

Т. М. Шачек, ассистент; З. Е. Егорова, доцент; С. И. Аверина, студентка

ИССЛЕДОВАНИЕ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО ПОТЕНЦИАЛА E_h КАК БАРЬЕРНОГО ФАКТОРА ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Microbiological firmness and food safety of the majority traditional, and also a new foodstuff is based on combination of the several factors named barriers which cannot overcome microorganisms. For preservation of quality of foodstuff barriers should be in an optimum range. The understanding of barrier effect has allowed to create the barrier technology providing microbiological firmness and safety of product by means of a combination of barriers. Each proof foodstuff should have some barriers providing the control of «normal» number of microorganisms in this product.

Введение. Понятие барьерного эффекта, впервые предложенного научной общественности Л. Ляйстнером в 1978 г. [1], позволило создать барьерную технологию, обеспечивающую микробиологическую стойкость и безопасность пищевых продуктов посредством комбинации барьеров, которые не могут преодолеть микроорганизмы. Самыми важными барьерами, обычно используемыми для сохранения пищевых продуктов, являются температура, активность воды, кислотность (рН), окислительно-восстановительный потенциал (E_h), консерванты и конкурирующая микрофлора.

Однако подход, в основе которого лежит барьерная технология, следует понимать гораздо шире, чем просто обеспечение микробиологической стойкости, так как ряд положительных и отрицательных барьеров определяют также органолептические характеристики, питательные и экономические показатели пищевых продуктов [2]. Для сохранения качества пищевого продукта барьеры должны быть в оптимальном диапазоне. Изучению большинства из перечисленных барьерных факторов (рН, a_w , консерванты и конкурирующая микрофлора) посвящены многочисленные работы как отечественных, так и зарубежных ученых [3–5]. Вместе с тем данные исследований E_h ограничены [6, 7].

E_h характеризует степень активности электронов в окислительно-восстановительных реакциях, т. е. реакциях, связанных с присоединением или передачей электронов. Он зависит от температуры и взаимосвязан с рН анализируемой среды. Значение E_h для каждой окислительно-восстановительной реакции выражается в милливольтгах и может иметь как положительное, так и отрицательное значение. Например, в природной воде значение потенциала колеблется от -400 до $+700$ мВ и определяется всей совокупностью происходящих в ней окислительных и восстановительных процессов.

E_h является одним из основных параметров контроля качества водной среды, так как позволяет делать общие выводы о ее химическом составе, а также оценить эффективность ее обеззараживания. Иллюстрацией этому является зависимость продолжительности жизни

типичных микроорганизмов от величины E_h (табл. 1) [7].

Таблица 1

Зависимость продолжительности жизни типичных микроорганизмов от величины E_h

E_h , мВ	Время жизни <i>E. coli</i> , мин
450–500	167
500–550	6
550–600	1,7
700–750	0,2
750–800	0,05

Барьерные эффекты имеют особенное значение для сохранения пищевых продуктов с промежуточной и высокой влажностью, поскольку барьеры контролируют процессы, вызывающие микробиальную порчу и процессы ферментации. Учитывая вышесказанное, целью данной работы было исследование окислительно-восстановительного потенциала (E_h) как барьерного фактора для пищевых продуктов растительного происхождения.

Материалы и методы исследований. Объектом исследования были образцы стерилизованных консервов из фруктов и овощей: соки, пюре, сокосодержащая продукция и маринады, изготовленные перерабатывающими предприятиями Республики Беларусь в 2007–2008 гг.

Также в качестве образцов исследования выступали нектары овощные и овощефруктовые нестерилизованные, изготовленные из овощной мякоти и подготовленной питьевой воды с добавлением или без добавления концентрированных фруктовых соков, с сахаром, без термической обработки по ТУ ВУ 600052756.008 [8].

В исследуемых образцах определяли E_h , рН и содержание витамина С. Для установления динамики E_h в процессе хранения растительных пищевых продуктов данный барьерный фактор измеряли на протяжении 72 ч их хранения при различных температурах ($(4 \pm 1)^\circ\text{C}$ и $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$) с периодичностью 24 ч. Дополнительно в хранившихся образцах определяли микробиологические показатели – МАиФАНМ, содержание дрожжей и плесеней. Всего было исследовано 30 образцов продукции, отобранных в соответствии с СТБ 1036 [9] и ГОСТ 26313 [10].

