DOI: 10.21870/0131-3878-2017-26-2-97-106

Исследование эффективности холодной стерилизации рыбных пресервов электронным излучением в зависимости от дозиметрических параметров облучения

Полякова И.В.¹, Кобялко В.О.¹, Саруханов В.Я.¹, Козьмин Г.В.¹, Фролова Н.А.¹,
Лыков И.Н.², Воронин Л.А.³

¹ ФГБНУ ВНИИ радиологии и агроэкологии, Обнинск;

² ФГБОУ ВПО Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга;

³ ФГБУН Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения РАН, Новосибирск

Ранее показано, что холодная стерилизация рыбных пресервов на γ -установке с мощностью дозы 1,5 Гр/с максимально эффективна при дозе 6 кГр и не нарушает качества продукции. Однако неизвестно, как увеличение мощности дозы в 100 и более раз может повлиять на величину оптимальной антибактериальной дозы и качественные показатели продукта. В связи с этим цель работы – исследование эффективности холодной стерилизации рыбных пресервов электронным излучением с разными дозиметрическими параметрами. В исследовании использованы рыбные пресервы, которые облучали на импульсном электронном ускорителе с энергией электронов 5 МэВ в диапазоне доз от 1,5 до 6,0 кГр. Контролем была необлучённая продукция. В контрольных образцах общее количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов и дрожжей на 15 сутки после изготовления было в 100 и 1,5 раза соответственно выше норматива, что сопровождалось преждевременным нарушением органолептических показателей. Напротив, все показатели облучённой продукции соответствовали норме. Максимальный антибактериальный эффект отмечали при дозе 6 кГр. Во время хранения облучённой продукции процессы порчи не развивались. На основании выполненных исследований сделано заключение, что использование электронного ускорителя для холодной стерилизации рыбных пресервов в дозах от 3 до 6 кГр не нарушает качества продукции, гарантирует микробиологическую безопасность и продлевает сроки хранения.

Ключевые слова: радиационная обработка, многокомпонентные пищевые продукты, электронное излучение, электронный импульсный ускоритель, γ -излучение, рыбные пресервы, микробиологическая безопасность, санитарно-гигиенические показатели, продление срока хранения, стерилизация.

Введение

Радиационные технологии активно используются для обеспечения микробиологической безопасности и увеличения сроков хранения сельскохозяйственного сырья и пищевой продукции [1]. Разработаны процедуры радиационной обработки (РО) для многих видов продуктов, которые регламентируются международными нормативными документами ФАО, ВОЗ и Европейского комитета по безопасности продуктов питания [2, 3]. В настоящее время в Российской Федерации ведётся активная работа по их имплементации и созданию отечественных регламентов облучения различных видов продукции [4, 5].

В случае пищевых продуктов, готовых к употреблению, которые не подлежат термической обработке (например, рыбных пресервов), наиболее эффективным методом достижения микробиологической безопасности является холодная стерилизация (ХС) – радиационная обработка в дозах, достаточных для уничтожения микроорганизмов и не сопровождающаяся повышением температуры облучаемой продукции. В связи с вариабельностью видовой принадлежно-

Полякова И.В. – мл. научн. сотр.; Кобялко В.О.* – вед. научн. сотр., к.б.н.; Саруханов В.Я. – ст. научн. сотр., к.б.н.; Козьмин Г.В. – вед. научн. сотр., к.б.н.; Фролова Н.А. – научн. сотр., к.б.н. ФГБНУ ВНИИРАЭ. Лыков И.Н. – зав. каф., научн. рук. Института естествознания, д.б.н., проф. КГУ им. К.Э. Циолковского. Воронин Л.А. – ст. научн. сотр., к.т.н. ФГБУН ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН.

*Контакты: 249032, Калужская обл., Обнинск, Киевское шоссе, 109-й км. Тел.: (484) 399-69-38; e-mail: kobyalko@yandex.ru.

сти и уровня микробиологического загрязнения, а также присутствием радиочувствительных компонентов в составе рыбных пресервов требуется особо тщательное определение оптимальных величин параметров облучения, необходимых для достижения наибольшего микробиологического эффекта и не приводящих к нарушению качества продукта.

