

## ИЗМЕНЕНИЕ ПЕРЕКИСНОГО ОКИСЛЕНИЯ ЛИПИДОВ В ЯБЛОКАХ ПРИ ХРАНЕНИИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НАНЕСЕННОГО ПОКРЫТИЯ

*Л.Б. Коротышева, А.А. Вытовтов*

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,  
г. Санкт-Петербург*

Статья посвящена процессам, протекающим в клетках семечковых плодов, в частности яблоках помологических сортов: Джонатан и Ренет Симиренко. Повреждение мембран – наиболее вероятная причина необратимых нарушений в клетке, которые могут быть охарактеризованы уровнем перекисного окисления липидов (ПОЛ). Таким образом, ПОЛ может служить интегральным показателем физиологического состояния тканей плода, а также показателем доступности компонентов мембраны для гидролитических ферментов. Это, в свою очередь, может вызвать изменение компартментации ферментов фенольного и перекисного обмена, что обуславливает существующие сдвиги метаболизма тканей. ПОЛ определяли фотометрией окрашенного комплекса с максимумом поглощения при 520 нм, появляющегося при взаимодействии тиобарбитуровой кислоты (ТБК) с малоновым диальдегидом (МДА), который образуется при окислении ненасыщенных жирных кислот. Приведены результаты исследования о влиянии полимерного покрытия на уровень перекисного окисления (ПОЛ) липидов в биомембранах, выделенных из исследуемых плодов яблок. Показано, что покрытие, нанесенное на поверхность яблок, вследствие уменьшения доступа кислорода к тканям, тормозит уровень окислительных процессов, в том числе и образование ПОЛ. Установлено, что применение исследуемых вариантов покрытия сопровождается снижением уровня ПОЛ и образованием ненасыщенных компонентов с более короткой цепью: миристиновой и пальмитиновой кислот. Нанесение полимерного покрытия на поверхность яблок позволяет сохранить структурную целостность тканей плодов. Также полимерные покрытия тормозят колебания концентрации ненасыщенных свободных жирных кислот по сравнению с контрольным вариантом. Плоды яблок, обработанные полимерными покрытиями, сохраняют длительное время присущий им внешний вид, окраску, консистенцию и аромат.

**Ключевые слова:** помологические сорта, полимерные покрытия, перекисное окисление липидов, тиобарбитуровая кислота, малоновый диальдегид, ненасыщенные жирные кислоты.

### Введение

Интерес к липидам плодов яблони и других семечковых достаточно велик, да и не только к плодам яблони. Значительное количество липидов содержится в клеточных мембранах, где они участвуют в регулировании проницаемости отдельных органоидов и целой клетки для поступающих в нее веществ.

Проведенные в последние годы исследования [2, 3, 5] подтверждают гипотезу о ведущей роли мембранных структур клетки. Несомненно, их повреждения играют ключевую роль в нарушении жизнедеятельности клеток плодов (организма). Повреждения клеточных мембран обуславливают перекисное окисление липидов (ПОЛ).

Как известно, скорость ПОЛ ограничена структурным фактором и наличием природ-

ных антиоксидантов. Нарушение молекулярной организации мембран или разрушение антиоксидантов может усилить реакции ПОЛ.

Повреждение мембран – наиболее вероятная причина необратимых нарушений в клетке, которые могут быть охарактеризованы уровнем перекисного окисления липидов. Таким образом, ПОЛ может служить интегральным показателем физиологического состояния тканей плода.

При действии различных неблагоприятных факторов, в первую очередь, накапливаются именно продукты ПОЛ.

Об интенсивности процессов перекисного окисления липидов косвенно можно судить по количеству ТБК-активных продуктов. Первичные продукты ПОЛ (гидроперекиси липидов) нестойкие и довольно быстро разруша-

ются с образованием вторичных продуктов ПОЛ, таких как малоновый диальдегид, составляющий основной компонент группы так называемых ТБК-активных веществ: всех тех веществ в ткани, которые взаимодействуют с тиобарбитуровой кислотой [1, 11].

Переокисление жирных ацилов приводит к «разрыхлению» гидрофобной части липидного биослоя, в котором образуются дефекты, аналогичные тем, которые происходят при действии фосфолипаз типа  $A_1$  или  $A_2$ , вследствие чего белковые компоненты мембраны становятся легкодоступными для протеаз. Следовательно, ПОЛ способно служить показателем доступности компонентов мембраны для гидролитических ферментов. Это, в свою очередь, может вызвать изменение компартиментации ферментов фенольного и перекисного обмена, что обуславливает существующие сдвиги метаболизма тканей.

