

Оригинальная статья / Original article
УДК 542.943:542.978:543.432:637.074
<http://dx.doi.org/10.21285/2227-2925-2019-9-3-563-569>

Сравнительные исследования эффективности антиоксидантов

© В.В. Насонова, Е.К. Туниева

Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, г. Москва, Российская Федерация

Резюме: Исследование влияния пищевых добавок, обладающих противомикробным действием, на сохранение качества и безопасности пищевой продукции в течение длительного срока хранения является актуальной задачей. Цель данной работы – сравнительная оценка антиоксидантной активности аскорбилпальмитата, альфа-токоферола, лецитина и дигидрокверцетина. Антиоксиданты добавляли в измельченный свиной жир-сырец. После внесения антиоксиданта жир-сырец упаковывали в полимерные пакеты. Затем полученные образцы жира-сырца хранили при температуре 4 ± 2 °C в течение 12 суток. На протяжении всего срока хранения (0, 4, 6, 12 суток) проводили исследования по определению органолептических показателей и показателей гидролитической (кислотное число) и окислительной порчи (перекисное, тиобарбитуровое число). Результаты органолептической оценки на 6-е сутки свидетельствовали о появлении желтоватого оттенка у жира-сырца с аскорбилпальмитатом и лецитином. При этом все образцы соответствовали установленным нормируемым значениям показателей окислительной порчи в течение 6 суток. На конец срока хранения (12 суток) образцы, за исключением выработанных с добавлением альфа-токоферола и дигидрокверцетина, имели неприятный запах и зеленоватый оттенок. Полученные данные согласовывались с результатами физико-химических исследований. Через 6 суток хранения наблюдалось значительное повышение показателей окислительной порчи у всех образцов за исключением жира-сырца, содержащего альфа-токоферол и дигидрокверцетин. Наиболее эффективное воздействие токоферол и дигидрокверцетин оказали на сокращение накопления вторичных продуктов окисления жира, что выразилось в снижении тиобарбитурового числа на 12-е сутки хранения на 37 и 70% соответственно по сравнению с контролем. На основании проведенных исследований обоснован выбор альфа-токоферола и дигидрокверцетина в качестве наиболее эффективных антиоксидантов для животного жира.

Ключевые слова: альфа-токоферол, дигидрокверцетин, лецитин, аскорбилпальмитат, окислительная порча

Информация о статье: Дата поступления 13 июня 2019 г.; дата принятия к печати 5 сентября 2019 г.; дата онлайн-размещения 30 сентября 2019 г.

Для цитирования: Насонова В.В., Туниева Е.К. Сравнительные исследования эффективности антиоксидантов // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2019. Т. 9, N 3. С. 563–569. DOI: 10.21285/2227-2925-2019-9-3-563-569

Comparative studies in the effectiveness of antioxidants

© Victoria V. Nasonova, Elena K. Tunieva

V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems, RAS, Moscow, Russian Federation

Abstract: Due to their role in preserving the quality and safety of food products having a long shelf life, a study into the effectiveness of food additives with antimicrobial properties appears to be an urgent task. The purpose of the present work is to carry out a comparative assessment of the antioxidant activity of ascorbyl palmitate, alpha-tocopherol, lecithin and dihydroquercetin (taxifolin). Antioxidants were added to a sample of chopped pork fat. After the introduction of the antioxidant, the raw fat was packaged in polymer bags. Then, the sampled raw fat was stored at a temperature of 4 ± 2 °C for 12 days. During the entire shelf life