Значения E_h и pH в образцах нектаров овощных и овошефруктовых нестерилизованных

Продукция	E_h , мВ	pH
Нектар морковный с витамином С и сахаром	43,0	4,5
Нектар морковный с витамином С, Se и сахаром	59,0	4,5
Нектар морковно-тыквенный с витамином С и с сахаром	78,0	4,6
Нектар морковно-тыквенный с витамином С, Se и с сахаром	97,0	4,7
Нектар из смеси овощей и фруктов (моркови, тыквы, апельсин) с витамином С и сахаром	28,0	4,3
Нектар из смеси овощей и фруктов (моркови, тыквы, апельсин) с витамином С, Se и сахаром	35,0	4,4

Для определения окислительно-восстановительного потенциала использовали измерительную систему, включающую иономер И-160М, электрод платиновый ЭВП-1 и вспомогательный электрод сравнения ЭВЛ-1МЗ.1. Показатель pH системы измеряли с помощью прибора pH-150М. Витамин С определяли методом потенциометрического титрования по ГОСТ 24556 [11]. Микробиологические показатели консервов определяли общепринятыми методами в соответствии с ГОСТ 10444.12 [12] и ГОСТ 10444.15 [13].

Все результаты измерений, полученные в процессе экспериментальных исследований, приведены, согласно Международной системе единиц, и обработаны статистически в соответствии с требованиями, предъявляемыми к описательной статистике [14].

Результаты исследований. Результаты определения E_h в образцах стерилизованных консервов представлены в табл. 2.

Таблица 2

Значения E_h и pH в образцах стерилизованных консервов

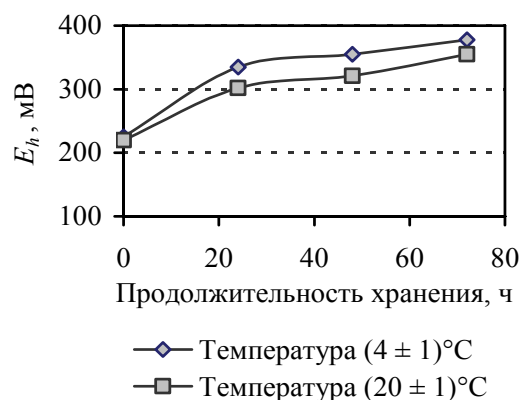
Продукция	E_h , мВ	pH
Яблоки протертые с сахаром стерилизованные	65,0	2,3
Огурцы «Юбилейные» маринованные стерилизованные	67,0	2,7
Сок грейпфрутовый неосветленный восстановленный	197,0	3,6
Сок апельсиновый неосветленный восстановленный	198,0	3,8
Сок тыквенно-яблочный с мякотью с сахаром	225,0	3,9
Сок яблочно-клубничный с мякотью с сахаром	237,0	3,9
Сок мультифруктовый с сахаром неосветленный восстановленный	170,0	4,0
Сок томатный с мякотью с солью восстановленный	148,0	4,1
Сок морковный с мякотью с сахаром	114,0	4,3

Значение E_h в исследуемых образцах консервов изменялось в пределах от 65–237 мВ. При этом наибольший E_h был выявлен в соке яблочно-клубничном с мякотью с сахаром, а наименьший – в яблоках протертых с сахаром стерилизованных.

Значительно меньшие значения E_h были получены при измерениях изучаемого барьерного фактора в нектарах овощных и овошефруктовых нестерилизованных – от 28 до 97 мВ (табл. 3).

Результаты исследования динамики E_h в процессе хранения некоторых образцов консервов из овощей и фруктов представлены на рис. 1 и 2.

Данные, приведенные на рис. 1 и 2, свидетельствовали о значительном изменении E_h в процессе хранения сока тыквенно-яблочного и яблок протертых с сахаром как при стандартной ($(4 \pm 1)^\circ\text{C}$), так и повышенной ($(20 \pm 1)^\circ\text{C}$) температурах.

