

ВЛИЯНИЕ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА АНТИОКСИДАНТНУЮ АКТИВНОСТЬ МЯСА КОСУЛИ

*Р.Т. Тимакова¹, С.Л. Тихонов¹, Н.В. Тихонова¹, Л.С. Кудряшов²,
О.А. Кудряшова³, Н.Ю. Стожко¹, Р.В. Ильяхин⁴*

¹ Уральский государственный экономический университет, г. Екатеринбург

² Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности им. В.М. Горбатова, г. Москва

³ Московский государственный университет пищевых производств, г. Москва

⁴ Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург

Увеличение срока годности продовольственного сырья и пищевой продукции является одним из приоритетных направлений развития пищевой промышленности. Для увеличения хранимоспособности мясного сырья применяют ионизирующее излучение. При использовании ионизирующего излучения уменьшается количество вегетативных микроорганизмов, вызывающих порчу мяса и мясопродуктов. основополагающим документом по применению технологии облучения для мяса свежего и мороженого является ГОСТ 33820-2016 «Мясо свежее и мороженое. Руководство по облучению для уничтожения паразитов, патогенных и иных микроорганизмов», который вводится с 01 июля 2017 года на территории России. Мясо диких копытных животных, в частности мясо косули, характеризуется высоким содержанием мышечной ткани (74,6–74,8 %), по питательной и биологической ценности не уступает говядине и баранине, и обладает антиоксидантной активностью (АОА) за счет содержания в нем дипептидов: карнозина (β-аланил-L-гистидин), гомокарнозина (γ-амино-бутирил-L-гистидин) и ансерина (β-аланил-1-метил-L-гистидин), токоферолов, убихинона, серосодержащих соединений и других биологически активных веществ. Но вместе с тем обработка мяса косули ионизирующим излучением может привести к снижению антиоксидантной активности. Целью исследований является определение влияния облучения мяса косули на содержание в нем антиоксидантов. Опытным путем установлено, что концентрация антиоксидантов в мясе зависит от дозы облучения. При увеличении дозы облучения с 3 до 12 кГр достоверно уменьшается АОА на 30,9 %, корреляционная зависимость между концентрацией антиоксидантов в мясе косули и дозой облучения составляет 0,99 (степень силы статистической связи по Чедоку очень высокая).

Ключевые слова: мясо косули, доза облучения, свободные радикалы, антиоксиданты.

Потребности населения Российской Федерации в мясе удовлетворяются в основном за счет свинины и мяса птицы. Следует отметить, что отмечается устойчивая тенденция в изменении потребительских предпочтений потребителей в сторону мяса диких добытых копытных животных, в частности, косули, вызванных убежденностью людей в его экологической чистоте и физиологической ценности [1, 2].

Мясо косули характеризуется высоким содержанием мышечной ткани (74,6–74,8 %) и большим количеством незаменимых аминокислот и некоторых минеральных веществ [3–5] и антиоксидантов: карнозин (β-аланил-L-гистидин), гомокарнозин (γ-амино-бутирил-L-гистидин) и ансерин (β-аланил-1-метил-L-гистидин), других биологически активных веществ [6]. Антиоксидантная система мышечной ткани мяса состоит из двух подсистем:

ферментативной (супероксиддисмутаза, каталаза, пероксидазы, глутатионтрансфераза и др.) и неферментативной (токоферолы, убихинон, витамин С, серосодержащие соединения и др.). Антиоксидантная активность подобных соединений определяется их способностью выступать в роли восстановителей (доноров электронов) по отношению к какому-либо радикальному субстрату R, переходя при этом в устойчивую, малоактивную радикальную форму [7, 8].

Для увеличения срока годности охлажденного мяса применяют различные способы [9], одним из перспективных и экономически целесообразных является обработка его ионизирующим излучением [10, 11].

В работах [12–14] зафиксировали, что доза ≥ 4,5 кГр снижает микробиологическую обсемененность. Отмечается безопасность данного метода, поскольку активность радионуклидов,

которая может проявляться в организме человека при употреблении облученных пищевых продуктов, значительно меньше средней суммарной активности естественных радионуклидов, которые поступают в организм человека при употреблении необлученных пищевых продуктов [15, 16]. Но вместе с тем обработка мяса косули ионизирующим излучением может привести к снижению антиоксидантной активности и, соответственно, снизить его полезность. Как отмечают [17], антиоксиданты замедляют окислительные процессы, приводящие к изменениям сенсорных и питательно-физиологических свойств мяса.