(0, 4, 6, 12 days), studies were conducted to determine the organoleptic characteristics and indicators of hydrolytic (acid number) and oxidative deterioration (peroxide and thiobarbituric number). The organoleptic test on the 6th day revealed the appearance of a yellowish tint in the raw fat admixed with ascorbyl palmitate and lecithin. Moreover, all samples corresponded to the established normalised oxidative deterioration indicator values for the 6-day period. By the end of the storage period (12 days), the samples, with exception of those prepared with the addition of alpha-tocopherol and dihydroquercetin, had a noticeable odour and greenish tinge. Obtained data agreed with the results of physical chemistry studies. Over the period of 6 days of storage, a significant increase was observed in the indices of oxidative deterioration in all pork fat samples with exception of those admixed with alpha-tocopherol and dihydroquercetin. The most effective action of tocopherol and digidrokvertsetin was applied to the reduction in the accumulation of the second fat oxidation products, which was expressed in a reduction in the thiobarbituric number on the 12th day of storage by 37% and 70%, respectively, in comparison with the control samples. On the basis of the experimental results, it can be concluded that alpha-tocopherol and dihydroquercetin are effective antioxidants for the preservation of animal fat.

Keywords: alpha-tocopherol, dihydroquercetin, lecithin, ascorbyl palmitate, oxidative deterioration

Information about the article: Received June 13, 2019; accepted for publication September 5, 2019; available online September 30, 2019.

For citation: Nasonova V.V., Tunieva E.K. Comparative studies in the effectiveness of antioxidants. *Izvestiya Vuzov. Prikladnaya Khimiya i Biotekhnologiya* [Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology]. 2019, vol. 9, no. 3, pp. 563–569. (In Russian). DOI: 10.21285/2227-2925-2019-9-3-563-569

ВВЕДЕНИЕ

Сохранение качества и безопасности пищевой продукции является важнейшей задачей научных исследований во всем мире. Продолжительность хранения готовой продукции увеличивается в результате применения современных упаковочных материалов и пищевых добавок, обладающих противомикробным действием. Эти технологические приемы создают барьеры для проникновения и развития нежелательной микрофлоры в течение длительного времени. Однако в процессе хранения продукта к снижению его качества и пищевой ценности может приводить не только микробиологическая, но и окислительная порча. Качество жирсырья и окислительные процессы влияют на характеристики готового продукта, вызывая потерю желательного цвета, вкуса, запаха и сокращая срок его годности [1–3]. Кроме того, в результате окислительных процессов происходит снижение пищевой ценности мясной продукции главным образом ввиду изменения химического состава жиров (разрушаются ненасыщенные жирные кислоты), снижения содержания жирорастворимых витаминов (А, Д, Е, К) и незаменимых жирных кислот. При окислении жиров образуются свободные радикалы и низкомолекулярные продукты распада – жирные кислоты, в том числе их транс-изомеры, альдегиды, кетоны, перекиси, многие из которых являются токсичными и антиалиментарными веществами [4–7]. Прогорклые жиры вызывают расстройство пищеварения, изжогу, раздражают слизистую оболочку пищеварительного тракта. Необходимо учесть, что снижение пищевой ценности начинается задолго до того, как прогоркание может быть обнаружено органолептически.

Традиционно применяемые при производстве пищевой продукции аскорбиновая кислота (Е300) и аскорбат натрия (Е301) обладают слабыми антиокислительными свойствами. Также известно, что аскорбиновая кислота способна проявлять и проокислительные свойства [8, 9], ее относят к вторичным антиокислителям. Как правило, аскорбиновая кислота и аскорбат натрия не оказывают тормозящего действия на окисление жиров, поскольку, поскольку не растворяются в жире. Более эффективным с этой точки зрения является жирорастворимый аскорбилпальмитат (Е304). С целью ингибирования окисления животных жиров представляет интерес использование токоферолов [10]. Смесь токоферолов также способна задерживать окисление ненасыщенных жирных кислот и жиров, проявляя свойства «поглотителя» свободных радикалов [11, 12].

В последние годы научное сообщество обратило внимание на антиокислители из природного сырья [13–16]. В этом отношении интерес представляет использование дигидрокверцетина, известного довольно давно [17, 18], но не нашедшего широкого применения из-за его высокой стоимости. Традиционно дигидрокверцетин получали из дорогостоящего сырья – цитрусовые, косточки винограда, софора японская, лепестки розы, стебли гингкобилоба. Российским ученым удалось наладить производство дигидрокверцетина, природного флавоноида, из сибирской лиственницы.

