

УДК 579.678:663.052:664.8.036.523

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА РОСТ *STAPHYLOCOCCUS AUREUS* ВО ФРУКТОВЫХ ПОЛУФАБРИКАТАХ АСЕПТИЧЕСКОГО КОНСЕРВИРОВАНИЯ

Егорова З.Е., канд. техн. наук

Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет»
(Республика Беларусь, Минск)

Реферат. Получены данные о выживаемости *S. aureus* ATCC 25923 во фруктовых полуфабрикатах асептического консервирования (массовая доля растворимых сухих веществ = 60–64%, показатель a_w = 0,800–0,846, pH = 3,45–3,68) при температурах 6, 24 и 37°C. Показано, что при температуре хранения фруктовых полуфабрикатов, равной 6°C, продолжительность выживаемости штамма *S. aureus* ATCC 25923 в них выше в несколько раз по сравнению с хранением при температурах 24 и 37°C.

Ключевые слова: выживаемость, стафилококки, температура хранения, активность воды, фруктовые полуфабрикаты

Summary. Data on the survival of *S. aureus* ATCC 25923 in fruit semi-products of aseptic preservation (mass fraction of soluble solids = 60–64%, index a_w = 0.800–0.846, pH = 3.45–3.68) at temperatures of 6, 24 and 37°C were obtained. It was shown that at a storage temperature of fruit semi-finished products equal to 6°C, the survival time of *S. aureus* ATCC 25923 strain is several times higher in them than in storage at temperatures of 24 and 37°C.

Key words: survival, staphylococcus, storage temperature, water activity, fruit semi-finished products

Введение. В пищевой промышленности оценка безопасности продуктов осуществляется в ходе разработки новых изделий, при внедрении новых технологий или смене технических условий [1]. Научные подходы и инструменты, применяемые для количественной оценки микробиологических рисков в производстве пищевых продуктов, все чаще используют прогностическое моделирование микробиологических показателей (размножения, инаktivации и выживания микроорганизмов) [2, 3]. Целью такой оценки рисков является установление «базового риска» пищевого заболевания, выявление и оценка стратегий снижения потенциального риска, а также определение направлений дальнейших исследований и разработки мер контроля. Необходимость анализа имеющихся научных данных о патогенах, которые не являются типичными для растительных продуктов, обусловлена тем, что ряд фруктовых и овощных полуфабрикатов используются в качестве наполнителей или обогатителей молочных, хлебобулочных и кондитерских изделий. К таким представителям патогенных бактерий относятся стафилококки, в частности, *Staphylococcus aureus*. Данный микроорганизм может присутствовать в консервированных полуфабрикатах из фруктов и овощей только при условии несоблюдения режимов тепловой обработки, нарушения правил личной гигиены персонала или негерметичности потребительской тары [4].

Несмотря на то, что *S. aureus* является мезофильным микроорганизмом, некоторые штаммы могут расти при температурах ниже 6,7 °C [5]. Предельными значениями pH, при которых наблюдался рост *S. aureus*, были 4,0 и 9,8, но оптимальные значения находятся в интервале 6–7 [1]. Стафилококки способны расти при значении a_w , равном 0,83, хотя минимальным для этих микроорганизмов считается величина 0,86 [5].

Учитывая вышеизложенное, научный и практический интерес, представляет изучение особенностей роста стафилококков в продуктах растительного происхождения, хранящихся при разных температурах. Такие исследования актуальны в отношении фруктовых полуфабрикатов асептического консервирования, которые выпускаются в потребительской таре, вместимостью 500 кг и 900 кг (асептические резервуары (мини-цистерны)), и применяются в качестве наполнителей в молочные продукты. При этом молокоперерабатывающие предприятия могут столкнуться с проблемой неполного использования этих полуфабрикатов в течение рабочей смены и необходимостью их хранения после нарушения герметичности упаковки. В связи с этим, актуальным является определение условий хранения, обеспечивающих микробиологическую безопасность вскрытых асептических резервуаров с фруктовыми полуфабрикатами.

