УДК 537.635; 53.06 ; 613.281; 621.384.6; 637.05
DOI 10.29141/2500-1922-2021-6-3-2

Количественная идентификация мяса косули, обработанного ионизирующим излучением, и оценка его безопасности

Р.Т. Тимакова^{1*}, С.Л. Тихонов¹, Н.В. Тихонова¹

¹Уральский государственный экономический университет, г. Екатеринбург, Российская Федерация, *e-mail: trt64@mail.ru

Ключевые слова:

поглощенная доза;
количественная
идентификация;
косуля;
метод ЭПР;
костная ткань;
радионуклиды;
безопасность

Реферат

Обоснование возможности количественной идентификации мяса промысловых животных, обработанного ионизирующим излучением, характеризуется практической направленностью на осуществление контроля рынка облученной продукции. По результатам проведенных исследований определена высокая эффективность применения метода электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) с целью установления поглощенных доз излучения по разным видам костной ткани в отличие от требований ГОСТ Р 52529-2006 «Мясо и мясные продукты. Метод электронного парамагнитного резонанса для выявления радиационно-обработанных мяса и мясопродуктов, содержащих костную ткань», а именно: трубчатой берцовой кости и плоской лопаточной кости с высокой степенью достоверности от 0,5–0,4 кГр до 5,5–5,1 кГр при облучении дозами 3–11 кГр. Согласно органолептической оценке за оптимальную дозу ионизирующего излучения принят показатель 9–10 кГр. В образцах костной ткани косули поглощенная доза находится в пределах от 3,2–3,5 кГр до 4,1–4,4 кГр, что соответствует требованиям безопасности Кодекса Алиментариус. Оценка безопасности мясного сырья, полученного от промысловых животных, в частности косули, обитающей в естественных условиях Зауралья (Восточно-Уральский радиоактивный след), показывает, что удельная активность Cs-137 соответствует требованиям СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов» и равна 65 ± 5 Бк/кг. В результате комплексной оценки органолептических показателей, показателей окислительной порчи, микробиологических показателей, содержания токсичных элементов и радионуклидов (Cs-137) установлено, что охлажденное мясо косули промыслового забоя (полутуши обработаны разными дозами излучения) в период хранения до 16 сут соответствует требованиям технических регламентов. Определение оптимальных доз ионизирующего излучения для обработки ценного мясного сырья косули промыслового забоя позволит обеспечить высокое качество мяса в процессе хранения.

Для цитирования: Тимакова Р.Т., Тихонов С.Л., Тихонова Н.В. Количественная идентификация мяса косули, обработанного ионизирующим излучением, и оценка его безопасности // Индустрия питания/Food Industry. 2021. Т. 6, № 3. С. 15–25. DOI: 10.29141/2500-1922-2021-6-3-2

Дата поступления статьи: 23 марта 2021 г.

Quantitative Identification of Roe Deer Meat Treated with Ionizing Radiation and Its Safety Assessment

Roza T. Timakova^{1*}, Sergey L. Tikhonov¹, Natalya V. Tikhonova¹

¹Ural State University of Economics, Ekaterinburg, Russian Federation, *e-mail: trt64@mail.ru

Keywords:

*absorbed dose;
quantitative
identification;
roe deer;
EPR method;
bone tissue;
radionuclides;
safety*

Abstract

The quantitative identification possibility feasibility of commercial animal meat treated with ionizing radiation has a practical focus on monitoring the irradiated products market. According to the results of the conducted studies, the authors revealed high efficiency of using the electron paramagnetic resonance (EPR) method to determine the absorbed radiation doses for different types of bone tissue, in contrast to the requirements of the GOST R 52529-2006 "Meat and Meat Products. Electronic Paramagnetic Resonance Method for the Detection of Radiation-Treated Meat and Meat Products Containing Bone Tissue", namely: tubular tibia and flat scapula with a high degree of reliability from 0.5–0.4 kGr to 5.5–5.1 kGr when irradiated with doses of 3–11 kGr. According to the organoleptic assessment, a man took an indicator of 9–10 kGy as the optimal dose of ionizing radiation. In the samples of roe deer bone tissue, the absorbed dose is in the range from 3.2–3.5 kGy to 4.1–4.4 kGy, which meets the safety requirements according to the Codex Alimentarius. Safety assessment of raw meat obtained from commercial animals, in particular roe deer living in the natural conditions of the Trans-Urals (East Ural radioactive trace), shows that the specific activity of Cs-137 meets the requirements of the SanPiN 2.3.2.1078-01 "Hygienic Requirements for the Safety and Nutritional Value of Food Products" and is equal to 65 ± 5 Bq/kg. As a result of a comprehensive assessment of organoleptic, oxidative spoilage, microbiological indicators, of toxic elements and radionuclides amount (Cs-137), the researchers reveals that the chilled meat of commercial slaughtered roe deer (half-carasses were treated with different radiation doses) during the storage period of up to 16 days meets technical regulations requirements. Determining the optimal doses of ionizing radiation for processing valuable meat raw materials of commercial slaughtered roe deer will ensure high quality of meat during the storage.

For citation: Roza T. Timakova, Sergey L. Tikhonov, Natalya V. Tikhonova. Quantitative Identification of Roe Deer Meat Treated with Ionizing Radiation and Its Safety Assessment. Индустрия питания/Food Industry. 2021. Vol. 6, No. 3. Pp. 15–25. DOI: 10.29141/2500-1922-2021-6-3-2

Paper submitted: March 23, 2021

Введение

Одним из приоритетных направлений развития отечественного агропромышленного сектора экономики в соответствии с действующими стратегиями страны на период до 2030 г. (Стратегия экономической безопасности РФ, Стратегия развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов РФ, Стратегия повышения качества пищевой продукции РФ) является применение современных технологий производства и переработки сельскохозяйственного сырья для обеспечения безопасности, надлежащего качества и сохраняемости пищевой продукции. В результате интенсивного развития свиноводства и птицеводства в нашей стране полностью покрыты потребности населения в свинине и мясе птицы. Для повышения конкурентоспособности предприятий АПК и наращивания объемов экспорта мясной продукции в охлажденном виде, наиболее востребованном за рубежом, помимо внешнеполитических факторов, важное значение имеют применяемые технологии, обеспечивающие пролонгированные сроки хранения. К современным экологически безопасным способам сохранения пищевой продукции в промышленных масштабах относятся радиа-

ционные технологии, или технологии обработки ионизирующим излучением, распространение которых определяется развитием гражданского сектора атомного агропромышленного комплекса страны. В соответствии с решением Президиума Совета при Президенте РФ по реализации приоритетных национальных проектов от 11 декабря 2014 г. «О развитии агротехнологий» были поставлены задачи «по совершенствованию нормативно-правовой базы на территории РФ и ЕАЭС в сфере агропромышленного комплекса», а также стандартов применения радиационных видов обработки пищевой продукции, что позволит обеспечить экологичность производственных процессов и безопасность пищевой продукции.