Лецитин, представляющий смесь натуральных веществ на основе фосфолипидов, антиокислительное действие которых связано с подавлением реакций автоокисления непредельных органических соединений, прежде всего не-

насыщенных жирных кислот, также применяется в качестве антиокислителя в маслах и жирах [19]. Более эффективно его применение в качестве синергиста антиокислителей [20].

Таким образом, практический интерес для применения при производстве пищевой продукции с высоким содержанием жиров представляют такие антиокислители, как аскорбилпальмитат, токоферолы, лецитин и дигидрокверцетин.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Объектами исследования являлись образцы жира-сырца по ТУ 9215-895-00419779-06 «Жир-сырец говяжий и свиной обработанный». Для равномерного распределения антиокислителей жир-сырец предварительно измельчали на волчке через решетку с диаметром отверстий 2–3 мм. Затем вносили следующие антиокислители:

– «Лавитол (дигидрокверцетин)» (далее – дигидрокверцетин), получаемый из лиственницы даурской (свидетельство о государственной регистрации RU.77.99.88.009.E.051596.12.11 от 13.12.2011), выпускаемый согласно ТУ 9325-001-706692152-07 фирмой «Аметис»;

– Аскорбилпальмитат (AscorbylPalmitate) фирмы «DSM Nutritional Products Europe Ltd.», Швейцария;

– альфа-токоферол (далее – токоферол), производства Швейцария;

– лецитин, производства Израиль.

Характеристика антиокислителей представлена в табл. 1.

Контрольным образцом служил жир-сырец без использования антиокислителей. Дозировки вносимых антиокислителей приведены в табл. 2. Выбор дозировок антиокислителей был обусловлен практикой их применения в мясной промышленности. Аскорбилпальмитат и дигидрокверцетин перед внесением растворяли путем механического перемешивания в подсолнечном масле по ГОСТ Р 52465 в количестве 1 г масла на 0,01 г антиокислителя. Токоферол и лецитин вносили без предварительной подготовки.

После внесения антиокислителя жир-сырец упаковывали в полимерные пакеты. Затем полученные образцы хранили при температуре 4 ± 2 °С в течение 12 суток.

После производства и в течение всего срока хранения проводили исследования по определению органолептических показателей и показателей окислительной порчи.

Органолептическую оценку образцов проводили по ГОСТ 9959-2015 «Мясо и мясные продукты. Общие условия проведения органолептической оценки». Дегустационная комиссия состояла из 8 дегустаторов.

Таблица 1

Характеристика антиокислителей

Table 1

Antioxidant specifications

Показатель	Характеристика антиокислителя и значение			
	Дигидрокверцетин	Аскорбилпальмитат	Токоферол	Лецитин
Внешний вид и консистенция	порошок	порошок	вязкая маслянистая жидкость	густая, вязкая жидкость
Цвет	от светло-желтого до белого	белый	от желтого до коричневого	коричневого цвета
Вкус и запах	без вкуса и запаха	слабый запах лимона	без запаха	без запаха
Массовая доля основного вещества, %	не менее 90,0	не менее 98	не менее 96,0	не менее 62,0*

*Для лецитина – фосфолипидов.

Таблица 2

Дозировка антиокислителей

Table 2

Antioxidant dosage

Антиокислитель	Дозировка антиокислителей, мг на 1 кг жира-сырца			
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Аскорбилпальмитат	250	–	–	–
Токоферол	–	80	–	–
Лецитин	–	–	3000	–
Дигидрокверцетин	–	–	–	200

Кислотное число определяли методом, основанным на титровании свободных жирных кислот в эфирно-спиртовом растворе жира водным раствором щелочи; перекисное число – методом, основанным на окислении йодистоводородной кислоты пероксидами, содержащимися в жире, с последующим оттитровыванием выделившегося йода тиосульфатом натрия. Определение тиобарбитурового числа проводили методом, основанным на образовании окрашенных веществ в результате взаимодействия продуктов окисления жира с 2-тиобарбитуровой кислотой и на измерении интенсивности окраски на спектрофотометре¹.

