УДК 537.635; 539.166; 53.06

ПРИМЕНЕНИЕ РАДИАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОБЛУЧЕННОГО МЯСА ПТИЦЫ

Radiotechnology Appliance and Identification
of the Irradiate Poultry Meat

Тимакова Р.Т.
Timakova R.T.

Реферат

Радиационные технологии обработки продовольственного сырья и пищевых продуктов способствуют снижению потерь пищевых ресурсов на всех этапах логистической цепочки посредством ингибирования, инактивации, дезинсекции и стерилизации сельскохозяйственной продукции и пищевых продуктов. В России формируется комплекс нормативно-правовых актов, регламентирующий процедурный подход к применению радиационных технологий, которые требуют практической адаптации методологии облучения и идентификации. При проведении исследований облученного в ходе эксперимента мяса птицы и последующей процедуры идентификации, осуществленной методом электронного парамагнитного резонанса (ЭПР), было установлено, что интенсивность ЭПР-сигнала и его основные параметры зависят от дозы облучения с выраженной закономерностью к увеличению с повышением дозы облучения. С высокой степенью достоверности установлено увеличение амплитуды в образцах костной ткани птицы, облученных дозой 12 кГр, по сравнению с образцами, облученными дозой 3 кГр, в 6,6 раза при увеличении ширины сигнала на 16,6 %.

Abstract

Radiation processing technology of food raw materials and food products contribute to the food resources losses reduction at all stages of the supply chain through the inhibition, inactivation, disinfection and sterilization of agricultural products and food products. The Russian government set legislative acts regulating the procedural approach to the radiation technologies use that requires practical adaptation of the irradiation exposure methodology and identification.

During the studies of irradiated poultry meat and the subsequent identification procedure carried out by the electronic paramagnetic resonance method (EPR), the researchers found that the EPR signal intensity and its main parameters depend on the irradiation dose with a frank regularity to increase while the irradiation dose rising. With a high degree of reliability, while expanding signal width by 16.6 % there is an amplitude 6.6 times increase of the poultry bone tissue samples irradiated with a dose of 12 kGy, compared to the samples irradiated with a dose of 3 kGy.

Ключевые слова:

*облучение;
доза облучения;
радиационные технологии;
идентификация;
мясо птицы;
метод электронного
парамагнитного
резонанса*

Keywords:

*radiation;
irradiation dose;
radiation technology;
identification;
poultry;
electron paramagnetic
resonance method*

Стабильное и безопасное продовольственное обеспечение населения – одна из важнейших государственных задач, от решения которой в значительной степени зависит здоровье нации [1]. Международный ГОСТ Р ИСО 22000-2007 «Системы менеджмента безопасности пищевой продукции. Требования к организациям, участвующим в цепи создания пищевой продукции», основанный на принципах ХАССП (НАССР), устанавливает требования к системе менеджмента безопасности пищевых продуктов по всей цепочке от производства, транспортирования, хранения до потребления пищевых продуктов.

В общемировом масштабе в последние годы сохраняется устойчивый дисбаланс между ресурсами сырьевыми, переработанными и ресурсами, дошедшими до конечного потребителя. По данным ФАО, на протяжении всей логистической цепочки – от переработки сельскохозяйственного сырья и производства пищевых продуктов до мест розничных продаж – количественные и качественные потери пищевой продукции значительны; в мире ежегодно теряется почти треть всех производимых пищевых продуктов, что является угрозой для устойчивого мирового развития¹. Одной из целей устойчивого развития (ЦУР) является сокращение потерь продовольствия², что с позиций повышения доступности пищевых продуктов гораздо эффективнее, чем увеличение объемов производства. Группой экспертов высокого уровня (ГЭВУ) по вопросам продовольственной безопасности и питания Комитета по всемирной продовольственной безопасности установлено, что основной причиной потерь продовольствия является низкий уровень управления при уборке урожая, в процессе его хранения, транспортировки, переработки, при упаковке и сбыте³. Наибольшие потери имеют место на малых и средних предприятиях. Укрепление глобальной продовольственной безопасности весьма значимо для решения задачи сокращения потерь продовольствия [13].

В России, как и во всем мире, на разных этапах производства и сбыта наблюдаются потери

продукции растениеводства и животноводства. В связи с этим выбор и использование эффективных способов хранения и обработки являются актуальными для отечественного агропромышленного комплекса (АПК). Срок годности пищевых продуктов определяется рядом нормативных правовых документов; регламентируемые показатели (внешний вид, цвет, консистенция продукта, нутриентный состав, микробиологическая обсемененность и др.) должны оставаться неизменными в течение всего срока хранения продукции.

