

## ИЗМЕНЕНИЕ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО ПОТЕНЦИАЛА КОНТАМИНИРОВАННЫХ БАЦИЛЛАМИ КОНСЕРВОВ В ПРОЦЕССЕ ИХ ХРАНЕНИЯ

З. Егорова

*Белорусский государственный технологический университет  
Минск, Республика Беларусь*

Изучено изменение  $Eh$  и  $pH$  трех видов консервов из овощей и фруктов после нарушения герметичности их потребительской упаковки, промышленно стерильных и контаминированных аэробными спорообразующими бактериями. Измерения  $Eh$  и  $pH$  осуществляли с помощью иономера И-160 М и рН-метра рН 210 соответственно. Показано, что химический состав продуктов и свойства микроорганизма-контаминанта оказывали определенное влияние на характер изменения исследуемых показателей. Выявлено, что после вскрытия потребительской упаковки промышленно стерильных консервов вследствие доступа кислорода к продукту, происходило изменение  $Eh$  среды, способствующее развитию остаточной аэробной микробиоты продукта. На основании полученных результатов сделан вывод о целесообразности использования окислительно-восстановительного потенциала среды в качестве одного из критериев при обосновании безопасного периода употребления в пищу стерилизованных консервов после нарушения герметичности их потребительской упаковки.

## VARIATION THE OXIDATION-REDUCTION POTENTIAL OF THE CANNED FOODS CONTAMINATED OF THE AEROBIC SPORE-FORMER DURING STORAGE

Z. Yegorova

*The Belarusian State Technological University  
Minsk, the Republic of Belarus*

The variation  $Eh$  and  $pH$  of 3 kinds of canned food from vegetables and fruits after opening of consumer packaging was investigated. Samples of commercially sterile and contaminated of the aerobic spore-former canned food were stored for 96 h. The measurements  $Eh$  and  $pH$  were carried out by ionometric method. It was shown that the chemical composition of canned food and traits of microorganisms-contaminants had some effect on the quantitative values the studied parameters. The oxidation-reduction potential of the commercially sterile canned food varied after opening of consumer packaging because of the oxygen contacted with product and it promoted the growth of the residual microbiota. It was conclusion that the oxidation-reduction potential can be used as an indicator for the estimation of the safe interval of consumption of canned food after opening of consumer packaging.

**Окислительно-восстановительный потенциал, аэробные спорообразующие микроорганизмы, изменение, консервы**

**Введение.** Известно, что микроорганизмы проявляют переменчивую чувствительность к окислительно-восстановительному потенциалу ( $Eh$ ) среды обитания [2]. С одной стороны,  $Eh$  обеспечивает необходимые условия для роста микроорганизмов. Для аэробных микробов, таких как некоторые виды *Bacillus*, требуются положительные значения окислительно-восстановительного потенциала, для анаэробных – восстановленные условия ( $Eh \approx$  минус 200 мВ). С другой стороны, окислительно-восстановительный потенциал может приводить к летальному эффекту в отношении соответствующих групп микроорганизмов [1].

В свою очередь, во время роста микроорганизмы оказывают влияние на  $Eh$  своей

окружающей среды, изменяя значение рН. Особенно это верно для аэробов, которые могут снижать окислительно-восстановительный потенциал своей среды, тогда как анаэробы не могут. Для роста и активности микроорганизмов большое значение имеет наличие или отсутствие подходящего количества окислительно-восстановительных агентов в среде. К таким веществам относятся аскорбиновая кислота и редуцирующие сахара, которые в достаточном количестве присутствуют во фруктах и овощах [3]. Согласно имеющимся исследованиям, окислительно-восстановительный потенциал растительных продуктов, в частности соков, колеблется от +300 мВ до +400 мВ [1]. Поэтому



аэробные бактерии и плесени чаще всего вызывают порчу продуктов этого типа.

Учитывая вышесказанное, интерес представляло изучение изменения окислительно-восстановительного потенциала в консервированных продуктах из овощей и фруктов после вскрытия потребительской упаковки для выяснения возможности применения данного показателя в качестве критерия для установления безопасного периода употребления их в пищу, что и было целью данной работы.

**Материалы и методы исследований.** Объектами исследований были следующие стерилизованные овощные и овоще-фруктовые консервы, имеющие разный *Eh*:

– пюре из брокколи с гречневой мукой (*Eh* = минус 186,30 мВ);

– нектар морковно-апельсиновый с мякотью (*Eh* = +30,55 мВ);

– нектар тыквенно-яблочный с мякотью (*Eh* = +35,20 мВ).

В качестве контаминантов использовали 24-х часовые культуры двух аэробных

спорообразующих штаммов рабочей коллекции микроорганизмов, выделенные нами из стерилизованных мясорастительных («Пюре из моркови с говядиной и гречневой крупой») и овощных («Пюре из картофеля, моркови и сельдерея») консервов для детского питания: *штамм № 9* и *штамм № 11* соответственно.