Все исследования проводили в трехкратной повторности. Статистическую обработку результатов проводили с помощью программы MS Excel. Оценку статистической значимости различий между показателями проводили с использованием t-критерия Стьюдента.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Анализ органолептических характеристик контрольного и опытных образцов свиного жира-сырца показал, что после внесения антиокислителей все исследуемые образцы были молочно-белого цвета, за исключением образца, выработанного с лецитином (с желтоватым оттенком), имели запах, свойственный данному виду продукта (т.е. без постороннего запаха).

На рис. 1–3 представлены данные об изменении показателей гидролитической и окислительной порчи жира-сырца в процессе хранения (оценка образцов производилась на 4-е, 6-е и 12-е сутки хранения).

Органолептическая оценка экспериментальных образцов на 6-е сутки хранения показала, что образцы, выработанные с аскорбилпальмитатом и с лецитином, по цвету отличались от остальных образцов желтоватым оттенком, в то время как все остальные были молочно-белого цвета, имели запах, свойственный данному виду продукта, посторонние запахи отсутствовали.

Через 12 суток хранения образцы также сравнивались по внешнему виду и запаху: все образцы, за исключением выработанных с добавлением токоферола и дигидрохверцетина, имели неприятный запах и зеленоватый оттенок.

Срок годности жира-сырца при температуре хранения 4 ± 2 °C составляет 4 суток. Учитывая коэффициент запаса, исследуемые образцы не должны были превышать нормируемые значения для показателей окислительной порчи в течение 6 суток хранения. Внесение анти-

окислителей существенно не повлияло на гидролитические изменения жира при хранении до 6 суток ($p > 0,05$) (рис. 1). Экспериментально было установлено, что нормируемые значения окислительной порчи (перекисное число – 10 ммоль акт O_2 ; кислотное число – 4 мг/кг) в течение 6 суток хранения не были превышены ни у одного из опытных образцов, хотя происходило накопление продуктов окисления.

Образец, выработанный с дигидрохверцетином, показал наименьшее накопление перекисей в течение 12 суток хранения (на 49% ниже по сравнению с контролем, $p < 0,05$) (рис. 2).

На 12 сутки хранения контрольный образец, выработанный без антиокислителей, по значению кислотного числа превысил установленную норму на 1,8 мг/кг, а образец с аскорбилпальмитатом – на 0,12 мг/кг. Значения кислотного числа остальных образцов жира-сырца с антиокислителями были в пределах нормы.

