

А.Н. Нургазезова, Г.Н. Нурымхан, Э.С.Абдуллина*, Ш.К. Жакупбекова, А.О. Майжанова
Университет имени Шакарима города Семей,
071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А.
*e-mail: elmira.abdullyna@gmail.com

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБРАБОТКИ ГОВЯДИНЫ, РЫБЫ И РЫБНОГО ПОЛУФАБРИКАТА НА УСКОРИТЕЛЕ ЭЛЕКТРОНОВ ИЛУ-10 В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДОЗИМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПО ОТНОШЕНИЮ К CLOSTRIDIUM SPP.

Аннотация: В данной статье приведены результаты исследования, проведенные в аккредитованной испытательной лаборатории для оценки эффективности обработки радиацией с помощью ускорителя электронов «ИЛУ-10» с целью продления срока годности пищевых продуктов, путем контроля бактериального загрязнения (сульфитредуцирующих клостридий – *Clostridium* spp.). Ранее проведенные исследования показали, что сульфитредуцирующие клостридии являются важным индикатором микробиологического контроля в пищевой промышленности. Они являются причиной порчи продуктов, некоторые виды клостридий способны вызвать массовое заболевание пищеварительной системы человека. Целью исследования являлось оценить эффективность данного прибора по снижению бактериальной обсемененности *Clostridium* spp. с различными дозами облучения в диапазоне от 3 до 9 кГр. Использовали стандартные методы исследования. Было установлено, что для снижения бактериальной обсемененности, при сохранении органолептических свойств: говядины, рыбы (щука), рыбных котлет достаточно дозы равной 3 кГр. В целом максимальный антибактериальный эффект достигался при трех применяемых дозах (3,6,9, КГр). На основании проведенного исследования можно сделать вывод о высокой эффективности использования ускорителя электронов ИЛУ-10 для уничтожения *Clostridium* spp. в дозе 3 кГр.

Ключевые слова: ИЛУ-10, *Clostridium* spp., сульфитредуцирующие клостридии, пищевые продукты, стерилизация, радиационное облучение, микробиологическая безопасность, пищевая безопасность.

Введение

Clostridium spp., являясь анаэробными бактериями, могут существенно ускорять порчу мясных продуктов. Они разлагают серосодержащие вещества, образуя неприятные запахи и токсичные соединения. Это приводит к ухудшению вкусовых качеств и безопасности продукта, что требует особого внимания к условиям хранения и обработки мяса. Сульфитредуцирующие клостридии могут вызывать порчу продуктов, производя сероводород, который приводит к изменению цвета пищи. Они могут размножаться в мясе, рыбе, молочных продуктах и консервах, особенно если продукты не подверглись должной термической обработке или хранятся в анаэробных условиях [1]. В таких условиях клостридии могут вызывать гниение и развитие токсинов, что делает продукт опасным для потребления.

Радиационная обработка мяса представляет собой эффективный метод продления его срока хранения. Радиационная обработка также минимизирует необходимость использования химических консервантов, что делает продукт более натуральным. Кроме того, этот метод сохраняет питательные вещества и органолептические свойства мяса, что способствует его лучшему качеству и долговечности [2]. Продление срока хранения с использованием способности радиации эффективно уничтожать вредные бактерии предполагает, что это может быть эффективным методом для продления срока хранения продуктов питания. Применение радиационной обработки может повысить безопасность мясных, рыбных и морепродуктов путем снижения бактериального загрязнения. Использование таких методов может помочь производителям соблюдать международные стандарты безопасности продуктов и повысить доверие потребителей к безопасности и качеству продукции [3-5]. Ускоритель электронов ИЛУ-10 применяется в пищевой промышленности для радиационной обработки продуктов. Этот прибор генерирует высокоэнергетические электроны, которые эффективно уничтожают микроорганизмы и замедляют ферментативные процессы, способствующие порче пищи. Обработка с помощью

ИЛУ-10 позволяет продлить срок хранения продуктов, сохраняя их свежесть и питательные свойства. Метод обеспечивает высокую безопасность и минимизирует использование химических консервантов. Благодаря точному контролю дозы излучения, ускоритель электронов помогает поддерживать высокое качество и безопасность продукции, что является важным аспектом в современной пищевой промышленности [6].

Условия и методы исследования

Образцами для исследования являлись: говядина, котлеты рыбные, щука. Исследование включало набор структурированных экспериментов, проведенных в контролируемых лабораторных условиях.

Отбор проб осуществляли по ГОСТ ISO/TS 17728-2017 [7], для оценки санитарно-микробиологического состояния использовали стандартные методы исследования: сульфитредуцирующие бактерии исследовались по ГОСТ 29185-2014 [8].