Отбор образцов осуществляли 1 раз в сутки. В ходе эксперимента проводили измерение окислительно-восстановительного потенциала и активной кислотности (*pH*) продуктов. Для определения *Eh* использовали следующие измерительные системы – иономер И-160 М, электрод платиновый высокотемпературный ЭВП-1 и хлорсеребряный электрод сравнения ЭВЛ-1М3.1; рН-метр рН 210 производства HANNA Instruments с комбинированным электродом HI 3131 Р. Активную кислотность объектов исследования определяли на рН-метре рН 210 производства HANNA Instruments. План эксперимента представлен в таблице 1.

Таблица 1

План эксперимента

Объект исследований	Номер тест-штамма и его титр в 1 см <sup>3</sup> продукта	Условное обозначение объектов исследований	Измеряемые показатели	Условия и продолжительность хранения
Пюре из брокколи с гречневой мукой	№ 9; 2,1·10 <sup>5</sup>	П 9	<i>Eh, pH</i>	20 °С, 96 ч
Нектар морковно-апельсиновый с мякотью	№ 9; 4,6·10 <sup>4</sup> № 11; 2,0·10 <sup>7</sup>	НМА 9 НМА 11		
Нектар тыквенно-яблочный с мякотью	№ 11; 8,0·10 <sup>6</sup>	НТЯ 11		

В качестве контроля использовали нектары, неконтаминированные тест-микроорганизмами (НМА контроль и НТЯ контроль).

**Результаты и обсуждение.** Результаты исследований представлены в таблицах 2–4. Как видно из данных, приведенных в таблице 2, показатель *pH* контаминированных образцов консервов изменялся только в консервах «Пюре

из брокколи с гречневой крупой», увеличиваясь по сравнению с исходным значением почти на 4,8 %. Активная кислотность исследуемых видов как контаминированных, так и контрольных образцов овоще-фруктовых нектаров на протяжении всего эксперимента колебалась незначительно и в среднем была равна исходному значению *pH* (таблица 2).

Таблица 2

Изменение величины рН в объектах исследования в процессе хранения

Продолжительность хранения, ч	Величина <i>pH</i> в консервах					
	П 9	НМА 9	НМА 11	НМА контроль	НТЯ 11	НТЯ контроль
0	5,65		4,45		4,19	
24	5,71	4,40	4,42	4,40	4,15	4,25
48	5,77	4,39	4,41	4,47	4,20	4,15
72	5,87	4,38	4,40	4,45	4,21	4,19
96	5,92	4,45	4,41	4,45	4,23	4,20



Анализ динамики значений окислительно-восстановительного потенциала контаминированных пюре и нектаров и контрольных образцов показал следующее (таблица 3). В течение 48 ч хранения окислительно-

восстановительный потенциал пюреобразных консервов практически не изменялся, однако на третьей сутки эксперимента этот показатель снизился почти в 2 раза, оставаясь на примерно том же уровне следующие 24 ч.

Таблица 3

Динамика окислительно-восстановительного потенциала объектов исследований в процессе хранения

Продолжительность хранения, ч	Величина $Eh$ (мВ) в консервах					
	П 9	НМА 9	НМА 11	НМА контроль	НТЯ 11	НТЯ контроль
0	-186,3	+32,8			+35,2	
24	-190,1	+56,5	+49,2	+57,4	+84,3	+91,8
48	-189,4	+79,1	+55,4	+66,2	+103,2	+107,1
72	-329,7*	+56,6	+40,7	+58,2	+83,1	+107,9
96	-326,6*	+33,7	+16,8	+31,4	+66,1	+84,0

Примечание – \* – Образцы продукции приобрели тягучую консистенцию, цвет и запах – не изменились

Иной характер изменения  $Eh$  наблюдался в контаминированных овоще-фруктовых нектарах (таблица 3). Независимо от вида тест-штамма окислительно-восстановительный потенциал увеличивался в течение первых двух суток хранения в 1,7–2,9 раза по сравнению с исходным значением, а затем начал снижаться. При этом значение  $Eh$  морковно-апельсинового нектара к концу эксперимента было на уровне исходного (НМА 9) или ниже в 1,95 раз (НМА 11), а окислительно-восстановительный потенциал тыквенно-яблочного нектара снизился

по сравнению с максимальным его значением в 1,6 раза, но был выше исходного приблизительно на 30 мВ. Характер изменений окислительно-восстановительного потенциала контрольных образцов нектаров не отличался от динамики  $Eh$  контаминированных образцов (таблица 3).

Результаты развития тест-микроорганизмов и аэробной остаточной микробиоты в процессе хранения контаминированных и контрольных образцов консервов представлены в таблице 4 и свидетельствуют о следующем.