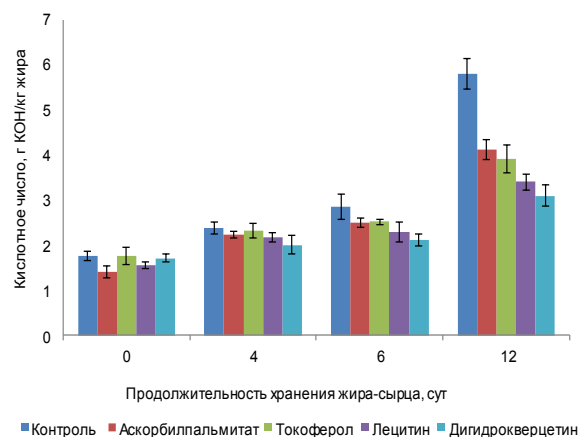


Рис. 1. Динамика изменения кислотного числа жира-сырца

Fig. 1. Dynamics of raw fat acid value

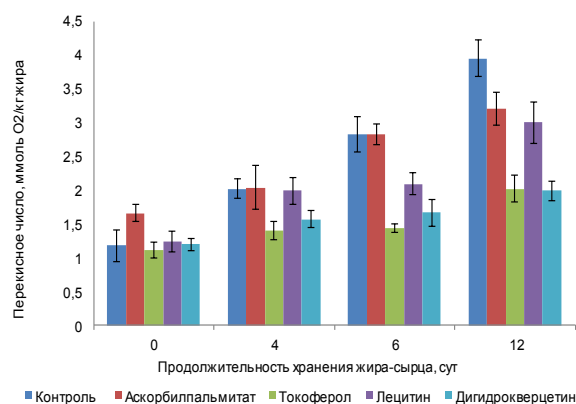


Рис. 2. Динамика изменения перекисного числа жира-сырца

Fig. 2. Dynamics of raw fat peroxide value

¹ Журавская Н.К., Алехина Л.Т., Отряшенкова Л.М. Исследование и контроль качества мяса и мясопродуктов: учеб. пособие. М.: Агропромиздат, 1985. 296 с.

Внесение токоферола и дигидрохверцетина оказало положительное влияние на сокращение образования продуктов вторичного окисления в течение всего срока хранения жира-сырца (рис. 3). Снижение тиобарбитурового числа у образцов жира-сырца с токоферолом и дигидрохверцетином на конец хранения (12 суток) составило 37 и 70% соответственно по сравнению с контролем ($p < 0,05$).

В результате проведенных исследований было установлено:

– динамика накопления продуктов окислительной порчи согласуется с результатами органолептической оценки исследуемых образцов жира-сырца;

– наибольшую эффективность из исследуемых антиокислителей проявили токоферол и дигидрохверцетин.

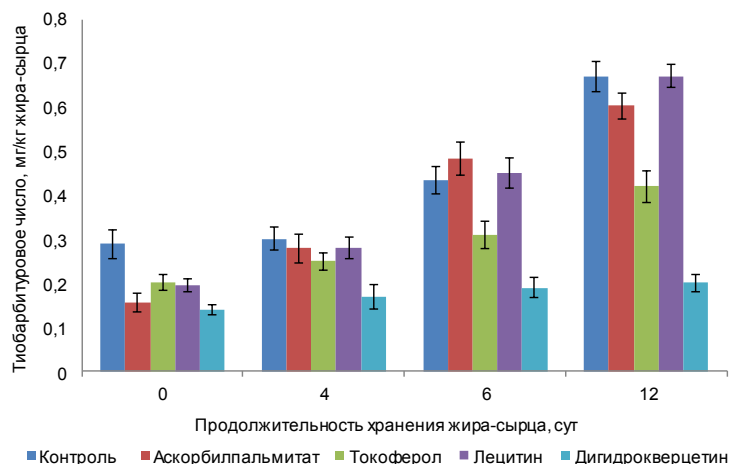


Рис. 3. Динамика изменения тиобарбитурового числа жира-сырца

Fig. 3. Dynamics of raw fat thiobarbituric value

ВЫВОДЫ

Сравнительная оценка эффективности антиокислителей показала, что без внесения в качестве рецептурного компонента антиокислителей при хранении жира наблюдается динамичное протекание окислительных процессов, что в свою очередь негативно отражается на качестве и безопасности продукта. Применение

