

Антимикробная обработка мясных продуктов ускоренными электронами

Опыт внедрения технологии в России (Часть вторая)

В первой части статьи, посвященной антимикробной обработке мясной продукции ускоренными электронами («Мясной ряд», 2019, № 1), были освещены общие вопросы, касающиеся технологии, принципов ее действия, эффективности, безопасности и преимуществ [1].

В этой статье рассматривается опыт внедрения технологии в России, конкретные примеры ее применения в практике мясоперерабатывающей отрасли.

Перечень проблем, которые актуальны в мясной и мясоперерабатывающей отрасли нашей страны целевой аудитории хорошо известны и не нуждаются в подробном описании. Тем не менее не лишним будет отметить факт применения технологии антимикробной обработки ускоренными электронами как в рамках испытаний, так и в промышленных объемах для решения следующих задач:

- устранения или подавления патогенных и болезнетворных микроорганизмов;
- увеличения безопасных сроков хранения продукции;
- отказа от химических добавок, в том числе разработки новых рецептов;
- снижения рисков неправильного хранения продукции.

До недавнего времени в промышленном масштабе технология антимикробной обработки ускоренными электронами для мясной продукции в России не применялась и была ориентирована исключительно на специи, пряности, травы и пищевые добавки. В стране не существовало центров, имеющих соответствующие источники излучения и технологические мощности для использования мирового опыта, и технологий для обработки более широкого спектра пищевой продукции.

С вводом в эксплуатацию первой очереди центра электронно-лучевой обработки компании «Теклеор» в стране появился не только первый специализированный центр по антимикробной обработке пищевой продукции, но и возникла практическая возможность, с учетом наработанных технологических схем, широкой интеграции этой технологии в иные сферы пищевой промышленности страны.

Мировая практика

Одно из первых упоминаний промышленной антимикробной обработки мясной продукции относится к середине прошлого века (США), когда для обеспечения увеличенных и, что более важно, безопасных сроков хранения, таким образом обрабатывали мясные полуфабрикаты для армии [2].

В 1993 были опубликованы один из первых технических отчетов и рекомендации по антимикробной обработке домашней птицы и продуктов из нее, разработанный Международной консультативной группой по облучению пищевых продуктов под эгидой Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ), Продовольственной и сельскохозяйственной организации (ФАО) и Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) [3].

Для справки: практически ежегодно ФАО, ВОЗ и МАГАТЭ выпускают отчеты касательно применения радиационных технологий в пищевой промышленности.

В 1997 году после серии массовых отравлений мясными продуктами Управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США FDA одобрило применение радиационной обработки к охлажденному и замороженному мясу, чтобы обеспечить подавление жизнедеятельности болезнетворных микроорганизмов и увеличить срок его хранения [4, 5]. Позже, в 1999 году, такая обработка была одобрена и Инспекцией по безопасности пищевых продуктов, и Министерством сельского хозяйства. По состоянию на июнь 2001 года около 2000 супермаркетов в 22 штатах США предлагают покупателям обработанные таким образом продукты переработки говядины [5].

В Канаде в 2000 году департамент Министерства здравоохранения внес поправки в «Правила в отношении пищевых продуктов и медикаментов» и рекомендовал оборот и продажу свежего или замороженного говяжьего фарша, обработанного ускоренными электронами [6, 7].

Как показывает мировая практика, признание и реализация подобной технологии имеет широкий географический охват. Ее внедрение является как превентивной мерой на всей цепочке производства продукции либо, как в приведенных выше примерах, служит в целях предотвращения патогенности [8].

Далее представлена нормативная база стран, которые, согласно открытым источникам, наиболее активно используют обработку ускоренными электронами (или другим типом излучения) мяса, мясных продуктов и птицы с целью подавления паразитов, снижения уровня патогенных микроорганизмов до регламентированных значений и увеличения сроков годности:

США. Свинина и говядина (охлажденное и замороженное мясо), полуфабрикаты, птица (охлажденная, замороженная, продукты ее переработки):

- FDA, 2001. Irradiation in the Production, Processing, and Handling of Food. Federal Register. Final Rule. February 16, 2001, 66(33), 10574-10575;

- Code of Federal Regulations FDA, Title 21, Volume 3. Revised as of April 1, 2018. CITE:21CFR179.26;

- ASTM F1356-08. Standard practice for irradiation of fresh and frozen red meat and poultry to control pathogens and other microorganisms;

- ASTM F1356-99 Standard Guide for the Irradiation of Fresh and Frozen Red Meat and Poultry to Control Pathogens and Other Microorganisms.