Ранее нами было показано, что максимальная эффективность ХС рыбных пресервов на γ -установке с мощностью дозы 1,5 Гр/с достигается при величине дозы 6 кГр [6]. В результате облучения происходит подавление жизнедеятельности микроорганизмов, делающих эту продукцию непригодной к использованию по санитарно-гигиеническим нормативам, а органолептические и физико-химические свойства не ухудшаются. Достигнутый положительный эффект сохраняется в течение 3 месяцев хранения продукции при 0 ± 3 °С, но через 6 месяцев наблюдается увеличение количества дрожжей выше нормативных значений при отсутствии нарушений органолептических свойств. Необходимо отметить, что доза в 6 кГр на такой γ -установке достигается в течение 70 минут. Поэтому облучение рыбных пресервов, во избежание развития процессов порчи, должно проводиться при температуре 4-8 °С. Снижение времени облучения может быть достигнуто за счёт увеличения мощности дозы радиационного воздействия. На электронных ускорителях необходимая доза может быть получена в течение нескольких минут. Несмотря на то, что глубина проникновения электронов не превышает величины 4-5 см (энергия электронов – 10 МэВ), данные установки могут быть использованы для ХС рыбных пресервов, так как толщина большинства упаковок этой продукции не превышает 2-3 см. Поэтому применение электронных ускорителей (ЭУ) для ХС такой продукции перспективно и требует проведения комплексных исследований.

В связи с этим целью работы стало исследование эффективности ХС рыбных пресервов на электронном ускорителе с разными дозиметрическими параметрами и оценка показателей качества и безопасности облучённой продукции в процессе хранения.

Материалы и методы

Для эксперимента была закуплена партия рыбных пресервов, изготовленных согласно ТУ 9272-100-00472093-2002 из одинаковых компонентов, представляющих собой кусочки филе тихоокеанской сельди, расфасованных в герметичную пластиковую тару и залитых подсолнечным маслом. Вся свежеприготовленная продукция была разделена на 7 частей по 10 банок (вес одной банки 180 г) и подвергнута электронному облучению на пятый день после изготовления в дозах и с параметрами воздействия согласно табл. 1.

Таблица 1

Схема эксперимента

Параметры	Контроль	Радиационная обработка					
		83,3			250		
Мощность дозы, Гр/с	0						
Поглощённая доза, кГр	0	1,5	3,0	6,0	1,5	3,0	6,0
Время обработки, мин	0	4	7	14	1	2	4
Время под лучом, с	0	24	42	84	6	12	24
Ток пучка, мА	0	100			320		

Для РО рыбных пресервов использовали импульсный ускоритель электронов (ИЛУ 10) с энергией электронов 5,0 МэВ (ИЯФ им. Г.И. Будкера, Новосибирск). Измерение поглощённой дозы (ПД) проводили с помощью плёночных дозиметров типа В3000 от GEX Corp., предназначенных для измерения доз электронного и γ -излучения в диапазоне энергий 0,5-12 МэВ. Кон-

тролем служила необлучённая продукция. Хранение образцов осуществляли при $t = +5 - +8$ °С. Образцы исследовали на 10, 95 и 185 сутки после радиационной обработки согласно нормативным документам [4, 5].

Погрешности измерения ПД не превышали 10-12% при доверительной вероятности 0,95. Пресервы облучали при температуре 20 ± 5 °С, раскладывая образцы в один слой на транспортёре электронного ускорителя. Скорость транспортёра – 4 см/с. Время обработки образцов не превышало 14 минут. Перевозку облучённой продукции осуществляли в термоконтейнерах с охлаждающими элементами при температуре 5 ± 3 °С. Для хранения рыбных пресервов использовали бытовой холодильник. Температуру контролировали термометрами ТСЖ-Х, она находилась в пределах от +5 до +8 °С. Образцы исследовали через 10, 95 и 185 суток после РО. Из контрольных и облучённых в разных дозах рыбных пресервов отбирали пробы для определения сенсорных (органолептических), физико-химических и микробиологических показателей, которые проводили в соответствии с нормативными документами [7-18].