в качестве антиокислителя токоферола и дигидрохверцетина позволяет замедлить скорость распада жиров и получить продукты высокого качества, устойчивые к окислительной порче. Наиболее эффективное влияние данные антиокислители оказали на замедление скорости образования продуктов вторичного распада жира.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Richards M.P., Modra A.M., Li R. Role of deoxyhemoglobin in lipid oxidation of washed cod muscle mediated by trout, poultry and beef hemoglobin // Meat Science. 2002. Vol. 62. Issue 2. P. 157–163.
2. Chaijan M. Review: Lipid and myoglobin oxidations in muscle foods // Songklanakarin Journal of Science and Technology. 2008. Vol. 30. Issue 1. P. 47–53.
3. Baer A.A., Dilger A.C. Effect of fat quality on sausage processing, texture and sensory characteristics // Meat Science. 2014. Vol. 96. P. 1242–1249. DOI: 10.1016/j.meatsci.2013.11.001
4. Min B., Ahn D.U. Mechanism of lipid peroxidation in meat and meat products: a review // Food Science and Biotechnology. 2005. Vol. 14. No. 1. P. 152–163.
5. Niki E., Yoshida Y., Saito Y., Noguchi N. Lipid peroxidation: mechanisms, inhibition, and biological effects // Biochemical and Biophysical Research Communications. 2005. Vol. 338. P. 668–676. DOI:10.1016/j.bbrc.2005.08.072
6. García-Lomillo J., Gonzalez-SanJose M.L., Del Pino-García R., Ortega-Heras M., Muñoz-Rodríguez P. Antioxidant effect of seasonings derived from wine pomace on lipid oxidation in refrigerated and frozen beef patties // LWT – Food Science and Technology. 2017. Vol. 77. P. 85–91. DOI: 10.1016/j.lwt.2016.11.038
7. Лисицын А.Б., Туниева Е.К., Горбунова Н.А. Окисление липидов: механизм, динамика, ингибирование // Все о мясе. 2015. N 1. С. 10–15.
8. Варданян Р.Л., Варданян Л.Р., Айрапетян С.А., Арутюнян Л.Р., Арутюнян Р.С. Антиоксидантное и прооксидантное действие аскорбиновой кислоты // Химия растительного сырья. 2015. N 1. С. 113–119.
9. Jayasinghe C, Gotoh N, Wada S. Prooxidant/antioxidant behaviours of ascorbic acid, tocopherol, and plant extracts in n-3 highly unsaturated fatty acid rich oil-in-water emulsions // Food Chemistry. 2013. Vol. 141. Issue 3. P. 3077–3084. DOI: 10.1016/j.foodchem.2013.05.143