Анализ статистических данных проведен с применением таких программ, как Statistica 10.0 [9], а также надстройки «Анализ данных» программы Excel.

Результаты исследования

В аккредитованной, испытательной лаборатории ТОО «НУТРИТЕСТ» были проведены экспериментальные исследования по определению эффективности обработки пищевой продукции электронным пучком ускорителем электронов ИЛУ-10 в отношении бактерий *Clostridium* spp., вызывающих сокращение сроков хранения пищевого сырья.

Сульфитредуцирующие клостридии играют ключевую роль в микробиологическом контроле в пищевой промышленности [10]. Они служат важным показателем для оценки состояния санитарии и эффективности методов обработки продуктов [11, 12].

Дозы радиационного воздействия классифицируются по степени их силы и предназначению в обработке продуктов. Были установлены три дозы облучения 3, 6, 9 кГр. Низкое воздействие: доза 3 кГр (килогрей) применяется для легкой обработки, обеспечивая минимальное воздействие на продукт. Данная доза используется для предотвращения роста микроорганизмов и замедления порчи, не оказывая значительного влияния на химические и органолептические свойства продукта. Среднее воздействие: доза 6 кГр предназначена для более интенсивной обработки, чем низкое воздействие. Она эффективно контролирует и снижает уровень микробной обсемененности, что способствует более длительному сроку хранения продуктов. Эта доза обеспечивает баланс между стерилизацией и сохранением питательных веществ и вкусовых качеств. Высокое воздействие: Доза 9 кГр используется для глубокой стерилизации и значительного продления срока хранения продуктов. Это воздействие полностью уничтожает большинство микроорганизмов и патогенов, обеспечивая высокий уровень безопасности и долговечности продуктов. Применение высокой дозы требует тщательного контроля, чтобы не повлиять на текстуру и питательную ценность продукта. Каждая из этих дозировок выбирается в зависимости от требований к продукту и желаемого результата радиационной обработки [13].

В рамках эксперимента было проведено исследование влияния радиационного облучения на *Clostridium* spp., обнаруженные в различных пищевых продуктах – замороженная говядина, щука и котлеты рыбные.

Для исследования были взяты три вида продукта: говядина – 150 гр., щука – 150 гр., котлеты рыбные – 150 гр., предварительно упакованные при 40-60 атм. в полиэтиленовую пленку с толщиной слоя 5 мм. Пробы пищевых продуктов, замороженные при (-8) °C, в замороженном виде доставлялись в лабораторию для проведения экспериментальных исследований.

Последовательность выполнения эксперимента состояла из 3-ех этапов:

1. Первоначальное бактериологическое исследование: каждый продукт питания был подвергнут бактериологическому анализу для выявления наличия *Clostridium* spp. до обработки радиацией. Данные бактерии являются ключевыми показателями бактериальной порчи и потенциальной угрозы безопасности продуктов питания. Микроорганизмы могут вызвать неприятные запахи и токсичное загрязнение, что делает их важной целью для контроля.

2. Обработка радиацией: образцы пищевых продуктов были подвергнуты облучению различным дозам радиации:

- 1 Доза: 3 кГр (низкое воздействие радиации);
- 2 Дозы: 6 кГр (среднее воздействие радиации);

– 3 Дозы: 9 кГр (высокое воздействие радиации).

Схема облучения продукции на электронном ускорителе включает: расположение объекта в форме параллелепипеда; конвейерную ленту, движущуюся со скоростью $V_{\text{конв}}$; два источника электронного излучения от ускорителей электронов с энергией 10 МэВ (рисунок 1).

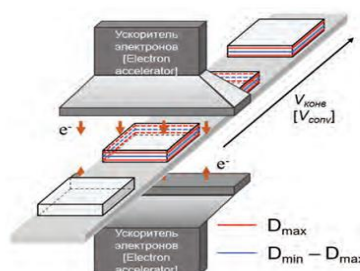


Рисунок 1 – Технология обработки на ускорителе ИЛУ -10

Рабочий режим работы ускорителя электронов: энергия 5 МэВ, ток пучка импульсный 350 мА; средний ток 4.3 мА; ширина сканирования 80 см; скорость конвейера 2.3 см/сек.