В нашей стране технология обработки пищевых продуктов ионизирующим излучением, в том числе мяса, вводится поэтапно. Так, с 01 июля 2017 года вводятся в действие следующие межгосударственные стандарты:

– ГОСТ 33820-2016 «Мясо свежее и мороженое. Руководство по облучению для уничтожения паразитов, патогенных и иных микроорганизмов»;

– ГОСТ 33825-2016 «Полуфабрикаты из мяса упакованные. Руководство по облучению для уничтожения паразитов, патогенных и иных микроорганизмов».

В указанных нормативных документах представлена информация о технологии обработки ионизирующим облучением мяса свежего и мороженого, полуфабрикатов из мяса; установлен регламент до и после процедуры облучения.

Исходя из вышеизложенного, целью исследований является определения влияние дозы облучения мяса косули на его антиоксидантную активность (АОА).

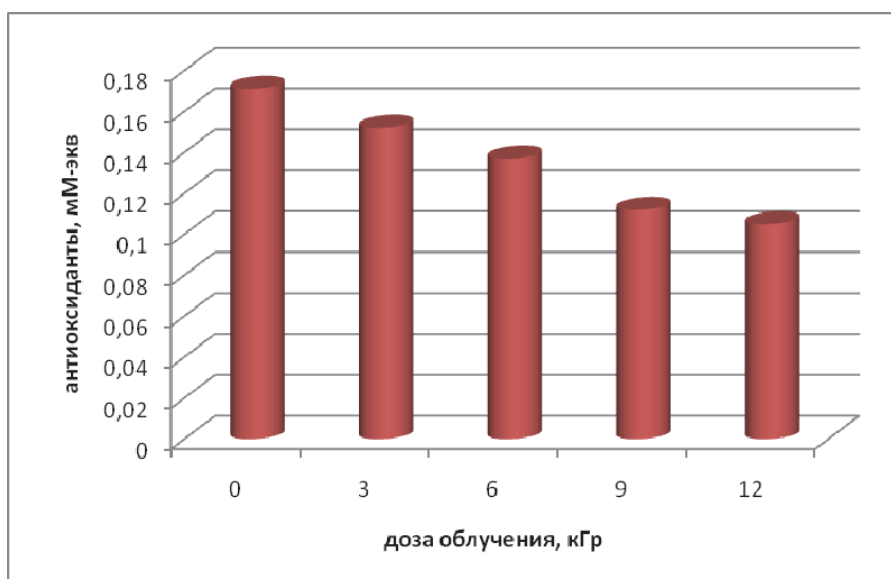
Материалы и методы

Для исследований отобрали 5 образцов охлажденного мяса косули (бедренная часть туши) промышленного забоя по 500 г каждый. Первый образец контрольный – ионизирующим излучением не обрабатывали, второй образец мяса облучали дозой 3 кГр, третий – 6 кГр, четвертый – 9 кГр и пятый – 12 кГр с помощью линейного ускорителя электронов модели УЭЛР-10-10С2.

Для идентификации мяса, обработанного ионизирующим излучением, использовали метод электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) [18], заключающийся в визуальном сравнении ЭПР-спектров образцов костной ткани косули со спектрами, указанными в ГОСТ Р 52529-2006 «Мясо и мясные продукты. Метод электронного парамагнитного резонанса для выявления радиационно-обработанных мяса и мясопродуктов, содержащих костную ткань».

Антиоксидантную активность образцов мяса косули до и после облучения определяли потенциометрическим методом с помощью анализатора МПА-1 [19, 20].

Исследования проводили в пятикратной повторности. Для обработки полученных данных использовали метод вариационной статистики с критерием Стьюдента.



Концентрация антиоксидантов в необлученных образцах мяса косули и в образцах мяса косули, облученных разными дозами (3, 6, 9, 12 кГр)

Результаты и обсуждение

Установлен факт прямой корреляции между дозой облучения образцов мяса косули и их АОА. Наибольшая АОА отмечена в необлученных образцах – $(0,171 \pm 0,020)$ мМ-экв. С увеличением дозы облучения с 3 до 12 кГр концентрация антиоксидантов в образцах мяса косули снижается с $(0,152 \pm 0,035)$ до $(0,105 \pm 0,005)$ мМ-экв или на 30,9 % (см. рисунок).

Коэффициент корреляции между дозой облучения и содержанием антиоксидантов очень высокий и составляет 0,99.