В нашей стране, несмотря на то, что она была пионером в применении данной технологии в прошлом веке, на законодательном уровне разрешено использовать данную технологию только с 2016 г. согласно требованиям ГОСТ ISO 14470-2014 «Радиационная обработка пищевых продуктов. Требования к разработке, валидации и повседневному контролю процесса облучения пищевых продуктов ионизирующим излучением».

ем» и с 2017 г. – для обработки мяса свежего и мороженого (кроме мяса птицы, кролика и конины) и упакованных полуфабрикатов из мяса согласно требованиям ГОСТ 33820-2016 «Мясо свежее и мороженое. Руководство по облучению для уничтожения паразитов, патогенных и иных микроорганизмов» и ГОСТ 33825-2016 «Полуфабрикаты из мяса упакованные. Руководство по облучению для уничтожения паразитов, патогенных и иных микроорганизмов». В 2020 г. были внесены соответствующие изменения в технические регламенты ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» и ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки».

Следуя разработанной Дорожной карте, на территории Российской Федерации с 2017 г. начали функционировать такие радиационные центры, как ООО «Теклеор», сеть центров «Акцентр» и Региональный центр облучательных технологий «Эра» ФГУП «ПО «Маяк». Их деятельность сопряжена с необходимостью соблюдения протокола Standard Operating Procedures (SOPs) и стандартизированных процедурных процессов технологии обработки оптимальными дозами ионизирующего излучения для достижения поставленных целей и обеспечения безопасности обработанной излучением пищевой продукции. В соответствии с РМГ 146-2019 «Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Установки радиационно-технологические с ускорителями электронов для радиационной обработки пищевых продуктов. Методика аттестации по поглощенной дозе в продукции» проводится аттестация радиационно-технологических установок (РТУ) по поглощенной конкретным пищевым продуктом дозе в конкретных условиях. При условии документального подтверждения пригодности РТУ и соблюдения стандартного порядка действий радиационная обработка относится к безопасному промышленному процессу. Эффективность радиационных технологий в значительной мере определяется количественным значением поглощенной дозы излучения для достижения наилучших результатов репродуктивной гибели микроорганизмов при наименьших экономических затратах.

Физические основы радиационной обработки пищевой продукции заключаются в воздействии на нее квантов фотонного излучения и заряженных частиц с энергией, превосходящей энергию связей орбитальных электронов в атомах и энергию химической связи с образованием свободных радикалов, возбужденных молекул и ионов [1].

Исследованиями [2; 3] установлено, что в результате обработки ионизирующим излучением происходит инаktivация или гибель микроорга-

низмов без значительного повышения температуры обрабатываемого продукта, однако эффективность обработки определяется действием внутренних и внешних факторов, таких как вид облучения и тип облучателя, вид самого продукта, вид и радиорезистентность микроорганизмов. Низкие дозы излучения от 0,1 кГр до 3 кГр приводят к инаktivации ряда микроорганизмов, в том числе личинок *Trichinella pseudospiralis* и *Trichinella spiralis* в мясном сырье при обработке дозами 0,32–0,41 кГр [4], личинок трихинелл и свиного цепня в свинных тушах – дозой 0,3 кГр [5]. Аскоспоры мезофильной плесени *Aspergillus fischeri* и *Salmonella enterica* в диапазоне от 1 кГр до 5 кГр более устойчивы к излучению по сравнению с клетками *Escherichia coli* и *Listeria monocytogenes* [6]. При этом отмечается, что перспективность, универсальность и целесообразность применения технологии обработки ионизирующим излучением определены минимальным воздействием на органолептические и физико-химические показатели и пищевую ценность при высокой эффективности обработки и продлении сроков годности разных видов пищевых продуктов [7; 8; 9].

В то же время безопасность обработанной ионизирующим излучением пищевой продукции обуславливается дозами ионизирующего излучения, применяемыми при осуществлении обработки в радиационных центрах, которые в настоящее время не регламентированы (кроме 19 видов пряностей) и подбираются путем апробаций на ограниченных партиях пищевой продукции.

Легитимность рынка обработанной ионизирующим излучением пищевой продукции определяет необходимость контроля оборота пищевой продукции, обработанной излучением, и важность концептуальных инновационных решений в области «качественной и количественной идентификации пищевой продукции, обработанной ионизирующим излучением по составным частям охлажденного мясного сырья» [10].

Учеными проводятся исследования с целью выявления действенного метода идентификации облученных продуктов. Так, в качестве биометчика в мясе может присутствовать фенилаланин-2-оксифенилаланин и 2-алкилциклобутанолы, а именно 2-dDCB (додецилциклобутанол) и 2-tDCB (тетрадецилциклобутанол), образующиеся из пальмитиновой и стеариновой жирных кислот по ГОСТ 34131-2017 «Мясо и мясные продукты. Метод обнаружения облученных продуктов газовой хроматографией». Возможно определение остаточного содержания тиамин [11]. Инфракрасная спектроскопия с последующим хемометрическим подходом позволяет об-

наруживать до 100 % облученных сухих ферментативных колбас, обработанных дозами 1 и 3 кГр; 92 % – дозами 2 кГр и 83 % – дозами 0,5 кГр [12].