Результаты и обсуждение

Качество и безопасность продуктов питания (рыбных пресервов) определяются совокупностью контролируемых показателей, соответствующих нормативным значениям на данный вид продукции [10]. В контрольных и опытных образцах через 10 суток после ХС отсутствовали такие патогенные микроорганизмы как сальмонеллы, БГКП, листерии, стафилококки и сульфит-редуцирующие клостридии, а также плесени. В то же время количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) в контроле составляло $1,6 \cdot 10^7$ КОЕ/г, что на 2 порядка выше нормы [7] (табл. 2). Количество дрожжей также превышало норматив в 1,5 раза. Необходимо отметить, что уже на этом этапе исследований регистрировали нарушение сенсорных характеристик контрольной продукции по данным органолептического анализа. Это свидетельствует о том, что за время, прошедшее после изготовления (15 дней), активность микроорганизмов в изначально неиспорченных образцах привела к нарушению органолептических свойств продукта. Показатели жирно-кислотного состава подсолнечного масла образцов соответствовали нормативным значениям, так же как его перекисное число и кислотность мяса рыбы. Уровень гистамина не превышал 14,0 мг/кг при значении норматива 100 мг/кг. Хранение контрольной продукции в течение 95 суток характеризовалось снижением КМАФАнМ до уровня 10^4 КОЕ/г, что соответствует нормативным значениям, при возрастании до $3 \cdot 10^4$ КОЕ/г количества дрожжей (рис. 1). Через 185 суток происходило возрастание КМАФАнМ до $2 \cdot 10^8$ КОЕ/г и снижение количества дрожжей до 10^3 КОЕ/г. При этом процесс порчи продукта на 95 сутки и 185 сутки усиливался, что приводило к появлению резкого гнилостного запаха и нарушению плотности мяса рыбы.

Обнаруженная динамика микробиологического загрязнения отражает конкурентные взаимоотношения различных групп микроорганизмов в специфической (анаэробной) среде рыбных пресервов. Через 15 суток после изготовления (10 суток после РО) КМАФАнМ в контрольных образцах определялось дрожжами и не идентифицированной (вероятно гнилостной) микрофлорой смешанного аэробного и факультативно анаэробного характера, которая провоцировала нарушение органолептических свойств продукции.

Рис. 1. Динамика микробного сообщества необлучённых рыбных пресервов в процессе хранения.

По истечении 100 суток общая микробная обсеменённость была обусловлена дрожжевыми грибами. К этому времени их активность, обеспечиваемая утилизацией углеводной части субстрата с образованием спирта и других продуктов брожения, подавляла жизнедеятельность остальной микрофлоры. В дальнейшем истощение доступного углеводного субстрата в рыбных пресервах приводило к снижению активности дрожжей, что увеличивало преимущество микроорганизмов, использующих белок мяса рыбы. Это приводило на 190 сутки к резкому возрастанию числа таких микроорганизмов, метаболическая активность которых определяла окончательную порчу продукции.

Облучение продукции ускоренными электронами (табл. 2) приводило к зависящему от дозы снижению КМАФАнМ до уровня, соответствующего нормативу, за исключением облучения в дозе 1,5 кГр при мощности дозы – 250 Гр/с. Количество дрожжей снижалось до уровня <10 КОЕ/г при всех режимах радиационной обработки. Максимальный эффект отмечали при дозах от 3 до 6 кГр.

Таблица 2

Показатели качества и безопасности в контрольных и облучённых рыбных пресервах на 10 сутки после воздействия

Показатель	Ед. изм.	Мощность дозы							Норматив
		0	83,3 Гр/с			250 Гр/с			
		ПД, кГр							
		0	1,5	3,0	6,0	1,5	3,0	6,0	
Кислотность мяса рыбы в пересчёте на уксусную кислоту*	%	0,13	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	
Перекисное число*	ммоль (½O)/кг	5,2	3,3	3,4	3,3	3,4	3,4	3,4	
Миристиновая к-та*	%	0,3	0,4	0,4	0,5	0,4	0,3	0,5	до 0,2
Пальмитиновая к-та*	%	6,5	6,5	6,5	6,6	7,3	6,7	7,3	5,6–7,6
Пальмитолеиновая к-та*	%	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	до 0,3
Стеариновая к-та*	%	3,8	3,8	3,8	4,0	3,8	3,9	4,1	2,7-6,5
Олеиновая к-та*	%	24,1	24,2	24,1	24,1	24,4	24,1	24,1	14,0-39,4
Линолевая к-та*	%	64,4	64,7	64,7	64,4	64,4	63,4	63,4	18,3-74,0
Микробиологические показатели									
Дрожжи*	КОЕ/г	150	<10	<10	<10	<10	<10	<10	н.б.100
Плесени*	КОЕ/г	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	н.б. 10
КМАФАнМ*	КОЕ/г	1,6*10 ⁷	5*10 ⁴	5*10 ³	<10	1,6*10 ⁶	1*10 ⁴	<10	н.б. 2*10 ⁵

*Ошибка определения значений не превышала 15%.