К наиболее известным физическим методам, препятствующим росту микроорганизмов и позволяющим продлевать сроки годности продуктов, относятся: стерилизация и пастеризация (тепловая обработка); охлаждение и замораживание (воздействие холодом); высушивание (удаление воды).

Химические методы консервирования, т. е. добавление определенных веществ (например, кислорода, углекислого газа, антиокислителей и антибиотиков) для подавления развития микроорганизмов, позволяют увеличивать сроки годности продуктов. Вместе с тем употребление в пищу продуктов питания с большим количеством разного рода добавок, внесенных в процессе производства продукции, наносит вред организму человека [4].

Лазерная обработка и обработка ультрафиолетовым излучением (например, мясного сырья⁴) не используются в промышленных масштабах, так как часто требуется их совмещение с технологией замораживания; при несоблюдении условий хранения возможна повторная контаминация, что технологически неудобно. Пищеперерабатывающая промышленность нуждается в инновационных способах сохранения продукции не только из-за больших потерь, но и вследствие высокой конкуренции на внутреннем рынке [6].

Во второй половине XX века был предложен принципиально новый, перспективный метод холодной пастеризации (γ-излучение, рентгеновское излучение, излучение электронными пучками). В основу *радиационной технологии* положен компетентный подход к оценке воздействия излучения:

¹Продовольственные потери и пищевые отходы в контексте устойчивых продовольственных систем: Доклад Группы экспертов высокого уровня по вопросам продовольственной безопасности и питания Комитета по всемирной продовольственной безопасности (Доклад ГЭВУ). Рим, 9 мая 2014 г. 13 с.; Global food losses and food waste: extent, causes and prevention / FAO. Rome, 2011b. URL: <https://www.fao.org/3/a-i2697e.pdf> (дата обращения: 23.12.2017).

²Мониторинг продовольственной безопасности и питания в поддержку осуществления Повестки дня в области устойчивого развития на период до 2030 года: подведение итогов и планы на будущее / ФАО, МФСР и ВПП. Рим, 2016. 24 с.

³Продовольственные потери и пищевые отходы в контексте устойчивых продовольственных систем: Доклад ГЭВУ. Рим, 9 мая 2014 г. 13 с.

⁴Способ обеззараживания мясного полуфабриката: пат. № RU2262279C2, РФ: МПК A23L3/26 / Пастухов И.В.; заявитель и патентообладатель: ООО «Дарья»; заявл. 18.12.2003; опубл. 20.10.2005; Устройство для лазерной обработки мясных полутуш: пат. № RU2544383C1, РФ: МПК A23B4/015(2006.01) / Мурашов И.Д. (RU), Бирюков Е.Г. (RU), Еделев Д.А. (RU); заявитель и патентообладатель: ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет пищевых производств» Министерства образования и науки Российской Федерации (RU); заявл. 20.12.2013; опубл. 20.03.2015.

- компетенция стимуляции и подавления роста и развития для семян, вегетирующих сельскохозяйственных растений и животных;

- компетенция ингибирования, инактивации, дезинсекции и стерилизации сельскохозяйственной продукции и пищевых продуктов посредством воздействия на микроорганизмы, вредителей и паразитов.

Возможность снижать микробиологическую нагрузку при минимальном воздействии на органолептические показатели и пищевую ценность обуславливает лидерство технологии ионизирующего облучения среди существующих способов, обеспечивающих хранение продукции и продовольственного сырья [12].

Результаты многочисленных исследований подтверждают безопасность применения метода облучения.

Облучение – один из способов воздействия на пищевые продукты, практически не влияющих на пищевую ценность [17], имеющий большой потенциал для использования в пищевой промышленности. Молекулярные изменения в результате ионизации менее вредны, чем при кулинарной обработке. Продукты радиолиты подобны молекулам, образующимся при кулинарной обработке.

Важнейшими преимуществами радиационной обработки в сравнении с традиционными способами являются:

- существенное увеличение срока годности продукции при низких энергетических и денежных затратах [8; 14];
- экологичность продукции (отсутствие негативного влияния на окружающую среду);
- длительное сохранение ценных качеств и свойств облученной продукцией;
- технологичность процессов радиационной обработки [2].

Радиационная обработка может являться критической (контрольной) точкой, а облучение продуктов как перспективное направление оформлено в виде части плана международной системы НАССР [3; 5]. Внедрение радиационных технологий определяется возможностью их включения в производственные циклы, а также конкурентоспособностью и экономической целесообразностью.