По мнению ряда исследователей [13–18], метод электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) выступает как универсальный метод идентификации по типичным радикалам разных видов облученных пищевых продуктов: фруктов, овощей, мяса, рыбы, пряностей, злаков и масличных семян. К преимуществам метода относятся его доступность, чувствительность и высокая точность, что позволяет проводить исследования на ограниченном количестве проб. Существующее многообразие пищевых продуктов делает проводимые исследования весьма важными для последующего мониторинга. По данным [10; 19], ЭПР относится к инструментальным методам, используя которые можно определять количественные показатели поглощенной дозы расчетным путем для разных видов пищевой продукции, в том числе мясного сырья. При этом образцы костной ткани по ГОСТ Р 52529-2006 «Мясо и мясные продукты. Метод электронного парамагнитного резонанса для выявления радиационно-обработанных мяса и мясopодуlктов, содержащих костную ткань» готовятся из трубчатых костей крупного рогатого скота и свиней.

Наряду с тем, что мясо диких копытных животных (лось, северный олень, косуля, изюбрь и др.) имеет большое значение для хозяйств северных регионов России и, занимая важное место в рационе их жителей, служит важным дополнительным источником мяса для населения [20], в последние годы наметилась тенденция устойчивого потребительского спроса на мясо животных промыслового забоя и продуктов его переработки (медвежатиha, мясо лося, мясо косули и др.) как ценного, экологически чистого мясного сырья. Так, туши косуль характеризуются высоким выходом мышечной ткани (до 75 %). Мясо косули нежное и сочное, без мраморности, темно-красного цвета. Запах мяса – специфический, с оттенком дичи; вкус – приятный, зависит от условий обитания животного (более высокое качество мяса косуль, обитающих в горных районах) [21; 22; 23]. Мясо диких копытных животных (тур, косуля, серна и дикий кабан) содержит больше белка (21,6–19,9 %), минеральных веществ (1,2–1,4 %), в том числе кальция и фосфора, чем говядина и баранина. Содержание жира в мясе диких копытных животных составляет 3,4–5,9 %, что ниже, чем в мясе убойных животных [24].

По данным [25], в мясе промысловых животных по сравнению с крупным рогатым скотом накапливается больше радиоактивных веществ, что может быть обусловлено составом поедаемых кормов в лесных биотопах по времени года.

По степени накопления Cs-137 в мясе промысловых животных формируется такой ряд: дикий северный олень > медведь > кабан > косуля > лось > бобр. Суммарная бета-активность радионуклидов в условиях Зауралья (Восточно-Уральский радиоактивный след) изменяется в зависимости от вида животных и находится в пределах 71,2–104,3 Бк/кг, что соответствует требованиям СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов».

Исследованиями [26] установлено, что в некоторых продуктах убоя косули содержание гамма-излучающих радионуклидов находится в норме, содержание бета-излучающих радионуклидов, в частности Sr-90, превышает нормы, что может быть обусловлено особенностями его миграции и большей подвижностью в почвах по сравнению с Cs-137 [27]. Соответственно, радиометрический контроль радиоактивных веществ в мясе промысловых животных требуется проводить на постоянной основе.

После убоя и первичной обработки мясо косули заготавливается в виде туш, полутуш и четвертин; при этом оно имеет ограниченные сроки хранения со дня добычи согласно РСТ РСФСР 738-86 «Мясо диких копытных животных в тушах, полутушах и четвертинах. Общие технические условия».

С учетом особенностей технологии добычи и убоя промыслового зверя для обеспечения сохранности остывших или охлажденных продуктов переработки (ГОСТ 33820-2016) требуется применять современные технологии, к которым относятся радиационные технологии [28].

Исходя из вышеизложенного целью исследования являются количественная идентификация ЭПР-методом обработанных разными дозами ионизирующего излучения охлажденных полутуш косули по разным видам костной ткани и оценка показателей безопасности мяса в процессе хранения.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования послужило охлажденное мясо полутуш косули. Были сформированы шесть групп: 1-я – контрольная группа образцов, которые не были обработаны излучением; 2-я, 3-я, 4-я, 5-я и 6-я – опытные группы образцов полутуш косули, обработанные дозами излучения 3; 6; 9; 10 и 11 кГр соответственно. Полутуши косули хранились при температуре 0–(+2) °C.

Обработка потоком ускоренных электронов проводилась в Центре радиационной стерилизации (ЦРС) при УрФУ на линейном ускорителе электронов УЭЛР-10-10С2 с заданными параметрами пучка ускоренных электронов путем раз-

мещения полутуш косули на конвейерной ленте с двухсторонним облучением. Количественное определение поглощенной дозы ионизирующего излучения проведено согласно ГОСТ Р 52529-2006 в образцах костной ткани (ОКТ) трубчатой берцовой кости и плоской лопаточной кости на основе расчетной унифицированной формулы [10].

Исследовали:

- органолептические показатели охлажденно-го мяса косули – по ГОСТ 7269-2015 «Мясо. Методы отбора образцов и органолептические методы определения свежести»;
- показатели свежести – по кислотному числу жира (КЧ) – ГОСТ Р 55480-2013 «Мясо и мясные продукты. Метод определения кислотного числа» и по перекисному числу жира (ПЧ) – ГОСТ 34118-2017 «Мясо и мясные продукты. Метод определения перекисного числа»;
- микробиологические показатели – по ГОСТ Р 54354-2011 «Мясо и мясные продукты. Общие требования и методы микробиологического анализа»;
- токсичные элементы – по ГОСТ 30538-97 «Продукты пищевые. Методика определения токсичных элементов атомно-эмиссионным методом»;
- содержание цезия Cs-137 – по ГОСТ 32161-2013 «Продукты пищевые. Метод определения содержания цезия Cs-137».

Исследования проводили в 5-кратной повторности. Результаты обработаны методом вариационной статистики.

Результаты исследований и их обсуждение

На первом этапе проведена органолептическая оценка образцов мяса полутуш косули: мясо темно-красного цвета; мышцы на разрезе – мелкозернистые, влажноватые; консистенция – плотная, упругая; запах – специфический, свойственный свежему доброкачественному мясу; жир – белого цвета с желтовато-сероватым оттенком; сухожилия – упругие, плотные; поверхность суставов – блестящая.