Относительная эффективность электронного облучения с мощностью дозы 83,3 Гр/с была незначительно выше, чем воздействие с мощностью дозы 250 Гр/с и достоверно выше, чем γ -облучение с мощностью дозы 1,5 Гр/с [19] (рис. 2). Значимых изменений жирно-кислотного состава масла заливки, обусловленных воздействием ионизирующего излучения, отмечено не было. Содержание гистамина сохранялось на уровне 13-14 мг/кг. Кислотность мяса находилась на уровне контрольных значений. Нарушений органолептических свойств облучённой продукции не обнаружено. Перекисное число масла в облучённых образцах было достоверно ниже контроля при всех тестируемых величинах параметров радиационной обработки. Объяснение этому факту может быть следующим: в контроле на момент измерения (15 сутки после изготовления продукции) перекисное число возросло за счёт накопления продуктов метаболизма активно размножающихся микроорганизмов, регистрируемых в продукте и определяющих нарушение его сенсорных свойств в эти сроки.

Рис. 2. Относительная эффективность радиационной стерилизации рыбных пресервов в зависимости от дозиметрических параметров (мощности дозы 83,3 и 250 Гр/с для электронного излучения, 1,5 Гр/с для γ -излучения).

Напротив, облучение, выполненное на 5 сутки после изготовления рыбных пресервов, в дозах более 1,5 кГр приводило к полной инактивации микроорганизмов, и поэтому перекисное число осталось на уровне исходных значений. Кроме того, отсутствие увеличения перекисного числа при облучении сложных многокомпонентных продуктов может быть обусловлено перераспределением энергии между липидной, белковой и углеводной составляющими продукции.

Во время хранения динамика микробиологической загрязнённости продукции в разные сроки после облучения определялась несколькими факторами: параметрами радиационного воздействия и реакцией на него обнаруженных в продукции групп микроорганизмов. Для показателя общей микробной обсеменённости зависимость от дозы и мощности дозы была наиболее выражена в первые сутки после облучения. Так, через 10 суток после облучения отмечали зависимое от дозы снижение КМАФАнМ при всех режимах работы ускорителя. Количество дрожжей достигало минимальных значений (<10 КОЕ/г) уже при дозе воздействия 1,5 кГр. В итоге было достигнуто соответствие показателей микробиологической безопасности рыбных

пресервов санитарно-гигиеническим требованиям. Через 95 суток хранения было показано, что микробиологическая загрязнённость продукта обусловлена дрожжами, количество которых определяло уровень показателя КМАФАнМ образцов всех вариантов режимов облучения. При этом для электронного облучения в дозе 6 кГр с мощностью дозы 83,3 Гр/с показатель количества дрожжей соответствовал нормативу ($<10^2$ КОЕ/г). В других вариантах облучения содержание дрожжевых грибов в образцах его превышало. Органолептические показатели облучённых рыбных пресервов, уровень гистамина, кислотность мяса рыбы – соответствовали норме.

Дальнейшее хранение облучённой продукции вплоть до 185 суток продемонстрировало отсутствие порчи продукта для всех режимов радиационной обработки в дозах более 3 кГр. При этом показатель КМАФАнМ не превышал уровня нормативных значений, достигая величины $2\cdot 10^4$ КОЕ/г, и определялся количеством дрожжевых грибов, которое к этому времени достигло величины 10^4 КОЕ/г во всех облучённых образцах. Нарушение сенсорных характеристик отмечали в рыбных пресервах, облучённых в дозе 1,5 кГр.