Важнейшей характеристикой радиационного метода является доза D , поглощенная объектом обработки. Она равна отношению средней энергии dE , поглощенной элементарным объемом dV , к массе dm вещества в этом объеме [11]:

$$D = dE / dm = 1 \text{ Дж/кг} = 1 \text{ Гр} = 100 \text{ рад}$$

3. Анализ результата после обработки: после радиационного воздействия образцы были проанализированы с использованием классических микробиологических методов для оценки уменьшения бактериальной нагрузки. Полученные результаты сравнивались с нормами технического регламента Таможенного союза ТР 034/2013 «О безопасности мяса и мясной продукции», с техническим регламентом ТР ЕАЭС 040/2016. Технический регламент Евразийского экономического союза «О безопасности рыбы и рыбной продукции».

Согласно техническим регламентам в пробах не допускается наличие сульфитредуцирующих клостридий в объеме 0,01 г.

Для оценки эффективности проведенного облучения, использовались стандартные методы исследования [7, 8].

Результаты экспериментов представлены в таблице 1, которая показывает наличие или отсутствие определенных микроорганизмов до и после обработки радиацией.

Таблица 1 – Содержание *Clostridium* spp. в пищевых продуктах до и после обработки электронным пучком ускорителя ИЛУ-10

Вид пищевого продукта	Сульфитред-е клостридии, не допускаются в массе продукта, (г)	До обработки	1 доза 3 кГр	2 доза 6 кГр	3 доза 9 кГр
Говядина	не допускается(*)	обнаружены	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены
Щука	0,1(**)	обнаружены	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены
Котлеты рыбные	0,1(**)	обнаружены	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены

* – Технический регламент Таможенного союза ТР 034/2013 «О безопасности мяса и мясной продукции»;

** – Технический регламент ТР ЕАЭС 040/2016. Технический регламент Евразийского экономического союза «О безопасности рыбы и рыбной продукции».

Clostridium spp. являются анаэробными бактериями, способными восстанавливать сульфаты до сульфидов. Эти бактерии часто используются в микробиологических тестах для оценки качества и безопасности продуктов. В норме не допускается присутствие *Clostridium* spp. Анализ табличных данных позволил сделать следующие выводы:

– До обработки. В этой колонке указано состояние микробиологической среды до проведения какой-либо обработки. В данном случае, сульфитредуцирующие клостридии обнаружены в образцах, что свидетельствует о наличии этих бактерий до начала облучения на ИЛУ-10:

- 1 доза (3 кГр): результат после применения первой дозы обработки. "Не обнаружена" означает, что после первой дозы обработка была достаточно эффективной, чтобы нивелировать или значительно снизить количество сульфитредуцирующих клостридий до уровня, где они не обнаруживаются.
- 2 доза (6 кГр): в этой колонке представлена информация после применения второй дозы обработки. Поскольку также указано «Не обнаружена», можно заключить, что вторая доза не привела к обнаружению клостридий, и обработка была успешной.
- 3 доза (9 кГр): результаты после применения третьей дозы обработки также показывают «Не обнаружена», что подтверждает, что третья доза была достаточна для достижения полного уничтожения сульфитредуцирующих клостридий, она подтверждает эффективность дозы.

Сульфитредуцирующие клостридии были обнаружены до обработки, что говорит о наличии микробной контаминации. Однако после применения первой дозы обработки этих бактерий не обнаружено. Минимальной дозы в размере 3 кГр достаточно для уничтожения клостридий. Дозы 6,9 кГр также не выявили присутствия этих бактерий, что свидетельствует о высокой эффективности обработки.

Образцы были исследованы на органолептические показатели, данные представлены в таблице 2. Оценка производилась по 10 бальной шкале.

Таблица 2 – Общая бальная оценка органолептических свойств образцов пищевых продуктов до и после облучения на приборе ИЛУ -10.

Вид пищевого продукта	Доза	Цвет	Запах	Консистенция
Говядина	3 кГр	10±0,02	10±0,02	10±0,02
	6 кГр	9,8±0,02	9,83±0,02	9,85±0,02
	9 кГр	8,5±0,02	9,0±0,02	9,85±0,02
Щука	3 кГр	10±0,02	10±0,02	10±0,02
	6 кГр	9,81±0,02	9,80±0,02	9,85±0,02
	9 кГр	8,87±0,02	8,91±0,02	8,91±0,02
Котлеты рыбные	3 кГр	10±0,02	10±0,02	10±0,02
	6 кГр	9,80±0,02	9,83±0,02	9,83±0,02
	9 кГр	8,85±0,02	8,7±0,02	8,85±0,02

Таблица 2 предоставляет обширный анализ органолептических свойств различных образцов пищевых продуктов до и после облучения с использованием прибора ИЛУ – 10. Особое внимание уделяется оценке цвета, запаха и консистенции говядины, щуки и рыбных котлет при различных дозах облучения (3 кГр, 6 кГр и 9 кГр).