На втором этапе была проведена обработка образцов мяса полутуш косули ионизирующим излучением следующими дозами: 3; 6; 9; 10 и 11 кГр. После обработки разными дозами ионизирующего излучения опытных образцов полутуш косули промышленного забоя оценку органолептических показателей проводили в течение 7; 11 и 16 сут согласно РСТ РСФСР 738-86, с учетом коэффициента резерва по МУК 4.2.1847-04 (рис. 1). Контрольные образцы мяса косули через 7 сут хранения относятся к свежему мясу (отличное качество); через 11 сут хранения – к свежему мясу (хорошее качество); через 16 сут хранения – к мясу сомнительной свежести (удовлетворительное качество).

Рис. 1. Органолептическая оценка образцов охлажденного мяса полутуш косули, обработанного разными дозами излучения (3; 6; 9; 10 и 11 кГр) через 7, 11 и 16 сут хранения

Fig. 1. Chilled Meat Organoleptic Samples Profile of Roe Deer Half-Carcasses Treated with Different Radiation Doses (3; 6; 9; 10 and 11 kGr) after 7, 11 and 16 Days of Storage

Образцы 4-й и 5-й опытных групп, обработанные дозами излучения 9 и 10 кГр, через 16 сут хранения относились к свежему мясу отличного качества; образцы 3-й опытной группы, обработанные дозой 6 кГр – к свежему мясу хорошего качества. Самую низкую оценку получили образцы 2-й и 6-й опытных групп, обработанные дозами 3 и 11 кГр, – 4,25 и 4,30 балла соответственно. На поверхности полутуш мясо отличается потемнением цвета и незначительной липкостью поверхности мышц. Оптимальной дозой излучения согласно органолептическому профилю можно считать дозы излучения в пределах 9–10 кГр.

Установлена сопоставимость результатов расчета поглощенной дозы в образцах костной ткани (ОКТ): трубчатая берцовая кость и плоская лопаточная кость. Поглощенная доза излучения с увеличением дозы излучения с 3 до 11 кГр возрастает:

- в ОКТ трубчатой берцовой кости в 11 раз – с $0,50 \pm 0,08$ кГр до $5,50 \pm 0,12$ кГр соответственно (степень корреляции – 0,98);
- в ОКТ плоской лопаточной кости в 12,8 раза – с $0,40 \pm 0,02$ кГр до $5,10 \pm 0,10$ кГр соответственно (степень корреляции – 0,98) (рис. 2).

Опытным путем установлено следующее: ОКТ продемонстрировали разную способность к поглощению излучения, что вызвано различиями

Рис. 2. Поглощенная доза ионизирующего излучения разных видов ОКТ (трубчатая берцовая кость и плоская лопаточная кость)

Fig. 2. Absorbed Dose of Ionizing Radiation of Different Types of bone tissue sample (tubular tibia and flat scapula)

ями в строении и, соответственно, твердостью и плотностью разных видов пластинчатой костной ткани. В трубчатой берцовой кости костные пластинки располагаются в определенном порядке, как бы вставляясь одна в другую и формируя сложные образования – остеоны; плоская лопаточная кость представляет собой тонкие пластинки костной ткани, между которыми располагается губчатое вещество. Во всех образцах костной ткани поглощенная доза ниже 10 кГр, что соответствует требованиям безопасности Кодекса Алиментариус.

По результатам проведенных микробиологических исследований в необработанных и обработанных разными дозами излучения охлажденного мяса косули в полутушах в процессе хранения до 16 сут установлено, что гигиенические показатели безопасности соответствуют нормам СанПиН 2.3.2.1078–01, ТР ТС 021/2011 и ТР ТС 034/2013, однако в контрольных образцах при хранении до 16 сут установленные нормативы безопасности по КМАФАМ приближены к пороговым значениям – $7,4 \cdot 10^2$ КОЕ/г (см. таблицу).

Микробиологические показатели образцов мяса полутуш косули до и после обработки ионизирующим излучением в процессе хранения
Microbiological Meat Samples Parameters of Roe Deer Half-Carcasses before and after Treatment with Ionizing Radiation during Storage

Доза облучения, кГр	КМАФАММ, КОЕ/г, не более	БГКП (колиформы), г (не допускаются в массе продукта)	Патогенные, в том числе <i>Salmonella</i> и <i>Listeria monocytogenes</i> , г (не допускаются в массе продукта)	Бактерии рода <i>Proteus</i> , дрожжи и плесени, КОЕ/г
	Допустимый уровень по ТР ТС 021/2011, ТР ТС 034/2013, СанПиН 2.3.2.1078-01			
	1·10³	0,1	25	Не допускается
0 сут хранения				
0	0,3·10¹	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует
3, 6, 9, 10, 11	Отсутствует			
Через 7 сут хранения				
0	0,8·10¹	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует
3, 6, 9, 10, 11	Отсутствует			
Через 11 сут хранения				
0	1,2·10²	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует
3	0,6·10¹			
6	0,2·10¹			
9, 10, 11	Отсутствует			
Через 16 сут хранения				
0	7,4·10²	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует
3	2,5·10¹			
6	1,1·10¹			
9, 10, 11	Отсутствует			

Во всех образцах отсутствуют бактерии группы кишечной палочки и патогенные микроорганизмы, в том числе *Salmonella* и *Listeria monocytogenes*, бактерии рода *Proteus*, дрожжи и плесени.

Кислотное число (КЧ) в опытных образцах жировой ткани после обработки полутуш косули дозами 3; 6; 9; 10 и 11 кГр через 16 сут хранения составляет 0,9; 1,0; 1,1; 1,2 и 1,3 мг КОН/г при норме не более 4,0 мг КОН/г, что ниже значений в контрольных образцах (1,75 мг КОН/г) соответственно на 48,6; 42,9; 37,1; 31,4 и на 25,7 % с высокой степенью достоверности 0,74–0,95 ($p \leq 0,05$) (рис. 3).

В не обработанных ионизирующим излучением образцах жировой ткани гидролитические процессы протекают с более высокой скоростью по сравнению с обработанными излучением образцами. Кислотное число, увеличиваясь во всех образцах в процессе хранения, находится в пределах нормы.