Необходимо отметить, что морфологический анализ дрожжевых колоний, высеянных из облучённых образцов, продемонстрировал задержку прорастания и уменьшение их размера, которое регистрировали как сразу после воздействия, так и в процессе хранения продукта. Ионизирующее излучение вызывало диссоциацию микроорганизмов [20]. В ходе таких процессов изменяются не только морфологические, но и биохимические свойства микробных клеток. Это связано с уменьшением количества копий плазмид, замедлением скорости редупликации, изменением процессов метаболизма, за счёт изменения состава выделяемых ферментов [21]. В результате происходит уменьшение диаметра колоний и изменение их консистенции, поскольку сообщество не имеет возможности нормально развиваться.

Такие модификационные изменения могут восстановиться в последующих поколениях при пассажах на средах с углеводами и ростовыми факторами, но в условиях ограниченного питательного ресурса замкнутой системы рыбных пресервов наблюдаемый эффект становится пролонгированным. Этот факт может объяснять отсутствие порчи продукта при регистрируемом высоком уровне содержания дрожжей в облучённых образцах во время хранения. Выполненные ранее исследования показали, что облучённые дрожжевые клетки обладают сниженной метаболической активностью [1]. Обнаруженное изменение состава и уменьшение выброса экзометаболитов в среду обитания способствует торможению процессов порчи, что обеспечивает увеличение сроков безопасного хранения продукта.

Заключение

Использование электронных ускорителей для ХС многокомпонентных пищевых продуктов, готовых к употреблению (рыбных пресервов), эффективно для обеспечения микробиологической безопасности продукции. При облучении в дозах от 3 до 6 кГр органолептические и физико-химические качества рыбных пресервов и их компонентов не нарушаются.

При дозах РО более 3 кГр микробиологические показатели соответствуют нормативным значениям в течение 95 сут (срок хранения продукции, согласно ТУ, – 3 мес). При более низких дозах облучения уровень общей микробной обсеменённости достигает значений $\sim 10^4$ КОЕ/г и

обусловлен дрожжами, количество которых превышает нормативное значение [7]. Через 185 суток количество дрожжевых грибов больше норматива при всех дозах облучения. Тем не менее, в отличие от контроля, порчи облучённого продукта не происходит, что подтверждается сохранением органолептических и биохимических свойств пресервов на фоне сниженной метаболической активности дрожжей [6], которые не выделяют в среду обитания экзоферменты и другие активные субстанции, отрицательно влияющие на потребительские свойства продукции и сроки её хранения. Этот факт может быть использован для корректировки нормативного уровня количества дрожжей в продукции, подвергнутой процедуре ХС.

Отсутствие достоверных различий в эффективности ХС рыбных пресервов на электронном ускорителе при разной мощности дозы позволяет рекомендовать для промышленного использования облучение продукции с мощностью дозы 250 Гр/с и дозах от 4 до 6 кГр, так как в этом случае время обработки снижается.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 14-44-03095.