Таблица 4

Изменение содержания микроорганизмов в объектах исследования в процессе их хранения

Продолжительность хранения, ч	Количество микроорганизмов в 1 см <sup>3</sup> консервов, КОЕ					
	П 9	НМА 9	НМА 11	НМА контроль	НТЯ 11	НТЯ контроль
0	$2,1 \cdot 10^5$	$4,6 \cdot 10^4$	$2,0 \cdot 10^7$	0	$8,0 \cdot 10^6$	0
24	$7,8 \cdot 10^7$	$2,7 \cdot 10^7$	$7,6 \cdot 10^9$	0	$1,9 \cdot 10^{10}$	$2,0 \cdot 10^1$
48	$5,3 \cdot 10^7$	$2,8 \cdot 10^7$	$1,4 \cdot 10^{11}$	$2,1 \cdot 10^2$	$8,8 \cdot 10^9$	$1,1 \cdot 10^3$
72	$2,7 \cdot 10^9$	$3,4 \cdot 10^9$	$6,3 \cdot 10^{11}$	$6,2 \cdot 10^1$	$3,4 \cdot 10^{11}$	$1,7 \cdot 10^2$
96	$>3,0 \cdot 10^{10}$	$1,4 \cdot 10^{10}$	$2,5 \cdot 10^{12}$	$6,0 \cdot 10^0$	$1,1 \cdot 10^{11}$	$<1,0 \cdot 10^0$

Во всех контаминированных образцах консервов наблюдалось увеличение содержания тест-микроорганизмов в среднем на 5 порядков. При этом наиболее интенсивный рост регистрировался через 24–48 ч хранения исследуемых образцов (таблица 4). Сравнивая динамику содержания тест-микроорганизмов (таблица 4), характер изменения величин рН (таблица 2) и значений окислительно-восстановительного потенциала (таблица 3) контаминированных консервов, можно предположить следующее:

– изменения  $pH$  среды обусловлены как ее составом, так и видом микроорганизмов, присутствующих в ней;

– барьерные функции  $Eh$  в определенной степени определяются уровнем контаминации микроорганизмами их среды обитания.

В контрольных образцах признаки роста остаточной микробиоты (таблица 4) были обнаружены через 24 ч (нектар тыквенно-яблочный) и 48 ч (нектар морковно-апельсиновый). После 72 ч хранения количество аэробных микроорганизмов в контрольных образцах снижалось до порога обнаружения



(таблица 4), что совпадало со снижением окислительно-восстановительного потенциала указанных продуктов (таблица 3). Таким образом, полученные результаты (таблицы 3 и 4) дают основание полагать, что изменение  $Eh$  в консервированных продуктах после нарушения герметичности их потребительской упаковки оказывает определенное влияние на выживаемость их остаточной аэробной микробиоты.

**Заключение.** На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1) химический состав продуктов и свойства микроорганизма-контаминанта оказывали определенное влияние на характер изменения окислительно-восстановительного потенциала и активной кислотности среды;

2) после вскрытия потребительской упаковки стерилизованных консервов вследствие доступа кислорода к продукту, происходило изменение  $Eh$  среды, способствующее развитию остаточной

аэробной микробиоты продукта;

3) окислительно-восстановительный потенциал среды может быть использован в качестве одного из критериев при обосновании безопасного периода употребления стерилизованных консервов в пищу после нарушения герметичности их потребительской упаковки.

#### Литература

- [1] Джеймс М. Джей, Мартин Дж. Лесснер, Дэвид А. Гольден. *Современная пищевая микробиология* /Дж. М. Джей, М.Дж. Лесснер, Д.А. Гольден ; пер. 7-го англ. Изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 886 с.
- [2] Hewitt, L.F. (1950). *Oxidation-Reduction Potentials in Bacteriology and Biochemistry*, 6<sup>th</sup> ed. Edinburgh: Livingston.
- [3] Morris, E.O. (1962). Effect of environment on microorganisms. In *Recent Advances in Food Science*, ed. J. Hawthorn and J.M. Leitch, vol. 1, 24–36. London: Butterworths.



**Зинаида Егорова.** Доцент, кандидат технических наук, доцент, член-корреспондент Международной академии холода. Белорусский государственный технологический университет.

Моб. тел.+375 296 23 70 95. E-mail: [egorovaze@tut.by](mailto:egorovaze@tut.by)

**Zinaida Yegorova.** Ph.D., Associate Professor, Corresponding Member of the International Academy of Refrigeration, docent of the Department of Physical and Chemical Methods of Production Certification the Belarusian State Technological University.

Mob. ph.+375 296 23 70 95. E-mail: [egorovaze@tut.by](mailto:egorovaze@tut.by)