Перекисное число (ПЧ) в образцах жировой ткани полутуш косули, обработанных такими же дозами, через 16 сут хранения составляет 1,4;

1,5; 1,7; 1,8 и 2,0 ммоль активного кислорода/кг жира при норме не более 10,00 ммоль активного кислорода/кг жира, что ниже значений в необработанных образцах (3,0 ммоль) в 2,14; 2,00; 1,75; 1,67 и 1,50 раза соответственно ($p \leq 0,05$) (рис. 4).

В контрольных образцах жировой ткани мяса косули гидролитические процессы протекают более интенсивно по сравнению с опытными образцами; установлено увеличение ПЧ в процессе хранения. Перекисное число во всех образцах находится в пределах нормы.

В образцах контрольной и опытных групп охлажденного мяса косули обеспечено соблюдение гигиенических требований безопасности согласно ТР ТС 021/2011¹ по содержанию токсических элементов и допустимых уровней радионуклидов, которые находились в норме: содержание свинца – $0,11 \pm 0,01$ мг/кг (норма – 0,5 мг/кг); мышьяк, кадмий и ртуть не обнаружены; удельная активность Cs-137 – 65 ± 5 Бк/кг (норма – 300 Бк/кг).

¹ТР ТС 021/2011. О безопасности пищевой продукции (с изм. на 8 августа 2019 г.)

Рис. 3. Кислотное число жира в процессе хранения обработанных и не обработанных ионизирующим излучением охлажденных полутуш косули, мг КОН/г

Fig. 3. Acid Number of Fat during Storage of Processed and not Treated with Ionizing Radiation Chilled Half-Carcasses of Roe Deer, mg KOH/g

Рис. 4. Перекисное число жира в процессе хранения обработанных и не обработанных ионизирующим излучением охлажденных полутуш косули, ммоль активного кислорода/кг жира

Fig. 4. Peroxide Number of Fat in the Process of Storing the Cooled Roe Deer Half-Carcasses Treated and Not Treated with Ionizing Radiation, mmol of Active Oxygen per kg of Fat

Выводы

Поглощенная доза зависит от дозы ионизирующего излучения и плотности костной ткани: при увеличении дозы облучения с 3 кГр до 11 кГр поглощенная доза увеличилась в берцовой и лопаточной кости в 11,0 раз до $5,50 \pm 0,12$ кГр и в 12,8 раза до $5,10 \pm 0,10$ кГр соответственно.

По результатам органолептической оценки установлено, что доза ионизирующего излучения 10 кГр обеспечивает наиболее высокие ее показатели. С увеличением дозы ионизирующего излучения до 11 кГр в охлажденном мясе косули увеличиваются значения показателей окислительной порчи; при этом кислотное число и перекисное число ниже на аналогичных периодах хранения по сравнению с необработанными образцами на 25,8 % и 33,4 % соответственно.

Охлажденное мясо косули промышленного забоя в полутушах, обработанное после убоя разными дозами ионизирующего излучения – 3; 6;

9; 10 и 11 кГр, отвечает требованиям безопасности согласно техническим регламентам по микробиологическим показателям, показателям окислительной порчи, содержанию токсичных элементов и радионуклидов в течение 16 сут.

Заключение

Обработка ионизирующим излучением полутуш косули промышленного забоя позволяет обеспечить безопасность и пролонгировать сроки хранения ценного мясного сырья.

На основании проведенных исследований установлено, что количественную идентификацию для определения поглощенной дозы с помощью метода электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) возможно проводить по разным видам костной ткани.

Полученные результаты имеют практическое значение для контроля за рынком мясного сырья, обработанного ионизирующим излучением.

Библиографический список

1. Громов А.А., Жанжора А.П., Коваленко О.И. Нормативные документы при проведении радиационной обработки пищевой продукции // Ядерно-физические исследования и технологии в сельском хозяйстве (к 50-летию со дня образования ФГБНУ ВНИИ радиологии и агроэкологии): сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф. (Обнинск, 16–18 сентября 2020 г.). Обнинск: ФГБНУ ВНИИРАЭ, 2020. С. 318–321. ISBN 978-5-903386-44-4.
2. Kim, T.-K.; Hwang, K.-E.; Ham, Y.-K.; Kim, H.-W.; Paik, H.-D.; Kim, Y.-B.; Choi, Y.-S. Interactions between Raw Meat Irradiated by Various Kinds of Ionizing Radiation and Transglutaminase Treatment in Meat Emulsion Systems. *Radiation Physics and Chemistry*. 2020. Vol. 166. Article Number: 108452. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2019.108452>.
3. Munir, M.T.; Federighi, M. Control of Foodborne Biological Hazards by Ionizing Radiations. *Foods*. 2020. Vol. 9. Iss. 7. Article Number: 878. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods9070878>.
4. Ercole, M.E.; Besse, C.; Pasquletti, M.I.; Ribicich, M.M.; Aronowicz, T.; Bonboni, A.; Acerbo, M.; Farina F.A. Gamma Radiation Effect on Trichinella spiralis and Trichinella spiralis Infected wild Board Meat. *Veterinary parasitology*. 2020. Vol. 287: 109257. DOI: [10.1016/j.vetpar.2020.109257](https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2020.109257).
5. Безопасность и пищевая ценность облученной продукции. М.: Медицина, 1995. 209 с. ISBN 5-225-03275-3: Б. ц.
6. Семенова Ж.А., Левшенко М.Т., Колоколова А.Ю., Илюхина Н.В., Курбанова М.Н. Установление тест-культуры для изучения воздействия ионизирующего излучения на условно-патогенную и патогенную микрофлору пищевых продуктов // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2019. Т. 81, № 2 (80). С. 245–249. DOI: <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-2-245-249>.
7. Санжарова Н.И., Козьмин Г.В., Бондаренко В.С. Радиационные технологии в сельском хозяйстве: стратегия научно-технологического развития // Инноватика и экспертиза: научные труды. 2016. № 1 (16). С. 197–206.