За рубежом для увеличения срока хранения с 1985 г. разрешены к облучению различные группы сельскохозяйственного сырья и пищевых продуктов. В настоящее время облучению подвергается более 100 их видов. На базе многочисленных исследований разработана нормативная документация, регламентирующая процессы облучения, контроля процесса облучения и контроля облученной продукции.

Основополагающим документом является Кодекс Алиментариус (Пищевой кодекс) как свод международных пищевых стандартов, принятых Международной комиссией ФАО/ВОЗ.

Стандарты РФ, регламентирующие процессный подход к облучению продовольственного сырья и пищевых продуктов, разработанные с учетом нормативных положений соответствующих международных документов, признаны идентичными зарубежным аналогам. Исходя из этого, по всем уточняющим ссылкам ГОСТ перенаправляет к зарубежным аналогам. Основополагающим документом является ГОСТ ISO 14470-2014 «Радиационная обработка пищевых продуктов. Требования к разработке, валидации и повседневному контролю процесса облучения пищевых продуктов ионизирующим излучением» (идентичен ISO 14470:2011).

В России разрешено облучать следующую пищевую продукцию:

- 1) пряности, травы и приправы овощные (ГОСТ 33271-2015 «Пряности сухие, травы и приправы овощные. Руководство по облучению в целях борьбы с патогенными и другими микроорганизмами», устанавливающий диапазоны минимальных доз для 19 видов пряностей; идентичен ASTM F1885-04);

- 2) продукцию сельскохозяйственную свежую (ГОСТ 33302-2015 «Продукция сельскохозяйственная свежая. Руководство по облучению в целях фитосанитарной обработки» с приведенным списком биологических видов вредителей, имеющим карантинное значение; идентичен ASTM F1355-06);

- 3) мясо и мясoproductы (ГОСТ 33820-2016 «Мясо свежее и мороженое. Руководство по облучению для уничтожения паразитов, патогенных и иных микроорганизмов; идентичен ASTM F1356-08 и ГОСТ 33825-2016 «Полуфабрикаты из мяса упакованные. Руководство по облучению для уничтожения паразитов, патогенных и иных микроорганизмов»; идентичен ASTM E 2449-05).

В указанных нормативных документах представлена информация о технологии обработки ионизирующим излучением мяса свежего и мороженого, полуфабрикатов из мяса; установлены требования к мясу до и после процедуры облучения.

С 1 февраля 2019 г. вступает в силу ГОСТ 34154-2017 «Руководство по облучению рыбы и морепродуктов с целью подавления патогенных и вызывающих порчу микроорганизмов» (идентичен ASTM F 1736-09).

Учеными установлено, что в мясе на кости при облучении могут образовываться свободные радикалы и радиотоксины [10; 16].

Для идентификации радиационно-обработанных пищевых продуктов за рубежом применяют различные методы: газохроматографический; термолюминесцентный; флуоресцентный; кометный и метод электронного парамагнитного резонанса (ЭПР): DIN EN 1784-2003, DIN EN 1785-2003, DIN EN 1788-2002, DIN EN 13783-2002, DIN EN 13784-2002, DIN EN 13708-2002, DIN EN 1787-2000, DIN EN 1786-1997.

В России введены в действие аналоги только по методу ЭПР:

ГОСТ Р 52529-2006 «Мясо и мясные продукты. Метод электронного парамагнитного резонанса для выявления радиационно-обработанных мяса и мясoproductов, содержащих костную ткань»;

ГОСТ 31652-2012 «Пищевые продукты. Метод электронного парамагнитного резонанса для выявления радиационно-обработанных продуктов, содержащих кристаллический сахар»;

ГОСТ 31672-2012 «Пищевые продукты. Метод электронного парамагнитного резонанса для выявления радиационно-обработанных продуктов, содержащих целлюлозу».

Некоторые авторы (например, [11]) утверждают, что хотя эти методы сопоставимы, но метод ЭПР более эффективен. Другие отмечают, что установление факта облучения методом ЭПР возможно из-за присутствия анионов CO_2^- , CO_3^{2-} , SO_2^- и SO_3^- [9]. Ряд исследователей применяли метод ЭПР для обнаружения факта облучения в костной ткани сельскохозяйственных животных, птицы, рыбы и раковин моллюсков [17]. Несмотря на то, что радиационная обработка продовольственного сырья и пищевых продуктов в целях фитосанитарной обработки и продления сроков хранения разрешена только с 2017 г., на

российском потребительском рынке облученная пищевая продукция импортного производства – пряности, плоды, рыбное сырье – присутствовала и ранее. Информация об облучении не была доведена до потребителей [7; 18].