10. Bekhit A.E.D., Geesink G.H., Iliana M.A., Morton J.D., Bickerstaffe R. The effects of natural antioxidants on oxidative processes and metmyoglobin reducing activity in beef patties // *Food Chemistry*. 2003. Vol. 81. P. 175–187.
11. Tena N., Lobo-Prieto A., Aparicio R., García-González D.L. Storage and Preservation of Fats and Oils // *Encyclopedia of Food Security and Sustainability*. 2019. Vol. 2. P. 605–618. DOI: 10.1016/B978-0-08-100596-5.22268-3.
12. Sayago A., Marin M.I., Aparicio R., Morales M.T. Vitamin E and vegetable oils // *Grasas y Aceites*. 2007. Vol. 58. No 1. P. 74–86. DOI: 10.3989/gya.2007.v58.i1.11
13. Ribeiro J.S., Santos M.J.M.C., Silva L.K.R., Pereira L.C.L., Santos I.A., da Silva Lannes S.C., da Silva M.V. Natural antioxidants used in meat products: A brief review // *Meat Science*. 2019. Vol. 148. P. 181–188. DOI:10.1016/j.meatsci.2018.10.016
14. Oswell N.J., Thippareddi H., Pegg R.B. Practical use of natural antioxidants in meat products in the U.S.: A review // *Meat Science*. 2018. Vol. 145. P. 469–479. DOI:10.1016/j.meatsci.2018.07.020
15. Kumar Y., Yadav D.N., Ahmad T., Narsaiah K. Recent Trends in the Use of Natural Antioxidants for Meat and Meat Products // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2015. Vol. 14. Issue 6. P. 796–812. DOI: 10.1111/1541-4337.12156
16. Biswas A.K., Chatli M.K., Sahoo J. Antioxidant potential of curry (*Murraya koenigii* L.) and mint (*Mentha spicata*) leaf extracts and their effect on colour and oxidative stability of raw ground pork meat during refrigeration storage // *Food Chemistry*. 2012. Vol. 133. Issue 2. P. 467–472. DOI: 10.1016/j.foodchem.2012.01.073
17. Ivanov G.Y., Balev D., Nikolov H., Dragoev S. Improvement of the chilled salmon sensory quality by pulverisation with natural dihydroquercetin solutions // *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2009. Vol. 15. Issue 2. P. 154–162.
18. Тюкавкина Н.А., Руленко И.А., Колесник Ю.А. Дигидрохверцетин – новая антиоксидантная и биологически активная пищевая добавка // *Вопросы питания*. 1997. N 6. С. 12–15.
19. Judde A., Villeneuve P., Rossignol-Castera A., Le Guillou A. Antioxidant effect of soy lecithins on vegetable oil stability and their synergism with tocopherols // *JAOCs*. 2003. Vol. 80. No. 12. P. 1209–1215.
20. Doert M., Jaworska K., Moersel J.-Th., Kroh L.W. Synergistic effect of lecithins for tocopherols: Lecithin-based regeneration of α -tocopherol // *European Food Research and Technology*. 2012. Vol. 235. Issue 5. P. 915–928. DOI: 10.1007/s00217-012-1815-7
- REFERENCES**
1. Richards M.P., Modra A.M., Li R. Role of deoxyhemoglobin in lipid oxidation of washed cod muscle mediated by trout, poultry and beef hemoglobin. *Meat Science*. 2002, vol. 62, issue 2, pp. 157–163.
2. Chaijan M. Review: Lipid and myoglobin oxidations in muscle foods. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*. 2008, vol. 30, issue 1, pp. 47–53.
3. Baer A.A., Dilger A.C. Effect of fat quality on sausage processing, texture and sensory characteristics. *Meat Science*. 2014, vol. 96, pp. 1242–1249. DOI: 10.1016/j.meatsci.2013.11.001
4. Min B., Ahn D.U. Mechanism of lipid peroxidation in meat and meat products: a review. *Food Science and Biotechnology*. 2005, vol. 14, no. 1, pp. 152–163.
5. Niki E., Yoshida Y., Saito Y., Noguchi N. Lipid peroxidation: mechanisms, inhibition, and biological effects. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 2005, vol. 338, pp. 668–676. DOI:10.1016/j.bbrc.2005.08.072
6. García-Lomillo J., Gonzalez-SanJose M.L., Del Pino-García R., Ortega-Heras M., Muñiz-Rodríguez P. Antioxidant effect of seasonings derived from wine pomace on lipid oxidation in refrigerated and frozen beef patties. *LWT – Food Science and Technology*. 2017, vol. 77, pp. 85–91. DOI: 10.1016/j.lwt.2016.11.038
7. Lisitsyn A.B., Tunieva E.K., Gorbunova N.A. Lipid oxidation: mechanism, dynamics, inhibition. *Vse o myase*. 2015, no. 1, pp. 10–15. (In Russian)
8. Vardanyan R.L., Vardanyan L.R., Airapetyan S.A., Arutyunyan L.R., Arutyunyan R.S. Antioxidant and prooxidant action of ascorbic acid. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*. 2015, no. 1, pp. 113–119. (In Russian)
9. Jayasinghe C., Gotoh N., Wada S. Pro-oxidant/antioxidant behaviors of ascorbic acid, tocopherol, and plant extracts in n-3 highly unsaturated fatty acid rich oil-in-water emulsions. *Food Chemistry*. 2013, vol. 141, issue 3, pp. 3077–3084. DOI: 10.1016/j.foodchem.2013.05.143
10. Bekhit A.E.D., Geesink G.H., Iliana M.A., Morton J.D., Bickerstaffe R. The effects of natural antioxidants on oxidative processes and metmyoglobin reducing activity in beef patties. *Food Chemistry*. 2003, vol. 81, pp. 175–187.
11. Tena N., Lobo-Prieto A., Aparicio R., García-González D.L. Storage and Preservation of Fats and Oils. *Encyclopedia of Food Security and Sustainability*. 2019, vol. 2, pp. 605–618. DOI: 10.1016/B978-0-08-100596-5.22268-3
12. Sayago A., Marin M.I., Aparicio R., Morales M.T. Vitamin E and vegetable oils. *Grasas y Aceites*. 2007, vol. 58, no 1, pp. 74–86. DOI: 10.3989/gya.2007.v58.i1.11
13. Ribeiro J.S., Santos M.J.M.C., Silva L.K.R., Pereira L.C.L., Santos I.A., da Silva Lannes S.C., da Silva M.V. Natural antioxidants used in meat products: A brief review. *Meat Science*. 2019, vol. 148, pp. 181–188. DOI:10.1016/j.meatsci.2018.10.016
14. Oswell N.J., Thippareddi H., Pegg R.B. Practical use of natural antioxidants in meat products in the U.S.: A review. *Meat Science*. 2018, vol. 145, pp. 469–479. DOI:10.1016/j.meatsci.2018.07.020
15. Kumar Y., Yadav D.N., Ahmad T., Narsaiah K. Recent Trends in the Use of Natural Antioxidants for Meat and Meat Products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2015, vol. 14, issue 6, pp. 796–812. DOI: 10.1111/1541-4337.12156