Bibliography

1. Gromov, A.A.; Zhanzhora, A.P.; Kovalenko, O.I. Normativnye Dokumenty pri Provedenii Radiacionnoj Obrabotki Pishchevoj Produktii [Regulatory Documents during Radiation Treatment of Food Products]. *Yaderno-Fizicheskie Issledovaniya i Tekhnologii v Sel'skom Hozyajstve (k 50-Letiye so Dnya Obrazovaniya FGBNU VNII Radiologii i Agroekologii)*: Sb. Dokl. Mezhdunar. Nauch.-Prakt. Konf. (Obninsk, 16–18 Sentyabrya 2020 g.). Obninsk: FGBNU VNIIRAE, 2020. S. 318–321. ISBN 978-5-903386-44-4.
2. Kim, T.-K.; Hwang, K.-E.; Ham, Y.-K.; Kim, H.-W.; Paik, H.-D.; Kim, Y.-B.; Choi, Y.-S. Interactions between Raw Meat Irradiated by Various Kinds of Ionizing Radiation and Transglutaminase Treatment in Meat Emulsion Systems. *Radiation Physics and Chemistry*. 2020. Vol. 166. Article Number: 108452. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2019.108452>.
3. Munir, M.T.; Federighi, M. Control of Foodborne Biological Hazards by Ionizing Radiations. *Foods*. 2020. Vol. 9. Iss. 7. Article Number: 878. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods9070878>.
4. Ercole, M.E.; Besse, C.; Pasquletti, M.I.; Ribicich, M.M.; Aronowicz, T.; Bonboni, A.; Acerbo, M.; Farina F.A. Gamma Radiation Effect on Trichinella spiralis and Trichinella spiralis Infected wild Board Meat. *Veterinary parasitology*. 2020. Vol. 287: 109257. DOI: [10.1016/j.vetpar.2020.109257](https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2020.109257).
5. Bezopasnost' i Pishchevaya Cennost' Obluchennoj Produktii [Safety and Nutritional Value of Irradiated Products]. M.: Medicina. 1995. 209 p. ISBN 5-225-03275-3: B. c.
6. Semenova, Zh.A.; Levshenko, M.T.; Kolokolova, A.Yu.; Ilyuhina, N.V.; Kurbanova, M.N. Ustanovlenie Test-Kul'tury dlya Izucheniya Vozdejstviya Ioniziruyushchego Izlucheniya na Uslovno-Patogennuyu i Patogennuyu Mikrofloru Pishchevykh Produktov [Test Culture Implementation for Studying the Effects of Ionizing Radiation on Conditionally Pathogenic and Pathogenic Microflora of Food Products]. *Vestnik Voronezhskogo Gosudarstvennogo Universiteta Inzhenernykh Tekhnologij*. 2019. Vol. 81. No. 2 (80). Pp. 245–249. DOI: <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-2-245-249>.