Говядина

Для говядины результаты показывают, что при дозе облучения 3 кГр органолептические свойства находятся на максимальном уровне: цвет, запах и консистенция получили высшую оценку в 10 баллов. Однако с увеличением дозы до 6 кГр наблюдается небольшое снижение качества: цвет сохраняет высокий балл 9,8, запах чуть снижается до 9,83, а консистенция остается на уровне 9,85. При дальнейшем увеличении дозы до 9 кГр органолептические свойства продолжают ухудшаться – цвет снижается до 8,5, запах до 9,0, а консистенция остается на уровне 9,85. Это свидетельствует о том, что высокие дозы облучения негативно влияют на цвет говядины, в то время как консистенция остаётся относительно стабильной.

Щука

Аналогично, щука при облучении на 3 кГр демонстрирует характеристики с оценкой максимально – 10 баллов по всем параметрам. С увеличением дозы до 6 кГр, цвет и запах начинают незначительно снижаться до 9,81 и 9,80 соответственно, в то время как консистенция остается на уровне 9,85. При облучении 9 кГр качество щуки существенно ухудшается: цвет снижается до 8,87, запах до 8,91, а консистенция также падает до 8,91. Эти данные подтверждают, что щука, как и говядина, теряет свои органолептические свойства при высоких дозах облучения, однако по сравнению с говядиной, щука показывает чуть более выраженное снижение в качестве запаха и цвета.

Котлеты рыбные

Рыбные котлеты в группе 3 кГр также имеют наивысшую оценку 10 баллов по всем параметрам. При увеличении дозы до 6 кГр, цвет сохраняет высокую оценку 9,80, запах несколько снижается до 9,83, а консистенция – до 9,83. Однако при облучении на 9 кГр наблюдается более выраженное снижение органолептических характеристик: цвет и запах снижаются до 8,85 и 8,7 соответственно, а консистенция остается на уровне 8,85. Это говорит о том, что рыбные котлеты более подвержены изменениям при высоких дозах облучения, чем говядина и щука.

Общий анализ

Сравнительный анализ показателей органолептических свойств трех исследуемых продуктов показывает, что все они сохраняют высокие показатели при дозах 3 и 6 кГр, но теряют свои качества при увеличении дозы облучения до 9 кГр. Наиболее стабильными в плане консистенции оказались говядина и рыбные котлеты, в то время как щука и рыбные котлеты продемонстрировали более резкое снижение оценок по цвету и запаху при более высоких дозах. Результаты анализа подчеркивают важность контроля дозы облучения для сохранения качества пищевых продуктов, что может иметь значительные последствия для пищевой промышленности и потребительских предпочтений.

Обсуждение научных результатов

Результаты проведенного эксперимента продемонстрировали высокую эффективность радиационной обработки в снижении и уничтожении определенных бактерий в различных продуктах питания.

Ранее проводилось исследование Поляковой И.В. и др. по стерилизации рыбной продукции при помощи ускорителя ИЛУ-10, где автор отмечает максимальный антимикробный эффект при 6 кГр [14]. Наше исследование показывает, что достаточно дозы 3 кГр. Важно отметить, что эффективность радиационного облучения была достигнута при различных уровнях дозировки вне зависимости от вида испытуемого продукта животного происхождения, однако результаты эксперимента показали, что минимальная доза облучения, равная 3 кГр, оказалась достаточно эффективной для достижения желаемого эффекта. Эта доза позволяет существенно сократить бактериальную нагрузку на продукты, при этом минимизируя возможные изменения в их органолептических и питательных свойствах.

Таким образом, использование минимальной дозы радиационного облучения является рациональным подходом. Это обеспечивает оптимальное сочетание эффективности и сохранения качества продукта. Применение дозы 3 кГр позволяет достичь значительного снижения уровня сульфитредуцирующих клостридий, что делает этот метод более экономичным и менее затратным по сравнению с более высокими дозами радиации.

В заключение, все исследуемые продукты – говядина, щука и рыбные котлеты – достигают максимальных оценок (10 баллов) при применении дозы 3 кГр по таким органолептическим свойствам, как цвет, запах и консистенция, но и при дозе 6 кГр также сохраняются данные показатели. Это указывает на сохранение высоких вкусовых качеств и привлекательного внешнего вида, что особенно важно для потребителей. Обработка дозой 3 кГр способствует снижению микробной нагрузки, что повышает безопасность продуктов и продлевает их срок хранения без заметного ухудшения качества. Это важно для пищевой промышленности, так как позволяет уменьшить количество пищевых отходов и потерь.