Вероятностный процесс изменения АОА облученного мяса косули заключается в следующем: обработка ионизирующим излучением запускает цепную реакцию, приводящую к росту в облученном мясе концентрации свободных радикалов. Белки мяса способны «улавливать» от 50 до 75 % образующихся свободно-радикальных соединений. Наиболее чувствительными к окислению являются серосодержащие (метионин, цистеин) и ароматические (гистидин, триптофан, тирозин и фенилаланин) аминокислотные остатки белков. Антиоксидантный эффект во многом определяется гистидиновым остатком. В свободном виде гистидин является перехватчиком НО-радикалов и одним из наиболее эффективных «гасителей» синглетного кислорода. При этом антиоксиданты вступают во взаимодействие со свободными радикалами, восстанавливая их до стабильно неактивных веществ с одновременным обрывом реакционных цепей. Антиоксиданты мяса расходуются на реакцию «поглощения» свободных радикалов, что приводит к снижению АОА мяса косули. Соответственно, с увеличением дозы облучения происходит значительное уменьшение концентрации антиоксидантов.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что при увеличении дозы облучения мяса с 3 до 12 кГр достоверно снижается его АОА на 30,9 %, корреляционная зависимость между концентрацией антиоксидантов в мясе косули и дозой облучения составляет 0,99 (степень силы статистической связи по Чеддоку очень высокая).

Литература

1. Сафонов, В.Г. Пищевая продукция охоты и её значение в связи с проблемой экологической безопасности / В.Г. Сафонов, М.Н. Андреев, В.М. Глушков // *Современные проблемы*

природопользования, охотоведения и звероводства – 2004. – № 1. – С. 21–22.

2. Денисович, Ю.Ю. Разработка технологии обогащенных мясных продуктов функциональной направленности / Ю.Ю. Денисович, А.В. Борозда, Н.М. Мандро // *Вестник АГАУ*. – 2012. – № 6 – С. 83–87.

3. Лумбунов, С.Г. Морфологический, химический состав и пищевая ценность мяса диких копытных животных (изюбрь, косуля) Бурятии / С.Г. Лумбунов, А.Б. Жамсаев, С.Б. Ешижамсоева // *Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова* – 2015. – № 4 (41). – С. 150–153.

4. Куциняк, И. Морфологический состав мяса самцов кабана, благородного оленя, косули и некоторых домашних животных / И. Куциняк // *Stiinta Agricola* – 2014. – № 2. – С. 112–114.

5. Катаева, Д.Г. Химический состав мяса косули в Дагестане / Д.Г. Катаева // *Актуальные вопросы АПК в современных условиях развития страны. Сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием*. – 2016. – С. 174–176.

6. Медведев, Я.В. Гем-зависимое перекисное окисление в мясе при холодильном хранении / Я.В. Медведев, А.Г. Шлейкин // *Вестник Международной академии холода*. – 2013. – № 2. – С. 57–61.

7. Медведев, Я.В. Определение миоглобин-зависимой пероксидазной активности мышечной ткани / Я.В. Медведев, И.С. Шаталов // *Биотехнология. Взгляд в будущее: сборник трудов Международной Интернет-конференции. Казань, 17–19 апреля 2012 г.* – Казань: Изд-во «Казанский университет», 2012. – С. 147–149.

8. Hui, Y.H. *Handbook of meat and meat processing* / Y.H. Hui et al. // CRC Press. – 2012. – 982 p.

9. Костенко, Ю.Г. О проблеме производства мяса длительного срока годности / Ю.Г. Костенко, Б.Е. Гутник, М.Х. Искаков // *Все о мясе*. – 2009. – № 6. – С. 18–20.

10. Тихонов, А.В. Использование радиационных технологий в сельскохозяйственном производстве / А.В. Тихонов, Р.С. Анашкин, А.Е. Крюков // *Сборник научных трудов ГНУ СНИИЖК*. – 2013. – № 6. – С. 330–333.

11. Chiaravalle, A.E. *Electron spin resonance (ESR) detection of irradiated fish contain-*

ing bone (gilthead sea bream, cod, and swordfish) / A.E. Chiaravalle, M. Mangiacotti, G. Marchesani, G. Vegliante // *Veterinary Research Communications*. – 2010. – № 34 (1). – P. 149–152.

12. Сакага, Риочи. Тенденция развития технологий и исследований мяса и мясных продуктов в Японии / Р. Сакага // *Все о мясе*. 2015. – № 1. – С. 20–24.