Рис. 1. Изменение E_h в процессе хранения сока тыквенно-яблочного с мякотью с сахаромРис. 2. Изменение E_h в процессе хранения яблок протертых с сахаром

На протяжении всего периода их хранения наблюдалось постепенное возрастание значения

E_h и по его окончании, через 72 ч, оно превысило исходный уровень в среднем в 1,6 и 3,3 раза для сока тыквенно-яблочного и яблок протертых с сахаром соответственно.

Вместе с тем рН (рис. 3 и 4) в анализируемых образцах продукции оставалась практически неизменной независимо от условий их хранения – от 2,0 до 3,0 для яблок протертых с сахаром и 3,8 для сока тыквенно-яблочного. Также незначительные изменения были установлены и при исследовании микробиологических показателей в процессе хранения исследуемых проб продукции при различных температурных режимах – (4 ± 1)°C и (20 ± 1)°C (табл. 4 и 5).

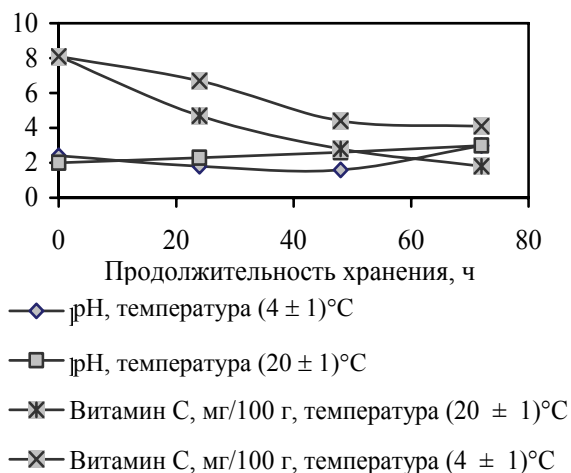


Рис. 3. Изменение рН и витамина С в процессе хранения яблок протертых с сахаром

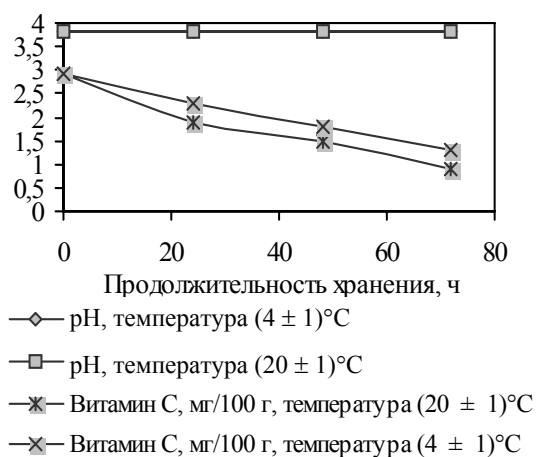


Рис. 4. Изменение рН и витамина С в процессе хранения сока тыквенно-яблочного с мякотью с сахаром

Вместе с тем динамика витамина С, легко подвергающегося окислению в присутствии кислорода, характеризовалась существенным снижением при хранении анализируемых образцов продукции (рис. 3 и 4). Так, в яблоках протертых с сахаром уже в первые сутки хра-

нения его содержание уменьшилось в среднем в 1,5 раза, а через 72 ч было в 3 раза ниже исходного уровня. Аналогичная закономерность была выявлена и при исследовании сока тыквенно-яблочного с мякотью с сахаром. Общее снижение витамина С в данном образце продукции составило 62% (рис. 4), в то время как значение E_h при его хранении возросло в 3 раза (рис. 1).

Таблица 4

Динамика микробиологических показателей при хранении яблок протертых с сахаром

Срок хранения, ч	КМАФАнМ		Плесени и дрожжи	
	4°С	20°С	4°С	20°С
0	0	0	0	0
24	79	0	0	$<3 \cdot 10^2$ *
48	0	0,5	0	$<3 \cdot 10^2$ *
72	0	78	0	$<3 \cdot 10^2$ *

* Дрожжи.

Таблица 5

Динамика микробиологических показателей при хранении сока тыквенно-яблочного с мякотью

Срок хранения, ч	КМАФАнМ		Плесени и дрожжи	
	4°С	20°С	4°С	20°С
0	0	0,5	0	0
24	0	0	0	0,5*
48	5	3	2,5	<10 *
72	>300	$2,2 \cdot 10^1$	0	<43 *

* Дрожжи.