Канада. Фарш говяжий (охлажденный и замороженный):

- Food and Drug Regulations (C.R.C., c. 870) B.26.001 - DIVISION 26 - Food Irradiation

Бразилия. Птица:

- Directives from the Ministry of Health: No. 9 of 8 March 1985 and No. 30 of 25 September 1989.

Китай. Свинина и говядина (охлажденное и замороженное), полуфабрикаты, птица (охлажденная, замороженная, продукты ее переработки):

- Decision No. 3616/2004/QD-BYT of October 14th, 2004, on the issuance of the regulations on safety and sanitation of foods preserved by irradiation

- Standard GB/T 18524-2001 (наосновестандарта Codex Alimentarius. General standard for irradiated foods. Codex Stan 106-1983)

- GB 18524-2016 National Food Safety Standard hygienic standard for food irradiation processing.

Малайзия. Мясо и птица (охлажденное, замороженное, соленое):

- MS 1265-8 (2005) (English): Code of good irradiation practice – Part 8: Prepackaged meats and poultry for the control of pathogens and/or shelf-life extension (Second revision).

- MS 1265-10 (2005) (English): Code of good irradiation practice - part 10: Dried meat and dried salted meat of animal origin for insect disinfestations, control of moulds and reduction of pathogenic microorganisms.

Индонезия. Мясо и птица и продукты их переработки (охлажденные и замороженные)

- Regulation of Ministry of Health 701/2009 on food irradiation. Regulation No. 26/2013 on the control of irradiated foods.

Таиланд. Мясные полуфабрикаты

- Стандарт на основе Codex Alimentarius. General standard for irradiated foods. Codex Stan 106-1983;

- Ministry of Public Health Notification Re: Irradiated Food (2553/2010).

Корея. Сушеное мясо:

- Ministry of Health and Welfare's decree No. 767. Gamma irradiation from a ⁶⁰Co source was used for irradiation of 26 food groups, while electron beam

irradiation generated from accelerators below 10 MeV (July 2012).

Пакистан. Мясо и птица и продукты их переработки (охлажденные и замороженные):

- SRO 166(1)96, Gazette Notification 3712/96, 1996 (наосновестандарта Codex Alimentarius. General standard for irradiated foods. Codex Stan 106-1983).

Иран. Свинина и говядина:

- ISIRI 11333: Irradiation of pre-packaged processed meat and poultry products to control pathogens and other microorganisms e Code of practice

Великобритания и Ирландия. Птица и мясо красное:

- HMSO, The Food (Control of Irradiated) Regulations SI 2490 (1991), London;

- 31 July 2009 (The Food Irradiation (England) Regulations 2009, (2009 SI 1584).

Евросоюз (Нидерланды, Франция, Бельгия), Птица:

- EU, 1999. European Union. Directive 1999/2/EC of the European Parliament and of the Council. Concerning food and food ingredients treated with ionizing radiation. February 22nd.;

- EU, 1999. Directive 1999/3/EC of the European Parliament and of the Council of 22 February 1999 on the establishment of a Community list of foods and food ingredients treated with ionizing radiation. Official Journal of European Communities.

Австралия. Мясные полуфабрикаты фасованные:

- FSANZ (2013) Australia New Zealand Food Standards Code – Standard 1.5.3 - irradiation of food. <http://www.foodstandards.gov.au/code/>. Accessed 5th March 2014.



tecleor

**Услуги нехимической
антимикробной
обработки продуктов питания**



Охлажденное и замороженное мясо

Мясные полуфабрикаты в том числе готовые к употреблению

Мясные субпродукты

Обработка в упаковке; сохранение температуры продукции; альтернативный метод консервации; обработка в соответствии с международными и отечественными стандартами

249010, Калужская обл., Боровский район,
д. Старомихайловское, ул. 1-я Индустриальная,
владение 4

+7(4843)86-80-40; +7(910)590-04-27
sales@tecleor.com; www.tecleor.com

В России на сегодняшний день существует ряд ГОСТов, в которых представлены основные положения технологии, основанной на использовании ионизирующего излучения при обработке продуктов из свежего, мороженого или переработанного мяса для уничтожения или уменьшения количества вегетативных патогенных микроорганизмов и паразитов, а также для продления срока хранения облученных продуктов путем уменьшения количества вегетативных микроорганизмов, вызывающих порчу; приводится информация об обращении с мясом до и после процедуры обработки, а именно:

1. ГОСТ 33820-2016 Мясо свежее и мороженое. Руководство по облучению для уничтожения паразитов, патогенных и иных микроорганизмов;
2. ГОСТ 33825-2016 Полуфабрикаты из мяса упакованные. Руководство по облучению для уничтожения паразитов, патогенных и иных микроорганизмов;
3. ГОСТ 52529-2006 Мясо и мясные продукты. Метод электронного парамагнитного резонанса для выявления радиационно-обработанных мяса и мясопродуктов, содержащих костную ткань. (аналог EN 1786:1996 «Foodstuff – Detection of irradiated food containing bones – Method by ESR spectroscopy»).

Поддержка ученых

Научные подходы к созданию и обоснованию технологических аспектов процесса антимицробной обработки мясных продуктов

Отмечается, что обработка ускоренными электронами мясных продуктов разной степени готовности является одной из наиболее эффективных технологий для инактивации пищевых патогенов и повышения безопасности мяса [5, 9]. За этим заключением стоят результаты многочисленных многолетних исследований в мировых исследовательских центрах, объединенные отчеты ВАО, ФОЗ, МАГАТЭ, примеры из мировой практики. Никакая другая технология консервирования не исследовалась так подробно, как антимицробная обработка с применением ионизирующего излучения.

Мясо и мясные продукты, прошедшие такую обработку, также являются пристальным объектом исследований и у российских ученых.

Так, исследования, проведенные сотрудниками ФГБНУ «ВНИИИМП им. В. М. Горбатова показали, что после антимицробной обработки, упакованной в вакууме охлажденной говядины на режиме в 3 кГр, сроки ее хранения в условиях бытового холодильника увеличивались втрое.

Также доказано, что «для фарша из говядины доза в 1 кГр*на 95% снижает уровень сальмонелл, а обработка дозой 4 кГр мяса под вакуумом приостанавливает рост бактерий на 8 недель при его хранении при 0°С». Кроме того, при использовании оптимальных режимов, не отмечено изменений качества говяжьего фарша и изготовленного из него котлет [10].

Сохранение основных физико-химических показателей безопасности и качества мясного сырья и продуктов на его основе в результате радиационной обработки (1-3 кГр) отмечается и в работе [11]. Как отмечает автор, «они оставались на уровне показателей, обычно наблюдаемых для различных видов аналогичной

продукции без радиационной обработки либо изменялись незначительно».

Коллектив авторов (Дыдыкин А. С., Деревицкая О. К.) того же института во главе с Аслановой М. А. на основании проведенных исследований делает вывод, что обработка упакованного в вакуум мясного фарша на режиме 1,5-4,5 кГр приводит к замедлению процессов окислительной порчи и увеличению накопления аминокислотного азота в сравнении с контрольным образцом [12].

В исследовании Р. Т. Тимаковой отмечается, что применение ионизирующего излучения для охлажденных мясных полуфабрикатов позволяет обеспечить высокие органолептические показатели при продлении срока годности и соответствии требованиям технических регламентов Таможенного союза (ТР ТС 021/2011 и ТР ТС 034/2013) на всем периоде хранения. Объектом исследования в этом случае была шея свиная [13, 14].

Также совсем недавно в рамках разработки технологической инструкции по антимицробной обработке мясных полуфабрикатов, ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова» была проведена научно-исследовательская работа по исследованию охлажденных кусковых и рубленых мясных полуфабрикатов, упакованных под вакуумом и обработанных ионизирующим излучением.

В рамках этой работы был проведен комплексный анализ качества, обработанного ускоренными электронами мясных продуктов с использованием стандартных методов анализа и контроля мясной продукции, а именно:

- исследование биологической активности полуфабрикатов с использованием метода *ex vivo*;
- микробиологические показатели по ГОСТ 19444.15-94, ГОСТ 31747-2012, ГОСТ 31659-2012, ГОСТ 32031-2012, ГОСТ 25860-90, ГОСТ 10444.12-2013, ГОСТ Р 54354-2011;
- содержание белка по ГОСТ 25011-81;
- содержание жира по ГОСТ 23042-86;
- жирнокислотный состав на газовом хроматографе;
- изучение состава углеводов (УВ) по ГОСТ 51880-2002;
- кислотное число по ГОСТ Р 55480-2013;
- ТБЧ по ГОСТ Р 55480-2013;
- перекисное число по ГОСТ 34118-2017;
- токсичные элементы: свинец, кадмий по МУК 4.1.986-00, мышьяк по ГОСТ Р 51766-01, ртуть по МУК 4.1.1472-03;
- хлорорганические пестициды: ГХЦГ, ДДТ и его метаболиты по МУ 2142-80;
- антибиотики: группа тетрациклина по ГОСТ 31694-2012, левомецетин по ГОСТ Р 54904-2012;
- аминокислотный состав методом ионообменной хроматографии на аминокислотном анализаторе фирмы «Векман»;
- карбонильные соединения спектрофотометрическим методом,
- органолептические показатели по ГОСТ 9959-2015,
- мультисенсорные исследования на приборе VOCmeter («электронный нос»).

Таблица 1. Результаты тестовых испытаний технологии антимикробной обработки ускоренными электронами для мясного сырья и переработанного продукта

Продукт	Режим обработки			
	Minimal	Optimal	Maximal	Maximal+
Баранина				
Ребрышки (вакуум)	+	+	+	–
Ребрышки	+	–	–	
Голяшка (вакуум)	+	+	–	
Голяшка	+	+	–	
Грудинка (вакуум)		+	+	–
Грудинка		+	–	–
Баранина для плова (вакуум)	+	+	–	
Баранина для плова	+	+	–	
Шейка (вакуум)	+	+	–	
Шейка	+	–	–	
Свинина				
Шейный отруб	+	+	+	–
Плечелопаточный отруб	+	+	+	–
Филей подлопаточной части	+	+	+	–
Тримминг	+	+	+	
Отбивная (вакуум)	+	+	+	–
Язык (вакуум)		+	+	–
Говядина				
Фарш (говядина + свинина)	+	+	+	–
Жилка	+	+	–	
Фарш		+	+	+
Курица				
Бедро (замороженное)	+	+	+	+
Крыло (замороженное)	+	+	+	–
Голень (замороженное)	+	+	+	–
Фарш	+	+	+	–

Обобщая, можно сказать, что согласно полученным результатам антимикробная обработка ускоренными электронами в регламентированном режиме сохраняет все качественные показатели мясных полуфабрикатов, обеспечивает микробиологическую безопасность на пролонгированных сроках их хранения. Представить все результаты в настоящей работе не представляется возможным, однако получить полный текст отчета можно по запросу у автора работы.

Примечание. кГр – режим обработки, характеризуется количеством поглощенной энергии на 1 килограмм продукции (Джуль на килограмм). Согласно [1, 2, 5] диапазон для мясной продукции лежит в диапазоне от 1 до 7 кГр.

Опыт внедрения технологии в России

Компания «Теклеор» за два года работы получила большой опыт в практике антимикробной обработки, в том числе мясного сырья и продуктов переработки мяса разной степени готовности. Установленное технологическое оборудование позволяет в широком диапазоне варьировать условия облучения пищевой продукции.

Результаты тестовых обработок (как положительные, так и отрицательные) – это уникальный (и единственный!) опыт в России, который позволяет максимально

эффективно и корректно интегрировать технологию в пищевую промышленность России.

В таблицах 1 и 2 приведена сводная информация по результатам применения технологии в тестовом режиме для достаточно широкого ассортимента мясной продукции с различными режимами антимикробной обработки, в том числе:

- Minimal – минимальной режим (минимальная эффективность обработки),
- Optimal – оптимальной режим (оптимальная эффективность обработки),
- Maximal – максимальной режим (максимальная эффективность антимикробной обработки),
- Maximal+ – режим, выше максимального, когда существует вероятность нарушения органолептических свойств продукции.

Символом (+) обозначается полное достижение антимикробного эффекта и сохранение органолептических свойств продукции; символом (–) – изменения в органолептике, пустые поля означают, что режим на продукте не тестировался.