Литература

1. Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности /под общ. ред. Г.В. Козьмина, С.А. Гераськина, Н.И. Санжаровой. Москва-Обнинск: ИНФОРМПОЛИГРАФ, 2015. 400 с.
2. Кодекс Алиментариус. Облучённые продукты питания. Совместная программа ФАО/ВОЗ по стандартам на пищевые продукты. М.: Весь Мир, 2007. 21 с.
3. Statement Summarizing the Conclusions and Recommendations from the Opinions on the Safety of Irradiation of Food adopted by the BIOHAZ and CEF Panels. European Food Safety Authority. EFSA Journal. 2011. V. 9, N 4: 2107. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/2107> (дата обращения 20.04.2017).
4. ГОСТ ISO 14470-2014. Радиационная обработка пищевых продуктов. Требования к разработке, валидации и повседневному контролю процесса облучения пищевых продуктов ионизирующим излучением. М.: Стандартинформ, 2015. 27 с. [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200113356> (дата обращения 20.04.2017).
5. ГОСТ Р ИСО/АСТМ 51204-2012. Руководство по дозиметрии при обработке пищевых продуктов гамма-излучением. М.: Стандартинформ, 2014. 19 с. [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200102045> (дата обращения 20.04.2017).
6. **Козьмин Г.В., Кобялко В.О., Лыков И.Н., Саруханов В.Я., Зякун А.М., Павлов А.Н., Николаева Т.С., Фролова Н.А., Логинов А.А.** Радиационные агробиотехнологии: исследование микробиологической безопасности и качества облучённой продукции //Труды регионального конкурса проектов фундаментальных научных исследований. Калуга: Калужский государственный институт развития образования, 2015. Вып. 20. С. 216-225.
7. ТР ТС 021/2011. О безопасности пищевой продукции.
8. ГОСТ 27082-89. Консервы и пресервы из рыбы и морепродуктов. Методы определения общей кислотности.
9. МУ 4274-87. Дополнение к документу «Временные гигиенические нормативы и метод определения содержания гистамина в рыбопродуктах».
10. ГОСТ 30418-96. Масла растительные. Метод определения жирно-кислотного состава.
11. ГОСТ 31659-2012. Продукты пищевые. Метод выявления бактерий рода *Salmonella*.
12. ГОСТ 32031-2012. Организация контроля и методы выявления бактерий *Listeria monocytogenes* в пищевых продуктах.
13. ГОСТ 10444.15-94. Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов.
14. ГОСТ 31747-2012. Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий).
15. ГОСТ 31746-2012. Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества коагулазоположительных стафилококков и *Staphylococcus aureus*.
16. ГОСТ 29185-91. Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества сульфитредуцирующих клостридий.
17. ГОСТ 10444.12-2013. Продукты пищевые. Метод определения дрожжей и плесневых грибов.
18. ГОСТ Р 51487-99. Масла растительные и жиры животные. Метод определения перекисного числа.
19. **Полякова И.В., Кобялко В.О., Саруханов В.Я., Козьмин Г.В., Санжарова Н.И., Лыков И.Н.** Использование γ -излучения для холодной стерилизации многокомпонентных продуктов, готовых к употреблению //Радиация и риск. 2015. Том 24, № 4. С. 43-52.
20. **Корогодин В.И.** Проблемы пострадиационного восстановления. М.: Атомиздат, 1966. 330 с.
21. **Лыков И.Н., Шестакова Г.А.** Микроорганизмы. Биология и экология. Калуга: Издатель Захаров С.И. («СерНа»), 2014. 400 с.

Influence of dose characteristics on efficiency of electron beam sterilization of fish preserves

Polyakova I.V.¹, Kobyal'ko V.O.¹, Sarukhanov V.Ya.¹, Koz'min G.V.¹,
Frolova N.A.¹, Lykov I.N.², Voronin L.A.³

¹ All-Russian Scientific Research Institute of Radiology and Agroecology, Obninsk;

² Tsiolkovsky State University, Kaluga;

³ Budker Institute of Nuclear Physics, Novosibirsk

In previous paper we reported that maximum efficiency of gamma-ray sterilization of fish preserves, that does not influence the product quality, is at the dose rate of 1.5 Gy/s and absorbed dose of 6 kGy. However, effect of increase in the dose rate by two or more orders on optimal antibacterial dose and the product quality level is still not known. In this paper we present data on influence of dose rate and absorbed dose on efficiency of electron beam sterilization of fish preserves. Fish preserves were prepared 5 days before electron processing. For e-beam irradiation the impulse electron accelerator ILU-10, produced by the Budker Institute of Nuclear Physics in Novosibirsk was used. The energy of the accelerator is 5 MeV, delivered doses ranged from 1.5 to 6.0 kGy. Unirradiated preserves were used as control. The product was kept at the temperature ranged from +5 to +8 °C. Irradiated samples were tested on the 10th, 95th and 185th days after electron beam processing. On the 15th day after preparing the total content of mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms and yeast in the control samples was 100 times and 1.5 times higher than the norm, respectively, concomitant early imbalance of organoleptic indicators was observed. At the same time, all indicators in sterilized samples were within normal limits. Maximum antibacterial effect was at the radiation dose of 6.0 kGy. During the storage no deterioration was observed. Results of the study allow us to conclude that electron beam irradiation of fish preserve at 3-6 Gy using electron accelerator does not cause deterioration of the quality of preserves, guarantees their microbiological safety and extends their shelf life.

Key words: irradiation, multi-component food products, electron beam, the electron accelerator, γ -radiation, fish preserves, microbiological safety, sanitation standards, the extension of shelf life, sterilization.