13. Erkan, N. *Alternative seafood preservation technologies: ionizing radiation and high pressure processing* / N. Erkan, A. Günlü, I.Y. Genç // *Journal of Fisheries Sciences.com*. – 2014. – № 8(3). – P. 238–251.

14. Genç, İ.Y. *Elimination of food borne pathogens in sea foods by irradiation: Effects on quality and shelf-life* / I.Y. Genç, A. Diler // *Journal of Food Science and Engineering*. – 2013. – № 3. – P. 99–106.

15. *Natural and induced radioactivity in food. IAEA-TECDOC-1287 – Vienna: IAEA, 2002. – 136 p.*

16. *Dosimetry for food irradiation. Vienna:*

International Atomic Energy Agency Technical report series. – 2002. – № 409. – 161 p.

17. Дедерер, И. Изготовление наноэмульсий с использованием ингредиентов антиоксидантного действия и их применение в мясных продуктах / И. Дедерер, М. Рюкерт // *Все о мясе*. – 2012. – № 6. – С. 10–13.

18. Оценка радиационной безопасности охлажденного мяса с использованием метода электронного парамагнитного резонанса / Р.Т. Тимакова, С.Л. Тихонов, А.Н. Тарарков, Л.С. Кудряшов // *Теория и практика переработки мяса*. – 2016. – № 3. – С. 39–47.

19. Brainina, Kh.Z. *Potentiometry as a method of antioxidant activity investigation* / Kh.Z. Brainina, A.V. Ivanova, E.N. Sharafutdinova, E.L. Lozovskaya, E.I. Shkarina // *Talanta*. – 2007. – V. 71, № 1. – P. 13–18.

20. Окислительный стресс: природа, вклад в патогенез, защита и диагностика / Х.З. Брайнина, Е.Л. Герасимова, Я.Е. Казаков, М.Я. Ходос // *Химический анализ в медицинской диагностике*. – М.: Наука. – 2010. – Т. 11. – С. 132–163.

Тимакова Роза Темерьяновна. Ведущий специалист института торговли, пищевых технологий и сервиса, Уральский государственный экономический университет (г. Екатеринбург), trt64@mail.ru

Тихонов Сергей Леонидович. Заведующий кафедрой пищевой инженерии, Уральский государственный экономический университет (г. Екатеринбург), tihonov75@bk.ru

Тихонова Наталья Валерьевна. Профессор кафедры пищевой инженерии, Уральский государственный экономический университет (г. Екатеринбург), tihonov75@bk.ru

Кудряшов Леонид Сергеевич. Главный научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности им. В.М. Горбатова (г. Москва), lskudryashov@yandex.ru

Кудряшова Ольга Алексеевна. Доцент кафедры технология и биотехнология продуктов питания животного происхождения, Московский государственный университет пищевых производств (г. Москва), ccvictory@yandex.ru

Стожко Наталья Юрьевна. Заведующий кафедрой физики и химии, Уральский государственный экономический университет (г. Екатеринбург), snu@usue.ru

Ильяхин Руслан Васильевич. Преподаватель специальных дисциплин, факультет СПО, Санкт-Петербургский горный университет (г. Санкт-Петербург), iruslan@sputniksattv.ru

Поступила в редакцию 31 марта 2017 г.

INFLUENCE OF IONIZING RADIATION ON THE ANTIOXIDANT ACTIVITY OF ROE DEER MEAT

R.T. Timakova¹, S.L. Tikhonov¹, N.V. Tikhonova¹, L.S. Kudriashev²,
O.A. Kudriashova³, N.Yu. Stozhko¹, R.V. Iliukhin⁴

¹ Ural State University of Economics, Yekaterinburg, Russian Federation

² All-Russian Research Institute of Meat Industry named after V.M. Gorbatov, Moscow, Russian Federation