Объекты и методы исследований. В качестве объекта исследования был выбран музейный штамм *Staphylococcus aureus* ATCC 25923. Для изучения особенностей роста тест-микроорганизма в разных условиях в качестве питательной среды использовали фруктовые полуфабрикаты асептического консервирования, характеристика которых приведена в табл. 1.

Таблица 1 – Краткая характеристика фруктовых полуфабрикатов

Наименование полуфабриката	Состав полуфабриката	Значение показателя				
		pH	Массовые доли, %		Актив-ность воды (a_w)	Окислительно-восстановительный потенциал (Eh), мВ
			растворимых сухих веществ	титруемых кислот		
Фруктовый полуфабрикат «Черника» асептического консервирования (ФП) (артикул 007113562)	Свежие или замороженные ягоды черники, сахар, модифицированный крахмал, пектин, ароматизатор «Черника», лимонная кислота, вода	3,68	64,0	0,23	0,835	194,2
Фруктовый полуфабрикат «Черника» асептического консервирования (ФП) (артикул 075)	Черничное пюре, сахар, модифицированный крахмал, пектин, ароматизатор «Черника», лимонная кислота, вода	3,45	60,0	0,31	0,800	189,5

В экспериментах использовали суточную культуру тест-штамма. С этой целью за 18–20 ч до проведения испытаний тест-штамм высевали на скошенный питательный агар. В день испытания готовили суспензию выросшей за ночь суточной культуры клеток.

Схема и план эксперимента приведены в табл. 2 и на рис. 1.

Таблица 2 – План эксперимента

Наименование продукта, температура хранения, °С	Содержание тест-штамма в 1 см ³ продукта	Периодичность отбора образцов	Условия термостатирования посевов
ФП (артикул 007113562), 6, 37	$7,5 \cdot 10^5$	Каждые 2 дня в течение двух недель, затем каждые 7-11 дней	Питательный агар, 37°C, 48 ч
ФП (артикул 075), 6, 24, 37	$3,5 \cdot 10^5$		

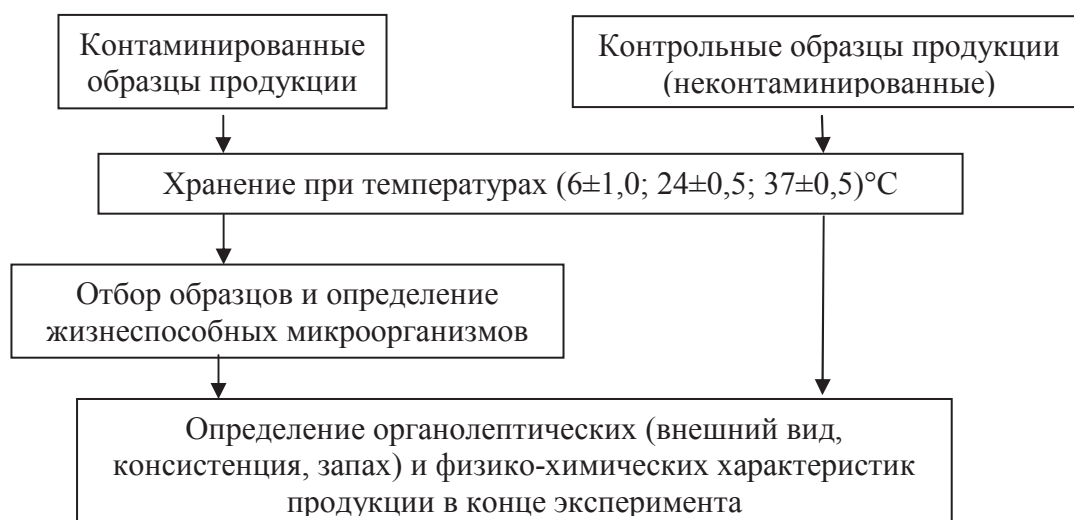


Рис. 1. Схема эксперимента

В процессе эксперимента из контаминированных продуктов выделяли чистые культуры тест-штамма, окрашивали по Грамму и изучали под микроскопом. Физико-химические характеристики контаминированных и контрольных образцов фруктовых полуфабрикатов определяли стандартными методами:

- величину pH измеряли с точностью $\pm 0,01$ pH-метром по ГОСТ 26188-84 [6];
- массовую долю титруемых кислот определяли согласно ГОСТ ISO 750-2013 [7] потенциометрическим методом, используя pH-метр «Hanna Instruments HI 2211-02 и стеклянный электрод со сферической мембраной и керамической диафрагмой (точность измерений ± 1 %);
- для определения окислительно-восстановительного потенциала использовали следующие измерительные системы: иономер И-160 М, электрод платиновый высокотемпературный ЭВП-1 и хлорсеребряный электрод сравнения ЭВЛ-1М3.1; pH-метр pH 210 производства HANNA Instruments с комбинированным электродом HI 3131 Р. Точность измерений составляла $\pm 0,02$ мВ;
- массовую долю растворимых сухих веществ измеряли с точностью $\pm 0,1$ % по ГОСТ ISO 2173-2013 [8] рефрактометрическим методом, используя рефрактометр «Atago NAR-1T»;
- определение величины активности воды осуществляли по ГОСТ ISO 21807-2015 [9] с помощью анализатора активности воды типа Roremeter RM-10, точность измерений составила $\pm 0,2$. Образцы пищевых продуктов перед измерением активности воды предварительно гомогенизировали на приборе BigMixer 400 в течение 10 мин, а затем заполняли полученной однородной массой измерительную емкость на $2/3$ ее объема, не допуская расслоения продукта. Исследуемые образцы в пластиковой емкости выдерживали в измерительной ячейке прибора 5–7 мин., после чего проводили измерение, которое осуществляли в трехкратной повторности. Для каждого испытания одного и того же продукта готовили отдельные пробы.

Обсуждение результатов. Результаты изменения численности *S. aureus* ATCC 25923 во фруктовых полуфабрикатах асептического консервирования при разных температурных условиях хранения приведены на рис. 2 и 3.

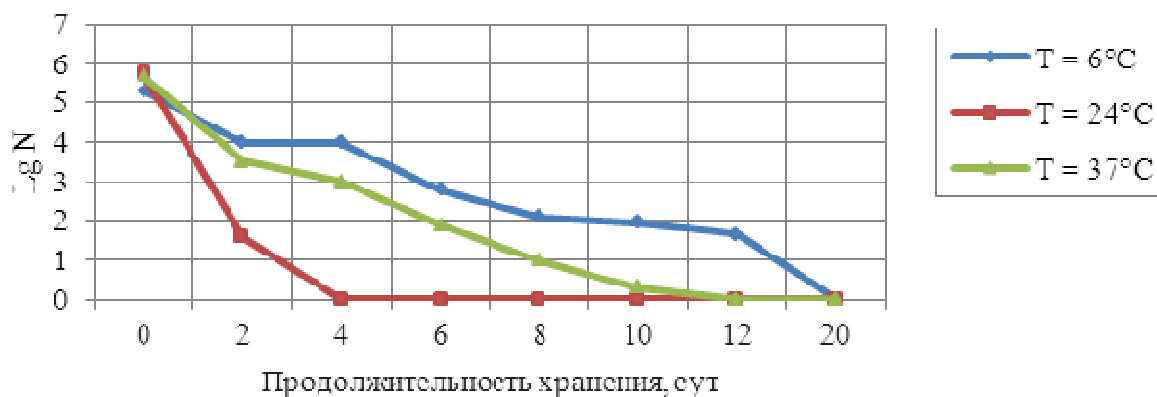


Рис. 2. Изменение численности *S. aureus* ATCC 25923 во фруктовом полуфабрикате «Черника» асептического консервирования (артикул 075) в процессе хранения при разных температурах