Заключение. В результате исследования окислительно-восстановительного потенциала как барьерного фактора на примере стерилизованных консервов из фруктов и овощей, а также свежеприготовленных нектаров на их основе можно сделать следующие выводы:

– величина E_h значительно различалась для стерилизованных и нестерилизованных образцов консервов и колебалась в следующих пределах: 65–237 и 28–97 мВ соответственно;

– динамика E_h свидетельствовала о возрастании значений изучаемого барьерного фактора при хранении консервов из фруктов и овощей как при стандартной, так и повышенной температурах.

Таким образом, проведенные нами экспериментальные исследования подтверждают имеющиеся литературные данные о том, что E_h является количественной характеристикой разрушительных окислительных процессов в пищевых продуктах при их хранении. В связи с этим экспрессный и доступный метод контроля E_h может использоваться при мониторинге качества продукции, в том числе обладающей защитными антиоксидантными свойствами.

Литература

1. Ляйстнер, Л. Барьерные технологии. Комбинированные методы обработки, обеспечивающие стабильность, безопасность и качество продуктов питания / Л. Ляйстнер, Г. Голд. – М.: ВНИИМП, 2006. – 236 с.
2. Stanley, D. W. Biological membrane deterioration and associated quality losses in food tissues / D. W. Stanley // *Crit. Rev. Food Sci. & Nutr.* – 1991. – № 30. – P. 15–18.
3. Дембицкая, И. А. Микрофлора пищевых продуктов с химическими консервантами и их влияние на процессы, протекающие при хранении: автореф. дис. ...канд. биол. наук: 03.00.07 / И. А. Дембицкая; ГНУ «Ин-т микробиологии». – Минск, 2003. – 22 с.
4. Мурашова, Д. Н. Антиоксиданты растительного происхождения / Д. Н. Мурашова, Н. В. Макарова // Технологии и продукты здорового питания. Функциональные пищевые продукты: сборник материалов VI Междунар. науч.-практ. конф., Москва, 7–10 окт. 2008 г. / Москов. гос. ун-т продовольствия; редкол.: С. А. Хуршудян [и др.]. – Москва, 2008. – С. 124–128.
5. Позняковский, В. М. Гигиенические основы питания, безопасность и экспертиза продовольственных товаров / В. М. Позняковский. – Новосибирск: Новосиб. ун-т, 1990. – 267 с.
6. Брайнина, Х. З. Оценка антиоксидантной активности пищевых продуктов методом потенциометрии / Х. З. Брайнина, А. В. Иванова, Е. Н. Шарафундинова // Известия вузов. Пищевая технология. – 2004. – № 4. – С. 73–75.
7. Окислительно-восстановительный потенциал воды, насыщенной водородом / И. М. Пискарев [и др.]; под общ. ред. И. М. Пискарева. – М.: Высш. шк., 1998. – 342 с.
8. Нектары овощные и овощефруктовые нестерилизованные. Технические условия: ТУ ВУ 600052756.008-2009. – Введ. 15.01.2009. – Минск: НИИ «Овощеводство», 2000. – 14 с.
9. Продукты пищевые и продовольственное сырье. Методы отбора проб для определения показателей безопасности: СТБ 1036-97. – Введ. 01.07.2000. – Минск: Госстандарт, 2000. – 68 с.
10. Продукты переработки плодов и овощей. Правила приемки, методы отбора проб: ГОСТ 8756.0-70. – Введ. 01.07.1985. – М.: Госстандарт, 1984. – 4 с.
11. Продукты переработки плодов и овощей. Метод определения витамина С: ГОСТ 24556-89. – Введ. 01.01.1990. – М.: Госстандарт, 1989. – 20 с.
12. Продукты пищевые. Метод определения дрожжей и плесневых грибов: ГОСТ 10444.12-88. – Введ. 01.01.1990. – М.: Госстандарт, 1989. – 12 с.
13. Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов: ГОСТ 10444.15-94. – Введ. 01.07.1996. – М.: Госстандарт, 1995. – 12 с.
14. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – М.: Высш. шк., 1973. – 342 с.