### Объекты и методы исследований

Нами были исследованы следующие помологические сорта яблок: Джонатан и Ренет Симиренко.

В основе композиции для обработки яблок с целью сохранения их качества должен лежать пленкообразующий препарат, то есть высокомолекулярное вещество. Оно должно быть допущено к применению в пищевой промышленности, обладать растворимостью в воде или способствовать образовывать эмульсию, давать при нанесении на поверхность тонкую избирательную к газам пленку. Такими свойствами, в частности, обладает поливиниловый спирт (ПВС). Важным свойством пленок из ПВС является отсутствие вкуса, запаха и растворимость в воде [4].

Второй компонент, входящий в состав композиции для нанесения покрытия, это водный раствор хлористого кальция ( $CaCl_2$ ). Обработка солями кальция, а также введение их в состав пленкообразующих композиций препятствует возникновению и развитию физиологических болезней яблок.

Сорбиновая кислота (СК) использовалась как широко распространенный консервирующий препарат при сохранении от микробиологической порчи пищевых продуктов, в частности, растительного сырья – плодов и овощей.

Оптимальные композиции пленкообразующих полимерных покрытий для хранения яблок определяли по результатам товароведного анализа (качества плодов яблони). Обра-

ботанные и контрольные образцы яблок были уложены в ящики и помещены в холодильную камеру с температурой  $+2\text{ }^\circ\text{C}$ .

**Вариант 1** (контроль) – плоды, заложенные без обработки, также как и опытные, в стандартные ящики вместимостью 25 кг.

**Вариант 2.** Обработаны композицией, состоящей из 2,5 % раствора поливинилового спирта (ПВС) + 2 % хлористого кальция ( $CaCl_2$ ) + 0,2 % сорбиновой кислоты (СК) [4].

**Вариант 3.** Перед закладкой на хранение опытные образцы яблок были обработаны смесью, состоящим из 25 % парафина высокой частоты, 5 % восков двух типов, 5 % восков двух типов, 0,2 % сорбиновой кислоты. Перед применением препарат разбавляли водой в соотношении 1:5.

Учитывая важную роль, выполняемую внутритканевыми липидами в растительной ткани, определяли продукты перекисного окисления липидов по методу Хита и Пэкера. Этот метод основан на образовании окрашенного комплекса при взаимодействии малонового диальдегида с тиобарбитуровой кислотой [12].

### Результаты и их обсуждение

Результаты исследования о влиянии полимерного покрытия на уровень ПОЛ в биомембранах, выделенных из яблок, представлены в табл. 1 и 2. В ходе исследования удалось выявить специфические особенности спектров поглощения ТБК-активных продуктов в тканях яблок сортов Джонатан и Ренет Симиренко. Спектры поглощения ТБК-активных продуктов имеют сложную структуру. По литературным данным [1–3, 5–7] определение ПОЛ основано на фотометрии окрашенного комплекса с максимумом поглощения при 532 нм, появляющегося при взаимодействии тиобарбитуровой кислоты (ТБК) с малоновым диальдегидом (МДА), который образуется при окислении ненасыщенных жирных кислот. В нашем же эксперименте выявлен пик с максимумом поглощения при 520 нм. Подобного рода отклонения в спектре поглощения ТБК-активных продуктов обнаружены в тканях других растений [5, 8–10]. Было установлено, что вещества, появляющиеся при инкубации хлоропластов на свету (пики с максимумом поглощения при 460 и 500 нм), представляют собой продукты ПОЛ. Так, некоторые циклические перекиси при взаимодействии с ТБК образуют комплексы с максимумом поглощения при 460 нм. Воз-