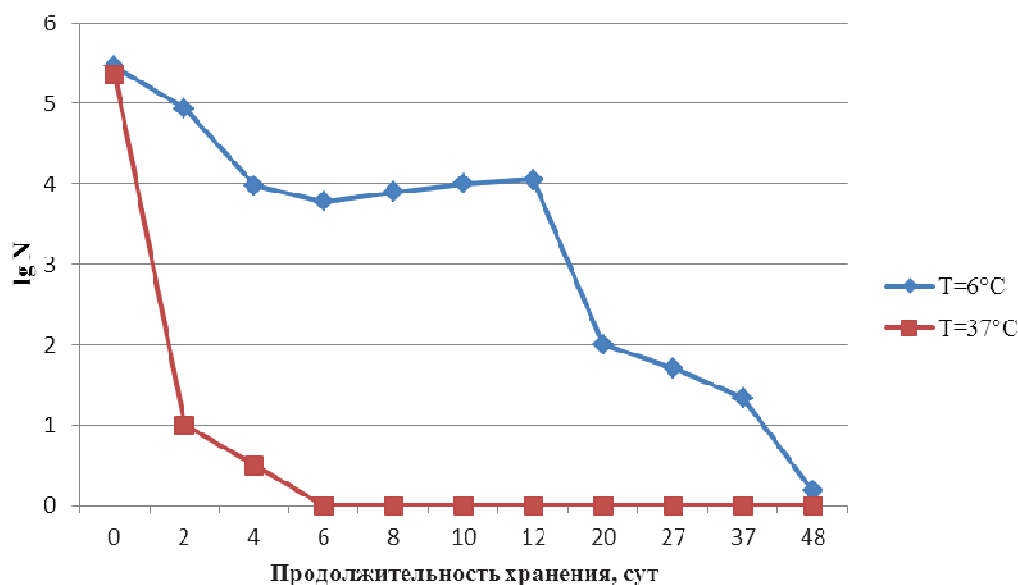


Рис. 3. Изменение численности *S. aureus* ATCC 25923 во фруктовом полуфабрикате «Черника» асептического консервирования (артикул 007113562) в процессе хранения при разных температурах

Как видно из представленных данных (рис. 2 и 3), при одной и той же температуре культивирования выживаемость *S. aureus* ATCC 25923 зависела от величины активности воды (a_w) и концентрации сахаров. Так, во фруктовом полуфабрикате с a_w , равной 0,800, и концентрацией сахара 64,0 %, тест-штамм не обнаруживался в продукте через 20 суток хранения продукта при 6 °C, а в продукте с активностью воды, равной 0,835, и массовой долей растворимых сухих веществ, равной 60,0 % стафилококк выживал более, чем в

2 раза дольше при той же температуре хранения фруктового полуфабриката. Однако в контаминированных продуктах, хранившихся при температуре 37 °С, выживаемость *S. aureus* ATCC 25923 была выше во фруктовом наполнителе с более низким значением активности воды и более высокой концентрацией сахаров.

Результаты изменения физико-химических показателей контаминированных фруктовых полуфабрикатов приведены в табл. 3 и 4, из которых видно, что контаминированные и контрольные образцы фруктовых полуфабрикатов практически не различались по этим характеристикам. Исключение составил контаминированный фруктовый полуфабрикат (артикул 007113562), хранившийся при температуре 6 °С (табл. 3), в котором к концу эксперимента почти на 0,1 понизилась активность воды и почти на 50 % повысилась титруемая кислотность.

Таблица 3 – Физико-химические показатели контаминированного *S. aureus* ATCC 25923 и контрольного образца (К) фруктового полуфабриката «Черника» асептического консервирования (артикул 075)

Наименование показателя	Значение показателя		
	Температура хранения, °С (продолжительность хранения, дни)		
	37 (12)/К	24 (4)/К	6 (20)/К
Массовая доля, %: растворимых сухих веществ	60,8/60,9	60,0/60,0	61,1/60,9
титруемых кислот	0,31/0,31	0,32/0,31	0,32/0,31
pH	3,47/3,45	3,45/3,43	3,52/3,50
Eh, мВ	189,7/189,3	189,2/189,6	189,1/189,9
a _w	0,793/0,795	0,800/0,799	0,797/0,798