8. Черняев А.П., Авдюхина В.М., Близняк У.А. и др. Применение низкоэнергетического электронного излучения для обработки охлажденного мяса индейки. Оптимизация параметров воздействия // Научные технологии. 2020. Т. 21, № 1. С. 40–49. DOI: <https://doi.org/10.18127/j19998465-202001-07>.
9. Arvanitoyannis, I.S. Irradiation of Food Commodities: Techniques, Applications, Detection, Legislation, Safety and Consumer Opinion. Academic Press is an Imprint of Elsevier. 2010. 703 p. ISBN 13: 9780123747181.
10. Тимакова Р.Т. Научно-практические аспекты идентификации и обеспечения сохранности пищевой продукции, обработанной ионизирующим излучением: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.15. Екатеринбург, 2020. 36 с.
11. Uchida, M.; Ono, M. Technological Approach to Improve Beer Flavor Stability: Adjustments of Wort Aeration in Modern Fermentation Systems Using the Electron Spin Resonance Method. Journal of the American Society of Brewing Chemists. 2000. Vol. 58. Iss. 1. Pp. 30–37. DOI: <https://doi.org/10.1094/ASBCJ-58-0030>.
12. Varra, M.O.; Fasolato, L.; Serva, L.; Ghidini, S.; Novelli, E.; Zanardi, E. Use of Near Infrared Spectroscopy Coupled with Chemometrics for Fast Detection of Irradiated Dry Fermented Sausages. Food Control. 2020. Vol. 110. Article Number: 107009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.107009>.
13. Вертц Дж. Теория и практические приложения метода ЭПР. М.: Мир, 1975. 548 с.
14. Тихонов А.В., Анашкин Р.С., Крюков А.Е. Использование радиационных технологий в сельскохозяйственном производстве // Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства. 2013. № 6. С. 330–333.
15. Anderle, H.; Steffan, I.; Wild, E.; Hille, P.; Bermanec, V.; Sövegjar, F. Detection and Dosimetry of Irradiated Biominerals with Thermoluminescence, Radioluminescence and Electron Spin Resonance Measurements: Comparison of Methods. Radiation Measurements. 1998. Vol. 29. Iss. 5. Pp. 531–551. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1350-4487\(98\)00038-9](https://doi.org/10.1016/S1350-4487(98)00038-9).
16. Barba, F.J.; Roohinejad, S.; Ishikawa, K.; Leong, S.Y.; Bekhit, A.E.–D.A.; Saraiva, J.A.; Lebovka, N. Electron Spin Resonance as a Tool to Monitor the Influence of Novel Processing Technologies on Food Properties. Trends in Food Science & Technology. 2020. Vol. 100. Pp. 77–87. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.03.032>.
17. 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. Vol. 34. Pp. 149–152. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11259-010-9374-5>.
18. Goulas, A.E.; Stahl, M.; Riganakos, K.A. Effect of Various Parameters of Irradiated Fish and Oregano Using the ESR and PSL Methods. Food Control. 2008. Vol. 19. Iss. 11. Pp. 1076–1085. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2007.11.007>.
19. Timakova, R.T.; Tikhonov, S.L.; Tikhonova, N.V.; Poznyakovskiy, V.M. Use of the Method of Electron Paramagnetic Resonance for Determination of Absorbed Doses of Ionizing Radiation of Different Types of Meat and Fish Raw Materials. Foods and Raw Materials. 2017. Vol. 5. Iss. 2. Pp. 162–169. DOI: <https://doi.org/10.21179/2308-4057-2017-2-162-169>.
20. Стручков Н.А., Андреева М.В. Ветеринарно-санитарная экспертиза мяса косули и дикого северного оленя в Республике Саха (Якутия) // Научная жизнь. 2020. Т. 15, № 6 (106). С. 856–863. DOI: <https://doi.org/10.35679/1991-9476-2020-15-6-856-863>.
7. Sanzharova, N.I.; Koz'min, G.V.; Bondarenko, V.S. Radiacionnye Tekhnologii v Sel'skom Hozyajstve: Strategiya Nauchno-Tekhnologicheskogo Razvitiya [Radiation Technologies in Agriculture: a Strategy for Scientific and Technological Development]. Innovatika i Ekspertiza: Nauchnye Trudy. 2016. No. 1 (16). Pp. 197–206.
8. Chernyaev, A.P.; Avdyuhina, V.M.; Bliznyuk, U.A. i dr. Primenenie Nizkoenergeticheskogo Elektronogo Izlucheniya dlya Obrabotki Ohlazhdenogo Myasa Indejki. Optimizaciya Parametrov Vozdejstviya [Application of Low-Energy Electron Radiation for Processing Chilled Turkey Meat. Optimization of Impact Parameters]. Nauchnye Tekhnologii. 2020. Vol. 21. No. 1. Pp. 40–49. DOI: <https://doi.org/10.18127/j19998465-202001-07>.
9. Arvanitoyannis, I.S. Irradiation of Food Commodities: Techniques, Applications, Detection, Legislation, Safety and Consumer Opinion. Academic Press is an Imprint of Elsevier. 2010. 703 p. ISBN 13: 9780123747181.
10. Timakova, R.T. Nauchno-Prakticheskie Aspekty Identifikacii i Obe-specheniya Sohranyaemosti Pishchevoj Produktii, Obrabotannoj Ioniziruyushchim Izlucheniem [Scientific and Practical Aspects of Identification and Preservation of Food Products Treated with Ionizing Radiation]: avtoref. dis. ... d-ra tekhn. nauk: 05.18.15. Ekaterinburg. 2020. 36 p.
11. Uchida, M.; Ono, M. Technological Approach to Improve Beer Flavor Stability: Adjustments of Wort Aeration in Modern Fermentation Systems Using the Electron Spin Resonance Method. Journal of the American Society of Brewing Chemists. 2000. Vol. 58. Iss. 1. Pp. 30–37. DOI: <https://doi.org/10.1094/ASBCJ-58-0030>.
12. Varra, M.O.; Fasolato, L.; Serva, L.; Ghidini, S.; Novelli, E.; Zanardi, E. Use of Near Infrared Spectroscopy Coupled with Chemometrics for Fast Detection of Irradiated Dry Fermented Sausages. Food Control. 2020. Vol. 110. Article Number: 107009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.107009>.
13. Vertc, Dzh. Teoriya i Prakticheskie Prilozheniya Metoda EPR [Theory and Practical Applications of the EPR Method]. M.: Mir. 1975. 548 p.
14. Tihonov, A.V.; Anashkin, R.S.; Kryukov, A.E. Ispolz'ovanie Radiacionnyh Tekhnologij v Sel'skohozyajstvennom Proizvodstve [Radiation Technologies Use in Agricultural Production]. Sbornik Nauchnyh Trudov Stavropol'skogo Nauchno-Issledovatel'skogo Instituta Zhivotnovodstva i Kormoproizvodstva. 2013. No. 6. Pp. 330–333.
15. Anderle, H.; Steffan, I.; Wild, E.; Hille, P.; Bermanec, V.; Sövegjar, F. Detection and Dosimetry of Irradiated Biominerals with Thermoluminescence, Radioluminescence and Electron Spin Resonance Measurements: Comparison of Methods. Radiation Measurements. 1998. Vol. 29. Iss. 5. Pp. 531–551. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1350-4487\(98\)00038-9](https://doi.org/10.1016/S1350-4487(98)00038-9).
16. Barba, F.J.; Roohinejad, S.; Ishikawa, K.; Leong, S.Y.; Bekhit, A.E.–D.A.; Saraiva, J.A.; Lebovka, N. Electron Spin Resonance as a Tool to Monitor the Influence of Novel Processing Technologies on Food Properties. Trends in Food Science & Technology. 2020. Vol. 100. Pp. 77–87. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.03.032>.
17. 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. Vol. 34. Pp. 149–152. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11259-010-9374-5>.
18. Goulas, A.E.; Stahl, M.; Riganakos, K.A. Effect of Various Parameters of Irradiated Fish and Oregano Using the ESR and PSL Methods. Food Control. 2008. Vol. 19. Iss. 11. Pp. 1076–1085. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2007.11.007>.