Цель исследования – выявление зависимости интенсивности ЭПР-сигнала от дозы облучения.

Материалы и методы исследования

Для облучения использовано охлажденное мясо птицы (кур). Контрольные образцы мяса птицы не облучали. Опытные образцы мяса подвергали обработке ионизирующим излучением дозами 3; 9; 10 и 12 кГр.

Обработку образцов ионизирующим излучением проводилась в Центре радиационной стерилизации Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина на линейном ускорителе электронов. Подготовку образцов костной ткани (ОКТ) для исследований проводили согласно ГОСТ Р 52529-2006. Идентификацию контрольных и опытных образцов осуществляли методом электронного парамагнитного резонанса путем сравнения с эталонным образцом – мерой КПЦ на основе оксида марганца. В качестве рабочего дозиметра использовали спектрометр ЭПР марки «Labrador Expert» X-диапазона. Исследование проводили с пятикратной повторностью.

Результаты исследований и их обсуждение

В контрольных образцах необлученного мяса птицы не были зафиксированы ЭПР-спектры.

После облучения опытных образцов дозами 3; 9; 10 и 12 кГр в исследованных образцах костной ткани птицы были зафиксированы ЭПР-спектры с соответствующими параметрами (рис. 1).

После облучения дозой 3 кГр ЭПР-сигнал зафиксирован в диапазоне поля 3 260–3 290 Гс

Рис. 1. ЭПР-спектр образцов костной ткани птицы, облученных дозами 3; 9; 10 и 12 кГр

Рис. 2. Амплитуда ЭПР-сигнала образцов костной ткани птицы, облученных дозами 3; 9; 10 и 12 кГр

со следующими параметрами: амплитуда пика – $(1,67 \pm 0,07) \cdot 10^{-5}$ отн. ед. и ширина сигнала – $10,54 \pm 0,40$ Гс ($p \leq 0,05$).

После облучения ОКТ птицы дозой 9 кГр наблюдалось изменение параметров ЭПР-сигналов по сравнению с образцами костной ткани птицы, облученными дозой 3 кГр – произошло увеличение амплитуды пика в 5,9 раза – до $(9,92 \pm 0,01) \cdot 10^{-5}$ отн. ед. и ширины сигнала на 14,9 % – до $12,01 \pm 0,03$ Гс ($p \leq 0,05$).

После облучения ОКТ птицы дозой 10 кГр наблюдалось дальнейшее незначительное увеличение параметров: амплитуда пика по сравнению с образцами костной ткани птицы, облученными дозой 9 кГр, увеличилась на 0,6 % – до $(9,98 \pm 0,11) \cdot 10^{-5}$ отн. ед. и ширина пика на 6,7 % – до $12,09 \pm 0,05$ Гс ($p \leq 0,05$).

Облучение ОКТ птицы дозой 12 кГр приводит к увеличению амплитуды пика в 1,1 раза до значения $(1,11 \pm 0,01) \cdot 10^{-4}$ отн. ед. при увеличении ширины сигнала на 1,7 %, т. е. до $12,29 \pm 0,01$ Гс ($p \leq 0,05$) по сравнению с образцами костной ткани птицы, облученными дозой 10 кГр.

Рис. 3. Зависимость ширины отклика ЭПР-сигнала от дозы облучения

Отмечено увеличение амплитуды ЭПР-сигнала в образцах костной ткани птицы, облученных дозой 12 кГр, по сравнению с ОКТ, облученных дозой 3 кГр, в 6,6 раза при увеличении ширины ЭПР-сигнала на 16,6 % (рис. 2, 3).

Выводы

По результатам исследований, проведенных методом ЭПР, установлено, что интенсивность ЭПР-сигнала и основные параметры зависят от дозы облучения с выраженной закономерностью к увеличению при росте дозы облучения – произошло увеличение амплитуды в образцах костной ткани птицы, облученных дозой 12 кГр, по сравнению с ОКТ, облученных дозой 3 кГр, в 6,6 раза при увеличении ширины сигнала на 16,6 %.

Заключение

В России комплекс нормативных правовых актов, регламентирующих процедурный подход к применению радиационных технологий для продовольственного сырья и пищевых продуктов, находится в стадии формирования. Для разработки новых регламентов и методик необходимо дальнейшее проведение исследований.