Как следует из таблицы 1, практически весь перечень мясного сырья различного происхождения может успешно подвергаться антимикробной обработке. Положительный эффект заключается в достижении

Таблица 2. Результаты тестовых испытаний технологии антимикробной обработки ускоренными электронами для готовых к употреблению мясных продуктов и полуфабрикатов

Продукт	Режим обработки			
	Minimal	Optimal	Maximal	Maximal+
Сосиски молочные	+	+	+	+
Сосиски сливочные	+	+	+	
Сосиски по ГОСТ	+	+	–	
Сосиски с говядиной	+	+	+	–
Сардельки	+	+	+	
Холодец	+	+	–	
Бекон слабосоленый № 1	+	+	+	–
Бекон слабосоленый № 2	+	+	–	
Бекон слабосоленый № 3 (-18°С)	+	+	+	–
Бекон	+	+	–	
Колбаса с/к нарезка (вакуум)	+	–	–	
Колбаса в/к (вакуум)	+	+	–	
Колбаса «Докторская» по ГОСТ (вакуум)		+	+	–
Колбаса полукопченая (вакуум)		+	+	
Карбонад (вакуум)	+	+		
Говядина мраморная нарезка		+	+	–
Паштет по-французски	–	–	–	
Ветчина (вакуум)	+	+	–	
Вареная колбаса	+	+	+	–
Сервелат «Сибирский» (вакуум)	+	+	–	
Сальчичон нарезка (МГС)	+	+	+	
Колбаса телячья	+	+	+	–

поставленных целей, подтвержденных заключениями и протоколами компаний-заказчиков, а именно безопасное увеличение сроков хранения продукции с полным сохранением ее органолептических свойств как при применении оптимальных разработанных режимов, так и при их допустимом превышении.

Интересны результаты испытаний образцов филея подлопаточной части свинины (упаковано в вакууме), когда по данным микробиологических исследований они соответствовали ТР ТС 034/2013 и ТР ТС 021/2011 до 61 суток включительно. Однако, как отмечает заказчик, за счет естественных процессов ферментации и биохимического окисления на столь долгом сроке годности сохранить органолептические показатели мясной продукции не удалось.

В этом отношении увеличение сроков хранения продукции, уже прошедшей термическую обработку (бланширование), где ферментативные процессы в достаточной степени приостановлены, антимикробной обработкой ускоренными электронами имеет больший потенциал. Некоторые результаты по антимикробной обработке такой мясной продукции представлены в таблице 2.

Как правило, увеличение сроков хранения продукции отмечается практически на всех экспериментальных образцах. Большинство из них успешно прошли испытания в рамках разработки новых рецептур, полностью исключая добавление консервантов. Стоит отметить, что неприменима такая обработка к паштету по-французски в силу высокой жирности продукта. В целом, ко всему представленному перечню продукции

(разной степени готовности) при превышении режимов антимикробной обработки можно отнести следующие выявленные изменения.

Изменение органолептических показателей

Цвет свежего мяса определяется главным образом оксимиоглобином и дезоксимиоглобином. Изменение цвета свежего мяса в основном вызвано окислением миоглобина до метмиоглобина. Однако обработка замороженной свинины и говядины усиливала розовый цвет, в том числе на всем сроке хранения после дефростирования (обусловлено производными двухвалентного миоглобина, например, карбоксимиоглобина). Изменение цвета в готовой к употреблению продукции обычно связано с добавлением искусственных красителей, в результате чего продукт может стать несколько бледнее. Но негативные изменения в цвете на режимах выше рекомендуемых существенно снижаются при обработке продукции в вакуумной упаковке или с дополнительно добавленными антиоксидантами, например аскорбиновой кислотой.

Изменение запаха и вкуса продукции при превышении рекомендуемых режимов обработки, обусловлено переокислением жиров, наиболее чувствительных полиненасыщенных жирных кислот. В значительно меньшей степени к обработке чувствительны белки и углеводы.

Моделирование поглощенных доз

Неотъемлемым направлением работы центра «Теклеор», помимо промышленных антимикробных обработок, также является развитие и апробация



Рис. 1. Компьютерная томография тушки цыплят-бройлеров 1 сорта

используемой технологии, а именно теоретическое обоснование выбранных режимов обработки, картирование поглощенных доз в модельных и промышленных пищевых образцах, моделирование поглощенной дозы на разных режимах в сложных и многокомпонентных (разноплотностных) объектах и др.

Такая работа в том числе проводится и в направлении антимикробной обработки цыплят-бройлеров (тушка, отдельные части, полуфабрикаты из нее). Для моделирования поглощенных доз используется различные рабочие среды, в том числе с предварительной оценкой реальной плотности биообъекта с помощью компьютерной томографии (рис. 1).

