Yemtsev V.T. Microbiology. Moscow, 2018. (in Russian).
- 7 Marmuzova L.V. The basis of microbiology, sanitation and hygiene in the food industry. Moscow, 2004. 136 p. (in Russian).
- 8 Kasimkhanova L.I. The influence of physical factors on microorganisms. Materials of the X International Student Scientific Conference “Student Scientific Forum”. 2018.
- 9 Tournas V. Heat-Resistant Fungi of Importance to the Food and Beverage. Industry Critical Reviews in Microbiology. 1994. vol. 20. pp. 195–199.
- 10 Levshenko M.T., Kanevsky B.L., Pokudina G.P., Borchenkova L.A. Studying the kinetics of the death of spores of *Clostridium botulinum* in the production of canned food heterogeneous. Science, Nutrition, and Health: Materials of the Congress, Minsk, June 8–9, 2017. pp. 431–438. (in Russian).
- 11 Schobinger W. Fruit and vegetable juices: scientific foundations and technologies. St. Petersburg, Professiya, 2004. 640 p. (in Russian).
- 12 Aneja K.R., Dhiman R., Kumar N.A., Aneja A. Review Article. Emerging Preservation Techniques for Controlling Spoilage and Pathogenic Microorganisms in Fruit Juices. International Journal of Microbiology. 2014. pp. 14.
- 13 Fujikawa H., Morozumi S., Smegare G.H., Teixeira A.A. Thermal Inactivation Patterns of *Aspergillus niger* Spores in Capillaries. Biocontrol Science. 2001. vol. 6. no. 1. pp. 17–20.
- 14 Engel G., Teuber M. Heat resistance of ascospores of *Byssochlamys nivea* in milk and cream. Int. J. Food Microbiol. 1991. no. 12. pp. 225–234.

15 King A.D., Bayne H.G., Alderton G. Nonlogarithmic death rate calculations for *Byssoschlamys fulva* and other microorganisms. Appl. Environ. Microbiol. 1979. no. 37. pp. 596–600.

16 McEvoy I.J., Mary R. Stuart Temperature Tolerance of *Aspergillus fischeri* var. *Glaber* in Canned Strawberries. Irish Journal of Agricultural Research. 1970. vol. 9. no. 1. pp. 59–67.

17 Samsonova A.N., Usheva V.B. Fruit and vegetable juices (Technique and technology). Moscow, Agroprom, 1990. 287 p. (in Russian).

18 Levshenko M.T., Kanevsky B.L. Optimization of the calculation of the required mortality in the development of sterilization and pasteurization of homogeneous canned fruit. Actual problems of the beverage industry: Collection of scientific papers. 2018. vol. 2. pp. 81–86. (in Russian).

19 Friso D. A New Mathematical Model for Food Thermal Process Prediction. Modelling and Simulation in Engineering. 2013. doi: 10.1155/2013/569473

20 Babarin V.P. Sterilization of canned food. St. Petersburg, GIORD, 2006. 312 p. (in Russian).

21 Apalkova G.D., Popova N.V. Actual directions of national standardization in modern conditions of the engineering industry for new food products for functional and specialized purposes. Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnologies. 2019. vol. 7. no. 3. pp. 5–12. doi: 10.14529/food190301 (in Russian).

22 Cerf O., Grosclaude G., Vermeire D. Apparatus for the Determination of Heat Resistance of Spores. Applied microbiology. 1970. vol. 19. no. 4. pp. 696–697.

Сведения об авторах

Владимир В. Кондратенко к.т.н., зам. директора по научной работе, доцент, Всероссийский НИИ технологии консервирования - филиал ФГБНУ "Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова" РАН, ул. Школьная 78, Видное, 142703, Россия, nauka@vniitek.ru

<https://orcid.org/0000-0002-0913-5644>

Марина В. Тришканева к.х.н., ведущий научный сотрудник, Всероссийский НИИ технологии консервирования - филиал ФГБНУ "Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова" РАН, ул. Школьная 78, Видное, 142703, Россия, labnta@vniitek.ru

<https://orcid.org/0000-0002-4444-0716>

Михаил Т. Левшенко старший научный сотрудник, Всероссийский НИИ технологии консервирования - филиал ФГБНУ "Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова" РАН, ул. Школьная 78, Видное, 142703, Россия, lev-mika@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-7667-797X>

Тамара А. Позднякова старший научный сотрудник, Всероссийский НИИ технологии консервирования - филиал ФГБНУ "Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова" РАН, ул. Школьная 78, Видное, 142703, Россия, pozdnykova@vniitek.ru

<https://orcid.org/0000-0003-4080-9309>

Анастасия Ю. Колоколова к.т.н., ведущий научный сотрудник, Всероссийский НИИ технологии консервирования - филиал ФГБНУ "Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова" РАН, ул. Школьная 78, Видное, 142703, Россия, aykolokolova@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-9816-1720>

Вклад авторов

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Vladimir V. Kondratenko Cand. Sci. (Engin.), associated professor, deputy director for science, Russian Research Institute of Canning Technology – branch of the Gorbатов Federal Research Center for Food Systems at Russian Academy, Shkol'naya str., 78, Vidnoe, 142703, Russia, nauka@vniitek.ru

<https://orcid.org/0000-0002-0913-5644>

Marina V. Trishkaneva Cand. Sci. (Chem.), leading researcher, Russian Research Institute of Canning Technology – branch of the Gorbатов Federal Research Center for Food Systems at Russian Academy, Shkol'naya str., 78, Vidnoe, 142703, Russia, labnta@vniitek.ru

<https://orcid.org/0000-0002-4444-0716>

Michail T. Levshenko senior researcher, Russian Research Institute of Canning Technology – branch of the Gorbатов Federal Research Center for Food Systems at Russian Academy, Shkol'naya str., 78, Vidnoe, 142703, Russia, lev-mika@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-7667-797X>

Tamara A. Pozdnyakova senior researcher, Russian Research Institute of Canning Technology – branch of the Gorbатов Federal Research Center for Food Systems at Russian Academy, Shkol'naya str., 78, Vidnoe, 142703, Russia, pozdnykova@vniitek.ru

<https://orcid.org/0000-0003-4080-9309>

Anastasiya Yu. Kolokolova Cand. Sci. (Engin.), Russian Research Institute of Canning Technology – branch of the Gorbатов Federal Research Center for Food Systems at Russian Academy, Shkol'naya str., 78, Vidnoe, 142703, Russia, aykolokolova@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-9816-1720>

Contribution

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 16/08/2019	После редакции 24/08/2019	Принята в печать 02/09/2019
Received 16/08/2019	Accepted in revised 24/08/2019	Accepted 02/09/2019