Библиографический список

1. Безопасность продовольственного сырья и пищевых продуктов: учеб. пособие / И.А. Рогов, Н.И. Дунченко, В.М. Позняковский и др. Саратов: Вузовское образование, 2014. 226 с.
2. Вахитов М.Р., Докучаева И.С. Целесообразность применения лучевой стерилизации продуктов // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика: сб. науч. тр. междунар. заочн. науч.-практич. конф. (Воронеж, 17–18 декабря 2013 г.). Воронеж, 2013. Т. 1. С. 62–66.
3. Дроздова Н.А., Дыдыкин А.С., Горбунова Н.А., Семенова А.А. Применение ионизирующего и неионизирующего излучения в пищевой промышленности // Всё о мясе. 2017. № 1. С. 16–20.
4. Кайшев В.Г., Серегин С.Н. Функциональные продукты питания: основа для профилактики заболеваний, укрепления здоровья и активного долголетия // Пищевая промышленность. 2017. № 7. С. 8–14.

Bibliography

1. Bezopasnost' prodovol'stvennogo syr'ja i pishhevyh produktov: ucheb. posobie / I.A. Rogov, N.I. Dunchenko, V.M. Poznjakovskij i dr. Saratov: Vuzovskoe obrazovanie, 2014. 226 s.
2. Vahitov M.R., Dokuchaeva I.S. Celesoobraznost' primeneniya luchevoj sterilizacii produktov // Aktual'nye napravleniya nauchnyh issledovaniy XXI veka: teorija i praktika: sb. nauch. tr. mezhhdunar. zaochn. nauch.-praktich. konf. (Voronezh, 17–18 dekabrya 2013 g.). Voronezh, 2013. T. 1. S. 62–66.
3. Drozdova N.A., Dydykin A.S., Gorbunova N.A., Semenova A.A. Primenenie ionizirujushhego i neionizirujushhego izlucheniya v pishhevoj promyshlennosti // Vsjo o mjase. 2017. № 1. S. 16–20.
4. Kajshev V.G., Seregin S.N. Funkcional'nye produkty pitaniya: osnova dlja profilaktiki zabolevanij, ukreplenija zdorov'ja i aktivnogo dolgoletija // Pishhevaia promyshlennost'. 2017. № 7. S. 8–14.