Таблица 1

**Изменение содержания свободных жирных кислот в мембранах яблок сорта Джонатан в зависимости от условий хранения**

Кислоты	Содержание в мембранах яблок, %								
	Вариант 1			Вариант 2			Вариант 3		
	XI	I	V	XI	I	V	XI	I	V
C <sub>12:0</sub>	0,9	3,2	0,5	0,9	2,5	2,2	0,9	2,6	2,4
C <sub>14:0</sub>	74,1	30,5	69,8	74,1	48,7	64,9	74,1	47,5	65,2
C <sub>16:0</sub>	7,8	11,3	7,4	7,8	8,4	9,2	7,8	8,5	9,4
C <sub>18:0</sub>	3,1	4,6	5,7	3,1	3,8	4,2	3,1	3,6	4,0
C <sub>18:1</sub>	2,3	6,6	0,6	2,3	5,0	1,8	2,3	5,1	1,8
C <sub>18:2</sub>	3,3	3,6	2,6	3,3	3,2	2,9	3,3	3,0	2,8
C <sub>18:3</sub>	4,5	1,8	5,8	4,5	2,0	4,8	4,5	2,0	4,7
Всего ненасыщ.	13,2	16,6	14,7	13,2	14,0	13,7	13,2	13,7	13,4
Всего насыщ.	82,8	45,0	77,7	82,8	59,6	76,3	82,8	58,6	77,0
Ненас./насыщ.	0,16	0,37	0,19	0,16	0,24	0,18	0,16	0,23	0,17

Таблица 2

**Изменение содержания свободных жирных кислот в мембранах яблок сорта Ренет Симиренко в зависимости от условий хранения**

Кислоты	Содержание в мембранах яблок, %								
	Вариант 1			Вариант 2			Вариант 3		
	XI	I	V	XI	I	V	XI	I	V
C <sub>12:0</sub>	0,6	1,8	1,4	0,6	0,8	1,2	0,6	0,9	1,2
C <sub>14:0</sub>	92,7	42,4	80,1	92,7	35,9	77,2	92,7	37,3	77,9
C <sub>16:0</sub>	1,3	8,2	6,8	1,3	4,5	5,7	1,3	4,7	5,8
C <sub>18:0</sub>	0,9	6,7	4,6	0,9	3,7	3,0	0,9	3,5	3,1
C <sub>18:1</sub>	0,4	5,8	1,2	0,4	2,4	0,8	0,4	3,6	0,6
C <sub>18:2</sub>	0,9	1,5	0,7	0,9	1,1	0,5	0,9	1,2	0,5
C <sub>18:3</sub>	0,8	2,5	2,7	0,8	1,9	2,2	0,8	1,7	2,4
Всего ненасыщ.	3,0	16,5	9,2	3,0	9,1	6,5	3,0	9,0	6,6
Всего насыщ.	94,6	52,4	88,3	94,6	41,2	84,1	94,6	42,9	84,9
Ненас./насыщ.	0,03	0,31	0,10	0,03	0,22	0,08	0,03	0,21	0,08

Примечание: C<sub>12:0</sub> – лауриновая кислота; C<sub>14:0</sub> – миристиновая кислота; C<sub>16:0</sub> – пальмитиновая кислота; C<sub>18:0</sub> – стеариновая кислота; C<sub>18:1</sub> – олеиновая кислота; C<sub>18:2</sub> – линолевая кислота; C<sub>18:3</sub> – линоленовая кислота.

можно, пик с максимумом поглощения при 520 нм соответствует продуктам ПОЛ в тканях яблок.

Изменения интенсивности перекисного окисления липидов являются, вероятно, одним из регуляторных механизмов интенсивности дыхания. Эта регуляция осуществляется, возможно, через ингибирование сукцинатдегидрогеназы малоновой кислоты. К концу хранения ПОЛ значительно возрастает и его регуляция может выйти из-под контроля защитных механизмов против повреждающего действия продуктов ПОЛ. Продукты окисления оказывают повреждающее действие на клеточные мембраны, легко окисляют аскорбиновую кислоту, являющуюся хорошим антиоксидантом, что является одной из причин старения растительных тканей [7, 13].

В период хранения покрытие, нанесенное на поверхность яблок, вследствие уменьшения доступа кислорода к тканям, тормозит уровень окислительных процессов, в том числе и образование ПОЛ.

Длительное хранение яблок, обработанных полимерными покрытиями, с повышенной концентрацией углекислого газа и пониженным содержанием кислорода в тканях, заметно снижает скорость окисления липидов. И этот факт представляет большой интерес, объясняя более низкий уровень перекисного окисления в яблоках, обработанных полимерными покрытиями. Следовательно, регуляторная роль углекислого газа по отношению к процессу созревания плодов заключается в подавлении декарбоксилирования, прежде всего, декарбоксилирования яблочной кислоты, и, как следствие, в подавлении биосинтеза веществ, специфичных для созревания и старения плодов, в частности продуктов перекисного окисления липидов.

На протяжении всего периода хранения для яблок, имеющих покрытие, характерен более низкий уровень образования продуктов перекисного окисления липидов. А это значит, что с помощью покрытия замедляется процесс разрушения мембранных липидов.