References

1. Radiation technologies in agricultural and food industry. Eds.: G.V. Koz'min, S.A. Geras'kin, N.I. Sanzharova. Moscow-Obninsk, INFORMPOLIGRAF, 2015. 400 p. (In Russian).
2. *The Codex Alimentarius*. General Standard for Irradiated Foods, Codex standard. Moscow, 2007. 21 p. (In Russian).
3. Statement Summarizing the Conclusions and Recommendations from the Opinions on the Safety of Irradiation of Food adopted by the BIOHAZ and CEF Panels. *EFSA Journal*, 2011, vol. 9, no. 4: 2107. Available at: <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/2107> (Accessed 20.04.2017).
4. GOST ISO 14470-2014. Food irradiation. Requirements for the development, validation and routine control of the process of irradiation using ionizing radiation for the treatment of food. Moscow, Standartinform, 2015. 27 p. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200113356> (Accessed 20.04.2017). (In Russian).
5. GOST R ISO/ASTM 51204-2012. Practice for dosimetry in gamma irradiation facilities for food processing. Moscow, Standartinform, 2014. 19 p. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200102045> (Accessed 20.04.2017). (In Russian).
6. Koz'min G.V., Kobyal'ko V.O., Lykov I.N., Sarukhanov V.Ja., Zjakun A.M., Pavlov A.N., Nikolaeva T.S., Frolova N.A., Loginov A.A. Radiation agrobiotechnologies: analysis of microbiological safety and quality of

Polyakova I.V. – Researcher; Kobyal'ko V.O.* – Lead. Lead. Researcher, C. Sc., Biol.; Sarukhanov V.Ya. – Senior Researcher, C. Sc., Biol.; Koz'min G.V. – Lead. Researcher, C. Sc., Biol.; Frolova N.A. – Researcher, C. Sc., Biol. RIARAE. Lykov I.N. – Director of Institute of Natural Sciences, D. Sc., Biol., Prof. Tsiolkovsky State University. Voronin L.A. – Senior Researcher, C. Sc., Tech. Budker Institution of Nuclear Physics. *Contacts: Kievskoe Sh., 109 km, Obninsk, Kaluga region, Russia, 249032. Tel.: (484) 399-69-38; e-mail: kobyal'ko@yandex.ru.

- the irradiated production. Proceeding of the regional competition of scientific project of basic research. Kaluga, Kaluga State Institution of Development Educational Processes, 2015, vol. 20, pp. 216-225. (In Russian).
7. TR CU 021/2011. Technical regulation of the Customs Union. About food safety. (In Russian).
 8. GOST 27082-89. Canned and preserved fish and other seaproducts. Methods for determination of total acidity. (In Russian).
 9. MU 4274-87. Supplement to the document "Provisional hygienic standards and method of determining the content of histamine in fish products". (In Russian).
 10. GOST 30418-96. Vegetable oils. Method for determination of fatty acid content. (In Russian).
 11. GOST 31659-2012. Food products. Method for the detection of Salmonella. (In Russian).
 12. GOST 32031-2012. Organization of control and methods of detecting bacteria of *Listeria monocytogenes* in foods. (In Russian).
 13. GOST 10444.15-94. Food products. Methods for determination of quantity of mesophilic aerobes and facultative anaerobes. (In Russian).
 14. GOST 31747-2012. Food products. Methods for detection and quantity determination of coliforms. (In Russian).
 15. GOST 31746-2012. Food products. Methods for detection and quantity determination of coagulase-positive staphylococci and *Staphylococcus aureus*. (In Russian).
 16. GOST 29185-91. Food products. Methods for detection and quantity determination of sulphite-reducing clostridium. (In Russian).
 17. GOST 10444.12-2013. Food products. Method for determination of yeast and mould. (In Russian).
 18. GOST R 51487-99. Vegetable oils and animal fats. Method for determination of peroxide value. (In Russian).
 19. **Polyakova I.V., Kobyal'ko V.O., Sarukhanov V.Ya., Koz'min G.V., Sanzharova N.I., Lykov I.N.** The use of γ -radiation for cold sterilization of multicomponent products ready meals. *Radiatsiya i risk – Radiation and Risk*, 2015, vol. 24, no. 4, pp. 43-52. (In Russian).
 20. **Korogodin V.I.** Problems of postradiation recovery. Moscow, Atomizdat, 1966. 330 p. (In Russian).
 21. **Lykov I.N., Shestakova G.A.** Microorganisms. Biology and ecology. Kaluga, Publisher Zaharov S.I. («SerNa»), 2014. 400 p. (In Russian).