³ Moscow State University of Food Production, Moscow, Russian Federation

⁴ Saint-Petersburg Mining University, St. Petersburg, Russian Federation

The increase in the shelf life of food raw materials and food products is one of the priorities in the development of food industry. Ionizing radiation is used to increase the storage capacity of meat raw materials. When using ionizing radiation, the number of vegetative microorganisms that cause damage to meat and meat products is reduced. The fundamental document on the application of the radiation technology for fresh and frozen meat is GOST 33820-2016 "Fresh and frozen meat", as well as "The instruction on irradiation for the purpose of elimination of parasites, pathogenic and other microorganisms, "which will be put into effect in July 1, 2017 in Russia. The meat of wild ungulates, roe deer in particular, is characterized by a high content of muscle tissue (74.6–74.8 %); it is highly competitive with beef and lamb in terms of nutritional and biological value, and has antioxidant activity (AOA) due to its dipeptide content: carnosine (β -alanyl-L-histidine), homocarnosine (γ -amino-butyl-L-histidine) and anserine (β -alanyl-1-methyl-L-histidine), tocopherols, ubiquinone, sulfur-containing compounds and other biologically active substances. But at the same time the treatment of roe deer meat by ionizing radiation can lead to the decrease of antioxidant activity. The aim of the present research is to define the influence of irradiation of roe deer meat on the content of antioxidants in it. By experiment it is found out that the concentration of antioxidants in meat depends on the radiation dose. When the irradiation dose is increased from 3 kGy to 12 kGy, the AOA decreases significantly by 30.9 %; the correlation between the concentration of antioxidants in roe deer meat and the dose of irradiation is 0.99 (the degree of statistical coupling power according to the Chaddock's scale is very high).

Keywords: roe deer meat, radiation dose, free radicals, antioxidants.

References

1. Safonov V.G., Andreev M.N., Glushkov V.M. [Food Products of Hunting and Their Importance In Connection With Ecological Safety Problems]. *Sovremennye problemy prirodopol'zovaniya, okhotovedeniya i zverovodstva* [Current Problems of Natural Resource Use, Hunting and Animal Breeding], 2004, no. 1, pp. 21–22. (in Russ.)
2. Denisovich Yu.Yu., Borozda A.V., Mandro N.M. [Development of the Technology of Enriched Functional Meat Products]. *Vestnik AGAU* [Bulletin of Altai State Agricultural University], 2012, no. 6, pp. 83–87. (in Russ.)
3. Lumbunov S.G., Zhamsaev A.B., Eshizhamsoeva S.B. [Morphological, Chemical Composition and Nutritional Value of Wild Ungulate Animals Meat (Manchurian deer, roe deer) of Buryatia]. *Vestnik Buryatskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii im. V.R. Filippova* [Bulletin of the Buryat State Agricultural Academy named after V.R. Filippov], 2015, no. 4 (41), pp. 150–153. (in Russ.)
4. Kutsinyak I. [Morphological Composition of the Male Meat of Wild Boar, Red Deer, Roe Deer and Some Domestic Animals]. *Stiinta Agricola*, 2014, no. 2, pp. 112–114. (in Russ.)
5. Kataeva D.G. [Chemical Composition of Roe Deer Meat in Dagestan]. *Aktual'nye voprosy APK v sovremennykh usloviyakh razvitiya strany* [Topical Issues of Agro-Industrial Complex in the Current Conditions of the Country's Development]. Collection of scientific works of the All-Russian scientific-practical conference with international participation, 2016, pp. 174–176. (in Russ.)
6. Medvedev Ya.V., Shleykin A.G. [Gem-dependent Peroxidation In Meat Stored in Cold]. *Vestnik Mezhdunarodnoy akademii kholoda* [Bulletin of the International Academy of Refrigeration], 2013, no. 2, pp. 57–61. (in Russ.)
7. Medvedev Ya.V., Shatalov I.S. [Determination of Myoglobin-Dependent Peroxidase Activity of Muscle Tissue]. *Biotekhnologiya. Vzglyad v budushchee* [Biotechnology. Looking into the future: a collection of works of the International Internet Conference]. Kazan', Kazanskiy universitet Publ., 2012, pp. 147–149. (in Russ.)