16. Biswas A.K., Chatli M.K., Sahoo J. Antioxidant potential of curry (*Murraya koenigii* L.) and mint (*Mentha spicata*) leaf extracts and their effect on colour and oxidative stability of raw ground pork meat during refrigeration storage. *Food Chemistry*. 2012, vol. 133, issue 2, pp. 467–472. DOI: 10.1016/j.foodchem.2012.01.073

17. Ivanov G.Y., Balev D., Nikolov H., Dragoev S. Improvement of the chilled salmon sensory quality by pulverisation with natural dihydroquercetin solutions. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2009, vol. 15, issue 2, pp. 154–162.

18. Tyukavkina N.A., Rulenko I.A., Kolesnik Yu.A.

Dihydroquercetin - a new antioxidant and biologically active food additive. *Voprosy pitaniya*. 1997, no. 6, pp. 12–15. (In Russian)

19. Judde A., Villeneuve P., Rossignol-Castera A., Le Guillou A. Antioxidant effect of soy lecithins on vegetable oil stability and their synergism with tocopherols. *JAACS*. 2003, vol. 80, no. 12, pp. 1209–1215.

20. Doert M., Jaworska K., Moersel J.-Th., Kroh L.W. Synergistic effect of lecithins for tocopherols: Lecithin-based regeneration of α -tocopherol. *European Food Research and Technology*. 2012, vol. 235, issue 5, pp. 915–928. DOI: 10.1007/s00217-012-1815-7

Критерии авторства

Насонова В.В. и Туниева Е.К. выполнили экспериментальную работу, на основании полученных результатов провели обобщение и написали рукопись. Насонова В.В. и Туниева Е.К. имеют на статью равные авторские права и несут равную ответственность за плагиат.

Conflict of interests

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Насонова Виктория Викторовна,
к.т.н., руководитель отдела
научно-прикладных
и технологических разработок,
Федеральный научный центр
пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН,
✉ e-mail: v.nasonova@fncps.ru

Туниева Елена Карленовна,
к.т.н., ведущий научный сотрудник
отдела научно-прикладных
и технологических разработок,
Федеральный научный центр
пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН,
e-mail: e.tunieva@fncps.ru

Contribution

Victoria V. Nasonova, Elena K. Tunieva carried out the experimental work, analyzed the experimental results and prepared the text of the manuscript. Victoria V. Nasonova, Elena K. Tunieva have equal author's rights and bear equal responsibility for plagiarism.

Конфликт интересов

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article.

AUTHORS' INDEX

Victoria V. Nasonova,
Ph.D. (Engineering),
Head of the Department of Scientific
Applied and Technological Developments,
V.M. Gorbatov Federal Research Center
for Food Systems, RAS,
✉ e-mail: v.nasonova@fncps.ru

Elena K. Tunieva,
Ph.D. (Engineering), Senior Researcher,
Department of Scientific Applied
and Technological Developments,
V.M. Gorbatov Federal Research Center
for Food Systems, RAS,
e-mail: e.tunieva@fncps.ru