Проведенное исследование позволило сделать вывод, что одним из аспектов благоприятного воздействия индивидуального полимерного покрытия на плодах яблони в период хранения является сохранность структурной целостности тканей.

Важную роль в процессе окисления липидов играют свободные жирные кислоты

(СЖК), которые являются основными предшественниками в биосинтезе углеводов.

Исследование фракций СЖК в мембранах яблок свидетельствует, что преобладающей является миристиновая кислота ( $C_{14}$ ). Значительными по содержанию являются пальмитиновая, линолевая и линоленовая кислоты (см. табл. 1 и 2).

В середине хранения яблок исследованных сортов в контрольном (вариант 1) и опытных вариантах (2 и 3) происходит снижение количества миристиновой кислоты, а в конце хранения – её накопление.

Количество ненасыщенных СЖК в тканях яблок обоих вариантов в середине хранения возрастало, а к концу хранения – снижалось. СЖК возрастает сильнее в контрольном варианте, а к концу хранения падает, оставаясь выше исходного уровня.

Следует отметить, что полимерные покрытия препятствовали колебаниям концентрации ненасыщенных свободных жирных кислот, тогда как в контроле эти колебания значительны.

Наиболее интенсивно по сравнению с другими свободными жирными кислотами в середине хранения накапливаются олеиновая и линолевая кислоты. Увеличение содержания ненасыщенных СЖК к концу хранения влечет за собой увеличение коэффициента, характеризующего отношение ненасыщенных СЖК к насыщенным. К концу хранения уменьшается содержание кислот с  $C_{18}$  (стеариновая кислота) углеродными атомами и разной степенью ненасыщенности и увеличивается концентрация насыщенных СЖК. Однако, полимерные покрытия заметно замедляют этот процесс.

Таким образом, при изучении влияния индивидуальных полимерных покрытий яблок установлено, что применение их сопровождается снижением уровня ПОЛ и образованием ненасыщенных компонентов с более короткой цепью: миристиновой и пальмитиновой кислот. Яблоки, обработанные полимерными покрытиями, сохранили присущий им внешний вид, окраску, консистенцию и аромат.

### *Литература*

1. *Биохимия мембран: метод. пособие к лабораторным занятиям для студентов биологического факультета / авт.-сост. Н.М. Орел. – Минск: БГУ, 2010. – 28 с.*

2. Воробьев, В.В. Перекисное окисление липидов гидробионтов / В.В. Воробьев // *Научные труды Дальрыбвтуза*. – 2008. – Т. 20. – С. 147–154.
3. Денисова, Е.В. Моделирование лабораторных исследований перекисного окисления липидов / Е.В. Денисова, С.Ф. Андрусенко // *Современная медицина: актуальные вопросы: сб. ст. по матер. XXVIII междунар. научн.-практ. конф.* – Новосибирск: СибАК, 2014. – № 2(28). – С. 37–54.
4. Коротышева, Л.Б. Влияние покрытий на сохранность аскорбиновой кислоты в плодах яблони / Л.Б. Коротышева, Т.В. Пилипенко, С.М. Малютенкова // *Агропромышленные технологии Центральной России*. – Елецк, 2016. – Вып. 2, № 2. – С. 32–38.
5. Куркин, В.А. Антиоксидантные свойства флаволигнанов плодов *SILYBVM MARIANUM (L.) GAERTN* / В.А. Куркин, А.А. Лебедев, Г.Г. Запесочная, А.В. Волоцуюева, Е.А. Лебедева, М.В. Булатова // *Растительные ресурсы*. – 2003. – Т. 39, № 1. – С. 89–93.
6. Михайлова, И.Д. Перекисное окисление липидов в растениях огурца и редиса при действии тяжелых металлов / И.Д. Михайлова, А.С. Лукаткин // *Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология*. – 2016. – Т. 16, вып. 2. – С. 206–210.
7. Нилова, Л.П. Антиоксидантная активность порошков из растительного сырья в модельной системе *in vitro* / Л.П. Нилова // *Торгово-экономические проблемы регионального бизнес-пространства*. – 2014. – № 1. – С. 274–276.
8. Попова, В.Н. Перекисное окисление липидов при низкотемпературной адаптации листьев и корней теплолюбивых растений табака / В.Н. Попова, О.В. Антипина, Т.И. Трунова // *Физиология растений*. – 2010. – Т. 57, № 1. – С. 153–156.
9. Спивак, Е.А. Генерация активных форм кислорода. Перекисное окисление липидов и проницаемость клеточных мембран в листьях проростков ячменя (*Hordeum Vulgare L.*) при засухе / Е.А. Спивак // *Вестник БГУ. Серия 2*. – 2010. – № 1. – С. 51–54.
10. Храпова, Н.Г. Перекисное окисление липидов и системы, регулирующие его интенсивность / Н.Г. Храпова // *В сб: Биохимия липидов и их роль в обмене веществ*. – М., 1981. – С. 147–154.
11. Goicoechea, E. Analysis of hydroperoxides, aldehydes and epoxydes by  $^1\text{H}$  nuclear magnetic resonance in sunflower oil oxidized at 70 and 100 °C / E. Goicoechea, M.D. Guillen // *J. Agric. Food Chem.* – 2010. – V. 58. – P. 6234–6245.
12. Health, R.L. Photoperoxidation in isolated chloroplasts: I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation / R.L. Health, L. Packer // *Arch. Biochem. Biophys.* – 1998. – V. 125. – P. 189–198.
13. Kowitcharoen, L. Changes in abscisic acid and antioxidant activity in sugar apples under drought conditions / L. Kowitcharoen, C. Wongs-Aree, S. Setha, R. Komkhuntod, V. Sri-laong, S. Kondo // *Scientia Horticulturae*. – 2015. – V. 193. – № 22. – P. 1–6.