8. Hui Y.H. et al. *Handbook of meat and meat processing*. CRC Press, 2012. 982 p. DOI: 10.1201/b11479
9. Kostenko Yu.G., Gutnik B.E., Isakov M.Kh. [On the Problem of Production of Meat With A Long Shelf Life]. *Vse o myase* [Everything About Meat], 2009, no. 6, pp. 18–20. (in Russ.)
10. Tikhonov A.V., Anashkin R.S., Kryukov A.E. [The Use of Radiation Technologies in Agricultural Production]. *Sbornik nauchnykh trudov GNU SNIIZhK* [Collection of scientific works of the Stavropol Research Institute of Livestock and Fodder Production], 2013, no. 6, pp. 330–333. (in Russ.)
11. Chiaravalle A.E., Mangiacotti M., Marchesani G., Vegliante G. Electron spin resonance (ESR) detection of irradiated fish containing bone (gilthead sea bream, cod, and swordfish). *Veterinary Research Communications*, 2010, no. 34 (1), pp. 149–152. DOI: 10.1007/s11259-010-9374-5
12. Sakata R. [Meat and Meat Products Technology and Research Development Trend in Japan]. *Vse o myase* [Everything About Meat], 2015, no. 1, pp. 20–24. (in Russ.)
13. Erkan N., Günlü A., Genç İ.Y. Alternative seafood preservation technologies: ionizing radiation and high pressure processing. *Journal of Fisheries Sciences.com*, 2014, no. 8(3), pp. 238–251.
14. Genç İ.Y., Diler A. Elimination of food borne pathogens in sea foods by irradiation: Effects on quality and shelf-life. *Journal of Food Science and Engineering*, 2013, no. 3, pp. 99–106.
15. *Natural and induced radioactivity in food*. IAEA-TECDOC-1287. Vienna, IAEA, 2002. 136 p.
16. *Dosimetry for food irradiation*. Vienna: International Atomic Energy Agency Technical report series, 2002, no. 409. 161 p.
17. Dederer I., Ryukert M. [Manufacturing of Nanoemulsions with the Use of Anti-Oxidant Ingredients and Their Use in Meat Products]. *Vse o myase* [Everything About Meat], 2012, no. 6, pp. 10–13. (in Russ.)
18. Timakova R.T., Tikhonov S.L., Tararkov A.N., Kudryashov L.S. [Evaluation of the Radiation Safety of Cooled Meat Using the Method of Electron Paramagnetic Resonance]. *Teoriya i praktika pererabotki myasa* [Theory and Practice of Meat Processing], 2016, no. 3, pp. 39–47. (in Russ.) DOI: 10.21323/2414-438X-2016-1-3-57-65
19. Brainina Kh.Z., Ivanova A.V., Sharafutdinova E.N., Lozovskaya E.L., Shkarina E.I. Potentiometry as a method of antioxidant activity investigation. *Talanta*, 2007, vol. 71, no. 1, pp. 13–18. DOI: 10.1016/j.talanta.2006.03.018
20. Braynina Kh.Z., Gerasimova E.L., Kazakov Ya.E., Khodos M.Ya. [Oxidative Stress: Nature, Contribution to Pathogenesis, Protection and Diagnostics]. *Khimicheskiy analiz v meditsinskoj diagnostike* [Chemical Analysis in Medical Diagnostics]. Moscow, Nauka Publ., 2010, vol. 11, pp. 132–163. (in Russ.)

Roza T. Timakova. Leading specialist of the Institute of Trade, Food Technologies and Service, Ural State University of Economics (Yekaterinburg), trt64@mail.ru

Sergey L. Tikhonov. Head of the Department of Food Engineering, Ural State University of Economics (Yekaterinburg), tihonov75@bk.ru

Natalia V. Tikhonova. Professor of the Department of Food Engineering, Ural State University of Economics (Yekaterinburg), tihonov75@bk.ru

Leonid S. Kudriashev. Chief Researcher, All-Russian Research Institute of Meat Industry named after V.M. Gorbатов (Moscow), Iskudryashov@yandex.ru

Olga A. Kudriasheva. Associate Professor of the Department of Technology and Biotechnology of Animal-Based Food Products, Moscow State University of Food Production (Moscow), ccvictory@yandex.ru

Natalia Yu. Stozhko, Head of the Department of Physics and Chemistry, Ural State University of Economics (Yekaterinburg), snu@usue.ru

Ruslan V. Iliukhin. Lecturer of special courses, Faculty of Advanced Education, Saint-Petersburg Mining University (St. Petersburg), iruslan@sputniksattv.ru

Received 31 March 2017

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Влияние ионизирующего излучения на антиоксидантную активность мяса косули / Р.Т. Тимакова, С.Л. Тихонов, Н.В. Тихонова и др. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2017. – Т. 5, № 2. – С. 25–30. DOI: 10.14529/food170204

FOR CITATION

Timakova R.T., Tikhonov S.L., Tikhonova N.V., Kudriashev L.S., Kudriasheva O.A., Stozhko N.Yu., Iliukhin R.V. Influence of Ionizing Radiation on the Antioxidant Activity of Roe Deer Meat. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2017, vol. 5, no. 2, pp. 25–30. (in Russ.) DOI: 10.14529/food170204