Таблица 4 – Физико-химические показатели контаминированного *S. aureus* ATCC 25923 и контрольного образца (К) фруктового полуфабриката «Черника» асептического консервирования (артикул 007113562)

Наименование показателя	Значение показателя	
	Температура хранения, °С (продолжительность хранения, дни)	
	37 (6)/К	6 (48)/К
Массовая доля, %: растворимых сухих веществ	63,9/ 64,1	62,4/64,1
титруемых кислот	0,25/0,24	0,34/0,25
pH	3,6/3,69	3,73/3,68
Eh, мВ	198,0/195,0	184,8/194,9
a _w	0,840/0,836	0,745/0,840

Оценка органолептических показателей (внешний вид и запах) исследуемых фруктовых наполнителей не выявила различий между контаминированными и контрольными образцами. Микроскопирование окрашенных по Граму препаратов стафилококков, выделенных в процессе эксперимента из контаминированных продуктов, свидетельствовало об отсутствии видимых изменений в морфологии клеток.

Выводы. Результаты анализа источников литературы и собственных экспериментальных исследований позволили сделать следующие выводы. В условиях высокой концентрации сахаров (60,0 % и более) и значений активности воды (a_w), ниже 0,850, золотистый стафилококк не развивается, что подтверждает имеющиеся в литературе сведения об устойчивости данного микроорганизма к различным факторам окружающей среды [1, 4, 5]. Вместе с тем, продолжительность сохранения жизнеспособности данного микроорганизма в высокосахаристых продуктах с низким значением a_w зависит от температуры окружающей среды. Было выявлено, что условия пониженной температуры ($6 \pm 1,0$ °C) способствовали более длительной выживаемости *S. aureus* по сравнению с оптимальной (37 °C) для развития данных бактерий температурой окружающей среды.

Результаты исследований по выживаемости золотистого стафилококка во фруктовых полуфабрикатах асептического консервирования можно использовать для определения срока годности и условий хранения данных продуктов после нарушения герметичности упаковки, а также для разработки соответствующей прогностической модели.

Литература

1. Джей, Дж. М. Современная пищевая микробиология / Дж. М. Джей, М. Дж. Лёсснер, Д. А. Гольден ; пер. 7-го англ. изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 886 с.
2. Срок годности пищевых продуктов: Расчет и испытание / под ред. Р. Стеле ; пер. с англ. под общей ред. Ю. Г. Базарновой. – СПб.: Профессия, 2006. – 480 с.
3. Homer, K.J. Combined effects of water activity, pH and temperature on the growth and spoilage potential of fungi / K.J. Homer, G.D. Anagnostopoulos // The Journal of Applied Bacteriology. – 1973. – No. 36. – P. 427–436.
4. Блэкберн, К. де В. (ред.) Микробиологическая порча пищевых продуктов / К. де В. Блэкберн (ред.). – Пер. с англ. – СПб.: Профессия, 2008. – 784 с.
5. Angelotti, R. Time-temperature effects salmonellae and staphylococci in foods / R. Angelotti, M.J. Foter, S. Doores // American Journal Public Health. – 1961. – No. 51. – P. 76–88.
6. Продукты переработки фруктов и овощей, консервы мясные и мясорастительные. Метод определения pH: ГОСТ 26188-2016. – Введ. 01.01.2018. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2016. – 12 с.
7. Продукты переработки фруктов и овощей. Определение титруемой кислотности: ГОСТ ISO 750-2013. – Введ. 01.04.2016. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2013. – 8 с.
8. Продукты переработки фруктов и овощей. Рефрактометрический метод определения растворимых сухих веществ: ГОСТ ISO 2173-2013. – Введ. 01.03.2016. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2013. – 12 с.
9. Микробиология пищевой продукции и кормов. Определение активности воды: ГОСТ ISO 21807-2015. – Введ. 01.03.2016. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2013. – 16 с.