**Коротышева Людмила Брониславовна.** Кандидат технических наук, Институт промышленного менеджмента, экономики и торговли, доцент Высшей школы товароведения и сервиса, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (г. Санкт-Петербург), [Milakorotysheva@yandex.ru](mailto:Milakorotysheva@yandex.ru)

**Вытовтов Анатолий Андреевич.** Кандидат технических наук, доцент, доцент Высшей школы товароведения и сервиса Института промышленного менеджмента, экономики и торговли, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (г. Санкт-Петербург), [avytovtov@yandex.ru](mailto:avytovtov@yandex.ru)

Поступила в редакцию 14 декабря 2016 г.

## THE CHANGE OF LIPID PEROXIDATION IN APPLES DURING THE STORAGE DEPENDING ON THE COATING

L.B. Korotysheva, A.A. Vytovtov

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russian Federation

The article is devoted to the processes occurring in cells of pome fruits, particularly in pomological apples, such as Jonathan and Reinette Simirenko. The membrane damage is the most likely reason of irreversible defects in the cell, which can be characterized by the level of lipid peroxidation (LPO). Thus, LPO can serve as an integral indicator of the physiological state of fruit tissues, as well as an indicator of availability of membrane components for hydrolytic enzymes. This in turn can cause a change of compartmentation of enzymes of phenolic and peroxide metabolism, which stipulates the existing shifts in tissue metabolism. LPO has been determined by photometry of a colored complex with an absorption maximum at 520 nm appearing during the interaction of thiobarbituric acid (TBA) and malondialdehyde (MDA) formed during the oxidation of unsaturated fatty acids. The paper presents the research results on the influence of polymer coatings on the level of lipid peroxidation (LPO) in biomembranes, isolated from the examined apples. It is shown that the coating applied to the surface of apples, due to the reduction of oxygen supply to the tissues, slows down oxidation processes, including the formation of LPO. The use of the studied options of coating is accompanied by a decrease in the level of LPO and the formation of unsaturated components with a shorter chain: myristic and palmitic acids. The polymer coating on the surface of apples allows you to preserve the structural integrity of fruit tissues. Polymer coatings also slow down fluctuations in the concentration of unsaturated free fatty acids compared to a check sample. The apples processed with polymer coatings retain for a long period of time inherent appearance, color, consistency and flavor.

**Keywords:** pomological varieties, polymer coating, lipid peroxidation, thiobarbituric acid, malondialdehyde, unsaturated fatty acids.