21. Куцняк И. Морфологический состав мяса самцов кабана, благородного оленя, косули и некоторых домашних животных // *Stiinta Agricola*. 2014. № 2. С. 112–114.
22. Лумбунов С.Г., Жамсаев А.Б., Ешижамсоева С.Б. Морфологический, химический состав и пищевая ценность мяса диких копытных животных (изюбрь, косуля) Бурятии // *Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова*. 2015. № 4 (41). С. 150–153.
23. Умаров К.К., Кожаева Д.К. Характеристика мяса косуль предгорной зоны Северного Кавказа // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2019. № 1 (75). С. 184–185.
24. Катаева Д.Г. Химический состав мяса диких копытных Дагестана // *Проблемы развития АПК региона*. 2019. № 4 (40). С. 237–240.
25. Окунев А.М. Особенности накопления техногенных радионуклидов в мясе некоторых промысловых животных в Зауралье // *Аграрный научный журнал*. 2019. № 8. С. 47–52. DOI: <https://doi.org/10.28983/asj.y2019i8pp47-52>.
26. Малофеева Н.А., Рогожина Л.В., Шевякова М.А. Ветеринарно-санитарная экспертиза продуктов убоя косули // *Инновационная наука*. 2019. № 5. С. 209–212.
27. Ефремов И.В., Рахимова Н.Н., Янчук Е.Л. Особенности миграции радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в системе почва-растение // *Вестник ОГУ*. 2005. № 12 (50). С. 42–46.
28. Тимакова Р.Т., Тихонов С.Л. Комплексная оценка качества мяса косули, обработанного ионизирующим излучением // *XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс*. 2019. Т. 8, № 3 (47). С. 128–133.
19. Timakova, R.T.; Tikhonov, S.L.; Tikhonova, N.V.; Poznyakovskiy, V.M. Use of the Method of Electron Paramagnetic Resonance for Determination of Absorbed Doses of Ionizing Radiation of Different Types of Meat and Fish Raw Materials. *Foods and Raw Materials*. 2017. Vol. 5. Iss. 2. Pp. 162–169. DOI: <https://doi.org/10.21179/2308-4057-2017-2-162-169>.
20. Struchkov, N.A.; Andreeva, M.V. Veterinarno-Sanitarnaya Ekspertiza Myasa Kosuli i Dikogo Severnogo Olenya v Respublike Saha (Yakutiya) [Veterinary and Sanitary Examination of Roe Deer and Wild Reindeer Meat in the Republic of Sakha (Yakutia)]. *Nauchnaya Zhizn'*. 2020. Vol. 15. No. 6 (106). Pp. 856–863. DOI: <https://doi.org/10.35679/1991-9476-2020-15-6-856-863>.
21. Kucinyak, I. Morfologicheskij Sostav Myasa Samcov Kabana, Blagorodnogo Olenya, Kosuli i Nekotoryh Domashnih Zhivotnyh [Morphological Structure of Meat of Male Wild Boar, Red Deer, Roe Deer and Some Pets]. *Stiinta Agricola*. 2014. No. 2. Pp. 112–114.
22. Lumbunov, S.G.; Zhamsaev, A.B.; Eshizhamsoeva, S.B. Morfologicheskij, Himicheskij Sostav i Pishcheyaya Cennost' Myasa Dikih Kopytnykh Zhivotnyh (Izyubr', Kosulya) Buryatii [Morphological, Chemical Composition and Nutritional Value of Wild Ungulates Meat (Red Deer, Roe Deer) in Buryatia Republic]. *Vestnik Buryatskoj Gosudarstvennoj Sel'skohozyajstvennoj Akademii Im. V.R. Filippova*. 2015. No. 4 (41). Pp. 150–153.
23. Umarov, K.K.; Kozhaeva, D.K. Harakteristika Myasa Kosul' Predgornoj Zony Severnogo Kavkaza [Characteristics of Roe Deer Meat in the Foothill Zone of the North Caucasus]. *Izvestiya Orenburgskogo Gosudarstvennogo Agrarnogo Universiteta*. 2019. No. 1 (75). Pp. 184–185.
24. Kataeva, D.G. Himicheskij Sostav Myasa Dikih Kopytnykh Dagestana [Chemical Composition of Wild Ungulates Meat of Dagestan]. *Problemy Razvitiya APK Regiona*. 2019. No. 4 (40). Pp. 237–240.
25. Okunev, A.M. Osobennosti Nakopleniya Tekhnogennykh Radionuklidov v Myase Nekotoryh Promyslovykh Zhivotnykh v Zaural'e [Features of Technogenic Radionuclides Accumulation in the Meat of Some Commercial Animals in the Trans-Urals]. *Agrarnyj Nauchnyj Zhurnal*. 2019. No. 8. Pp. 47–52. DOI: <https://doi.org/10.28983/asj.y2019i8pp47-52>.
26. Malofeeva, N.A.; Rogozhina, L.V.; Shevyakova, M.A. Veterinarno-Sanitarnaya Ekspertiza Produktov Uboya Kosuli [Veterinary and Sanitary Examination of Roe Deer Slaughter Products]. *Innovatsionnaya Nauka*. 2019. No. 5. Pp. 209–212.
27. Efremov, I.V.; Rahimova, N.N.; Yanchuk, E.L. Osobennosti Migratsii Radionuklidov Ceziya-137 i Stronciya-90 v Sisteme Pochva-Rastenie [Migration Features of Cesium-137 and Strontium-90 Radionuclides in the Soil-Plant System]. *Vestnik OGU*. 2005. No. 12 (50). Pp. 42–46.
28. Timakova, R.T.; Tihonov, S.L. Kompleksnaya Ocenka Kachestva Myasa Kosuli, Obrabotannogo Ioniziruyushchim Izlucheniem [Comprehensive Quality Assessment of Roe Deer Meat Treated with Ionizing Radiation]. *XXI Vek: Itogi Proshlogo i Problemy Nastoyashchego Plyus*. 2019. Vol. 8. No. 3 (47). Pp. 128–133.

Информация об авторах / Information about Authors

**Тимакова
Роза Темерьяновна**

Timakova,
Roza Temerjanovna

Тел./Phone: +7 (343) 283-11-26
E-mail: trt64@mail.ru

*Доктор технических наук, профессор кафедры пищевой инженерии
Уральский государственный экономический университет
620144, Российская Федерация, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45*

*Doctor of Technical Sciences, Professor of Food Engineering Department
Ural State University of Economics
620144, Russian Federation, Ekaterinburg, 8 March/Narodnoy Voli St., 62/45*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4777-1465>

**Тихонов
Сергей Леонидович**

Tikhonov,
Sergey Leonidovich

Тел./Phone: +7 (343) 221-27-66

E-mail: tihonov75@bk.ru

*Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой пищевой инженерии
Уральский государственный экономический университет
620144, Российская Федерация, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45*

*Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Food Engineering Department
Ural State University of Economics*

620144, Russian Federation, Ekaterinburg, 8 March/Narodnoy Voli St., 62/45

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4863-9834>

**Тихонова
Наталья Валерьевна**

Tikhonova,
Natalya Valeryevna

Тел./Phone: +7 (343) 221-27-66

E-mail: tihonov75@bk.ru

*Доктор технических наук, профессор, профессор кафедры пищевой инженерии
Уральский государственный экономический университет
620144, Российская Федерация, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45*

*Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Food Engineering Department
Ural State University of Economics*

620144, Russian Federation, Ekaterinburg, 8 March/Narodnoy Voli St., 62/45

Phone: +7 (343) 221-27-66

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5841-1791>