5. Мусина О.Н., Коновалов К.Л. Радиационная обработка ионизирующим излучением продовольственного сырья и пищевых продуктов // Пищевая промышленность. 2016. № 11. С. 46–49.
6. Петрова Н.О. О техническом перевооружении и промышленной безопасности предприятий по хранению и переработке зерна // Хлебопродукты. 2013. № 11. С. 14–16.
7. Тимакова Р.Т., Романова А.С., Курдюмов А.В., Тарарков А.Н. Оценка радиационной безопасности пищевых продуктов методом парамагнитного резонанса // Агропродовольственная политика России. 2016. № 9. С. 83–88.
8. Тихонов А.В., Анашкин Р.С., Крюков А.Е. Использование радиационных технологий в сельскохозяйственном производстве // Сборник научных трудов ГНУ СНИИЖК. 2013. № 6. С.330–333.
9. Чиж Т.В., Козьмин Г.В., Полякова Л.П., Мельникова Т.В. Радиационная обработка как технологический прием в целях повышения уровня продовольственной безопасности // Вестник Российской академии естественных наук. 2011. № 4. С. 44–49.
10. Albertia A., et al. Irradiated bivalve mollusks: Use of EPR spectroscopy for identification and dosimetry // Radiation Physics and Chemistry. 2011. № 12 (80). P. 1363–1370.
11. Anderle H. Detection and dosimetry of irradiated biominerals with thermoluminescence, radioluminescence and electron spin resonance measurements: comparison of methods // Radiation Measurements. 1998. № 5 (29). P. 531–551.
12. Arvanitoyannis I.S. Irradiation of Food Commodities: Techniques, applications, Detection, Legislation, Safety and Consumer Opinion. Elsevier, 2010. 703 p.
13. Bajželj B., Richards S., Allwood J.M., Smith P., Dennis J.S., Curmi E., Gilligan C.A. Importance of food-demand management for climate mitigation // Nature Climate Change. 2014. № 4. P. 924–929.
14. 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) // Vet Res Commun. 2010. № 34 (1). P. 149–152.
15. Monaca D.S. Identification of irradiated oysters by EPR measurements on shells // Radiation Measurements. 2011. № 9 (46). P. 816–821.
16. Sin D. W. M., Wong Y.C., Wai-Hin Yao M., Marchioni E. Identification and stability study of irradiated chicken, pork, beef, lamb, fish and mollusks by electron paramagnetic resonance (EPR) spectroscopy // European Food Research and Technology. 2005. № 221. P. 684–691.
17. Dionísio A.P., Gomes R. T., Oetterer M. Ionizing Radiation Effects on Food Vitamins – A Review // Brazilian Archives of Biology and Technology. 2009. № 5 (52). P. 1267–1278.
18. Timakova R.T., Tikhonov S.L., Muratov A.A. Ionizing evolving impact on the Foodstuff safety indicator // Индустрия питания (Food industry). 2017. № 2(3). С. 64–69.
5. Musina O.N., Konovalov K.L. Radiacionnaja obrabotka ionizirujushim izlucheniem prodovol'stvennogo syr'ja i pishhevyyh produktov // Pishhevaja promyshlennost'. 2016. № 11. S. 46–49.
6. Petrova N.O. O tehničeskome perevooruzhenii i promyshlennoj bezopasnosti predpriyatij po hraneniju i pererabotke zerna // Hlebo-produkty. 2013. № 11. S. 14–16.
7. Timakova R.T., Romanova A.S., Kurdjumov A.V., Tararkov A.N. Ocenka radiacionnoj bezopasnosti pishhevyyh produktov metodom paramagnitnogo rezonansa // Agroprodovol'stvennaja politika Rossii. 2016. № 9. S. 83–88.
8. Tihonov A.V., Anashkin R.S., Krjukov A.E. Ispol'zovanie radiacionnyh tehnologij v sel'skohozjajstvennom proizvodstve // Sbornik nauchnyh trudov GNU SNIIZhK. 2013. № 6. S.330–333.
9. Chizh T.V., Koz'min G.V., Poljakova L.P., Mel'nikova T.V. Radiacionnaja obrabotka kak tehnologičeskij priem v celjah povyšshenija urovnja prodovol'stvennoj bezopasnosti // Vestnik Rossijskoj akademii estestvennyh nauk. 2011. № 4. S. 44–49.
10. Albertia A., et al. Irradiated bivalve mollusks: Use of EPR spectroscopy for identification and dosimetry // Radiation Physics and Chemistry. 2011. № 12 (80). P. 1363–1370.
11. Anderle H. Detection and dosimetry of irradiated biominerals with thermoluminescence, radioluminescence and electron spin resonance measurements: comparison of methods // Radiation Measurements. 1998. № 5 (29). P. 531–551.
12. Arvanitoyannis I.S. Irradiation of Food Commodities: Techniques, applications, Detection, Legislation, Safety and Consumer Opinion. Elsevier, 2010. 703 p.
13. Bajželj B., Richards S., Allwood J.M., Smith P., Dennis J.S., Curmi E., Gilligan C.A. Importance of food-demand management for climate mitigation // Nature Climate Change. 2014. № 4. R. 924–929.
14. 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) // Vet Res Commun. 2010. № 34 (1). R. 149–152.
15. Monaca D.S. Identification of irradiated oysters by EPR measurements on shells // Radiation Measurements. 2011. № 9 (46). P. 816–821.
16. Sin D. W. M., Wong Y.S., Wai-Nin Yao M., Marchioni E. Identification and stability study of irradiated chicken, pork, beef, lamb, fish and mollusks by electron paramagnetic resonance (EPR) spectroscopy // European Food Research and Technology. 2005. № 221. P. 684–691.
17. Dionísio A.P., Gomes R. T., Oetterer M. Ionizing Radiation Effects on Food Vitamins – A Review // Brazilian Archives of Biology and Technology. 2009. № 5 (52). P. 1267–1278.
18. Timakova R.T., Tikhonov S.L., Muratov A.A. Ionizing evolving impact on the Foodstuff safety indicator // Industrija pitaniya (Food industry). 2017. № 2(3). S. 64–69.

**Тимакова
Роза Темерьяновна**
Timakova
Rosa Temerjyanovna

Тел./Phone: (343) 221-17-26
E-mail: trt64@mail.ru

*Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры туристического
бизнеса и гостеприимства
Уральский государственный экономический университет
620144, РФ, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45*

*Candidate of Agricultural Science, Associate Professor of the Tourism business
and hospitality Department
Ural State University of Economics
620144, Russia, Ekaterinburg, 8 March St. / Narodnoy Voli St., 62/45*