### References

1. Orel N.M. (Compiler) *Biokhimiya membran* [Biochemistry of membranes]. Minsk, 2010, 28 p.
2. Vorob'ev V.V. [Lipid Peroxidation of hydrobionts]. *Nauchnye trudy Dal'rybvтуza* [Scientific journal of Dalrybvтуz], 2008, vol. 20, pp. 147–154. (in Russ.)
3. Denisova E.V., Andrusenko S.F. [Modeling of laboratory studies of lipid peroxidation]. *Sovremennaya meditsina: aktual'nye voprosy: sb. st. po mater. XXVIII mezhdunar. nauchn.-prakt. konf.* [Modern medicine: current issues: collection of articles in mater. XXVIII Intern. scientific.-pract. conf.], 2014, no. 2(28), pp. 37–54. (in Russ.)
4. Korotysheva L.B., Pilipenko T.V., Maluytenkova S.M. [Influence of coatings on the preservation of ascorbic acid in Apple fruits]. *Agropromyshlennyye tekhnologii Tsentral'noy Rossii* [Agricultural technology of Central Russia], 2016, iss. 2, no. 2, pp. 32–38. (in Russ.)
5. Kurkin V.A., Lebedev A.A., Zapesochnaya G.G., Volotsueva A.V., Lebedeva E.A., Bulatova M.V. [Antioxidant properties of Lignan flavonoids unique fruit SILYBVM MARIANUM (L.) GAERTN]. *Rastitel'nye resursy* [Plant resources], 2003, vol. 39, no. 1, pp. 89–93. (in Russ.)
6. Mikhaylova I.D., Lukatkin A.S. [Lipid Peroxidation in the plants of cucumber and radish under the action of heavy metals]. *Izvestiya Saratovskogo universiteta. Novaya seriya. Seriya Khimiya. Biologiya. Ekologiya* [Izvestiya of Saratov University. New series. Series Chemistry. Biology. Ecology], 2016, vol. 16, iss. 2, pp. 206–210. (in Russ.)
7. Nilova L.P. [The Antioxidant activity of powders from vegetable raw materials in a model system in vitro]. *Torgovo-ekonomicheskie problemy regional'nogo biznes-prostranstva* [Trade-economic issues of regional business space], 2014, no. 1, pp. 274–276. (in Russ.)
8. Popova V.N., Antipina O.V., Trunova T.I. [Peroxide oxidation of lipids in low temperature adaptation of thermophilic leaves and roots of tobacco plants]. *Fiziologiya rasteniy* [Plant Physiology], 2010, vol. 57, no. 1, pp. 153–156. (in Russ.)

9. Spivak E.A. [Generation of reactive oxygen species. Lipid peroxidation and pronitsaemosti of cell membranes in leaves of barley seedlings (*Hordeum Vulgare* L.) during drought]. *Vestnik BGU. Seriya 2* [Vestnik BSU. Series 2], 2010, no. 1, pp. 51–54 (in Russ.)

10. Khrapova N.G. [Lipid peroxidation and regulating its intensity]. *Biokhimiya lipidov i ikh rol' v obmene veshchestv* [Biochemistry of lipids and their role in metabolism]. Moscow, 1981, pp. 147–154. (in Russ.)

11. Goicoechea E., Guillen M.D. Analysis of hydroperoxides, aldehydes and epoxydes by <sup>1</sup>H nuclear magnetic resonance in sunflower oil oxidized at 70 and 100 °C. *J. Agric. Food Chem.*, 2010, vol. 58, pp. 6234–6245. DOI: 10.1021/jf1005337

12. Heath R.L., Packer L. Photoperoxidation in isolated chloroplasts: I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. *Arch. Biochem. Biophys.*, 1998, vol. 125, pp. 189–198. DOI: 10.1016/0003-9861(68)90654-1

13. Kowitcharoen L., Wongs-Aree C., Setha S., Komkhuntod R., Srilaong V., Kondo S. Changes in abscisic acid and antioxidant activity in sugar apples under drought conditions. *Scientia Horticulturae*, 2015, vol. 193, no. 22, pp. 1–6. DOI: 10.1016/j.scienta.2015.06.043

**Lyudmila B. Korotysheva**, Candidate of Sciences (Engineering), Institute of industrial management, Economics and Trade, associate professor at the Higher School of Merchandising and Service, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Milakorotysheva@yandex.ru

**Anatolii A. Vytovtov**. Candidate of Sciences (Engineering), associate professor at the Higher School of Merchandising and Service, Institute of Industrial Management, Economics and Trade, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, avytovtov@yandex.ru

*Received 14 December 2016*

#### ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Коротышева, Л.Б. Изменение перекисного окисления липидов в яблоках при хранении в зависимости от нанесенного покрытия / Л.Б. Коротышева, А.А. Вытовтов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2017. – Т. 5, № 1. – С. 19–25. DOI: 10.14529/food170103

#### FOR CITATION

Korotysheva L.B., Vytovtov A.A. The Change of Lipid Peroxidation in Apples During the Storage Depending on the Coating. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2017, vol. 5, no. 1, pp. 19–25. (in Russ.) DOI: 10.14529/food170103