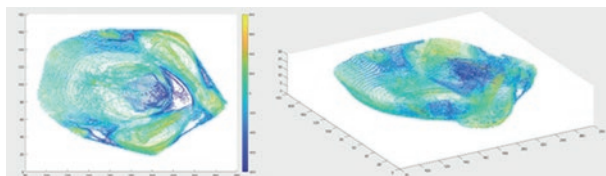


Рис. 2. Пример формирование срезов плотностей тушки цыплят-бройлеров 1 сорта

Заключение

Эффективность технологии антимикробной обработки мясных продуктов и полуфабрикатов с использованием ионизирующих излучений не вызывает сомнений. Опыт компании «Теклеор», накопленный за два года работы, это подтверждает. Однако более важен опыт отрицательного характера, который позволяет наиболее полно понять модифицирующий эффект различных факторов (упаковка, состав, температура) и вовремя скорректировать режимы обработки. Работа по отладке режимов (включая моделирование поглощенных доз) позволяет применять технологию антимикробной обработки ускоренными электронами с максимальной эффективностью.

Что касается тестовых испытаний технологий, то не меньшая ответственность лежит и на компании-заказчике. Как показывает опыт, все компании преследуют одну цель – оценить максимальную эффективность технологии, но не все прикладывают для этого необходимые усилия и допускают ряд ключевых ошибок, ставя в итоге полученные результаты под сомнение. Необходимым же является соблюдение следующих немногочисленных условий:

- Объем и репрезентативность выборки как для разовых анализов, так и для их оценки в динамике;
- Обязательная микробиологическая оценка образцов;
- Оценка органолептических показателей продукции,;

- Формирование отчетов обработки, совместный анализ результатов.

Хочется добавить, что компании, проводящие полномасштабные испытания технологии и максимально ответственно подходящие к совместной работе – получают максимальную эффективность антимикробной обработки, что позволяет ее применять для обработки их продукции в промышленных объемах.

К. б. н. **Чурюкин Р. С.**, главный технолог,
ООО «Теклеор»

Будник С. В., управляющий, ООО «Теклеор»

Шилов О. А., исполнительный директор,
ООО «Теклеор»

Список использованной литературы:

1. Чурюкин Р. С., Будник С. В., Шилов О. А. Антимикробная обработка мясных продуктов ускоренными электронами. Теперь технология доступна и в России // Мясной ряд. – 2019. – № 1 – С. 62- 65.
2. Food Irradiation Technologies. Concepts, Applications and Outcomes. Edited by F. R. Ferreira, A. L. Antonio, S. Cabo Verde, 2018. – 454 p
3. IAEA-TECDOC-688 Irradiation of poultry meat and its products A compilation of technical data for its authorization and control International Consultative Group on Food Irradiation established under the aegis of FAO, IAEA, WHO, 1993
4. Code of Federal Regulations FDA, Title 21, Volume 3. Revised as of April 1, 2018. CITE:21CFR179.26
5. Advanced Technologies for Meat Processing Second Edition Edited by Fidel Toldrá and Leo M. L. Nollet, 2018
6. <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/food-nutrition/food-safety/food-irradiation/frequently-asked-questions-regarding-food-irradiation-1.html>
7. Radiation processing for safe, shelf-stable and ready-to-eat food Proceedings of a final Research Co-ordination Meeting held in Montreal, Canada, 10–14 July 2000
8. Global Harmonization Initiative (GHI). Consensus Document on Food Irradiation Discordant international regulations of food irradiation are a public health impediment and a barrier to global trade. October 2018
9. Irradiation of Food Commodities: Techniques, Applications, Detection, Legislation, Safety and Consumer Opinion. I. S. Arvanitoyannis. Elsevier, 2010. – 703 p
10. Горбунова Н. А. Перспективы применения технологии ионизирующего облучения мяса и мясных / Мясная индустрия – 2016. – № 9. – С. 21-23.
11. Иванкин А. Н. Радиационная обработка пищевых продуктов на основе мясного сырья: облучать или не облучать? / Мясная индустрия – 2017. – №1. – С. 26-29.
12. Асланова М. А. и др. Влияние радиационной обработки на показатели окислительной порчи мясного фарша / Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти Василия Матвеевича Горбатова. – 2018. – № 1. – С. 24-26.
13. Тимакова Р. Т. Органолептическая оценка облученных мясных полуфабрикатов на разных сроках хранения / Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2018. – № 3 (50). – С. 51-58.
14. Тимакова Р. Т. ВЕ-оценка показателей свежести радиационно-обработанной свинины / Вестник Камчат ГТУ – 2019. – № 47. С. 62-67