Заключение

Исследование подтверждает высокую эффективность радиационной обработки в снижении бактериального загрязнения различных продуктов питания. Радиация, вне зависимости от дозы, успешно уничтожила сульфитредуцирующие клостридии в пробах размером 0,01 г в тестируемых продуктах. Это свидетельствует о высокой эффективности данного метода в борьбе с микробиологическими загрязнениями.

Использование минимальной дозы облучения, равной 3 кГр, оказалось достаточным для прекращения роста и размножения сульфитредуцирующих клостридий, которые известны своей способностью вызывать порчу продуктов и пищевые заболевания. Эта доза радиации эффективно устраняет бактерии, сохраняя при этом физико-химические и органолептические свойства продукта. Радиационная обработка представляет собой перспективное решение

для повышения безопасности продуктов питания и продления срока хранения скоропортящихся продуктов.

Преимущества радиационной обработки включают следующие аспекты:

1. *Эффективность*: Радиоэлектронное облучение уничтожает широкий спектр микроорганизмов, включая споры бактерий и вирусы, что делает его универсальным методом стерилизации. В отличие от многих традиционных методов, таких как термическая обработка или использование химических консервантов, радиация обладает способностью эффективно воздействовать на разнообразные микробные контаминации [13]. Это делает радиационную обработку особенно полезной для обработки продуктов, подверженных высоким рискам микробиологического загрязнения.

2. *Безопасность*: Одним из ключевых преимуществ радиационной обработки является отсутствие необходимости применения химических веществ. Это исключает риск наличия остаточных химикатов в продуктах, что важно для обеспечения их безопасности и соответствия современным стандартам качества [14]. Отсутствие химических добавок также снижает риск аллергических реакций и других негативных последствий для здоровья потребителей.

3. *Сохранение качества*: Радиоэлектронное облучение не вызывает значительных изменений в органолептических свойствах и питательной ценности продуктов. В отличие от других методов, таких как кипячение или использование химических консервантов, радиационная обработка сохраняет вкус, текстуру и основные питательные вещества продукта [15,16]. Это позволяет улучшить безопасность продуктов без компромиссов по их качеству.

Результаты исследования подчеркивают важность и целесообразность использования радиационной обработки в пищевой промышленности. Метод обеспечивает надежную защиту продуктов от бактериального загрязнения, что способствует увеличению их срока хранения и повышению общего уровня безопасности питания. Это позволяет снизить потери продовольствия и минимизировать риск связанных с продуктами заболеваний, что имеет особое значение в условиях современного производства и потребления пищи.

Список литературы

1. Review on Spoilage Microorganisms in Fresh and Processed Aquatic Food Products / A. Tahiluddin et al // Food Bulletin. – 2022. – Vol. 1. – P. 21-36.
2. Molins R.A. Irradiation: a critical control point in ensuring the microbiological safety of raw foods / R.A. Molins, Y. Motarjemi, F.K. Käferstein // Food Control. – 2001. – Vol.12, Issue 6. – P. 347-356.
3. Irradiation as a Promising Technology to Improve Bacteriological and Physicochemical Quality of Fish / E.F.E. Mohamed et al // Microorganisms. – 2023. – Vol.11, Issue 5. – P. 1105.
4. Кодекс Алиментариус. Облученные продукты питания. Современная программа ФАО/ВОЗ по стандартам на пищевые продукты. – М.: Весь Мир, 2007. – 21 с.
5. Statement Summarizing the Conclusions and Recommendation from the Opinions on the Safety of Irradiation of Food adopted by the BIOHAZ and CEF Panels. European Food Safety Authority. EFSA Journal. – 2011. – Vol. 9, № 4. – P. 2107. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/2107>.
6. Сравнительная эффективность различных режимов импульсного линейного ускорителя электронов при облучении пряностей и специй, обсемененных микроорганизмами / Е.П. Пименов и др. // Теория и практика современной науки. – 2016. – № 12-2(18). – С. 60-65.
7. ГОСТ ISO/TS 17728-2017. Микробиология пищевой цепи. Методы отбора проб пищевой продукции и кормов для микробиологического анализа. – Введен 27.09.2017: Стандартинформ, 20 с.
8. ГОСТ 29185-2014. Методы выявления и подсчета сульфитредуцирующих бактерий, растущих в анаэробных условиях (ISO 15213:2003, MOD). – Введен 23.09.2014., М: Стандартинформ, 11 с.
9. Effect of broiler breast abnormality and freezing on meat quality and metabolites assessed by ¹H-NMR spectroscopy / F. Soglia et al // Poultry Science. – 2019. – Vol. 98. – № 12. – P. 7139-7150. <https://doi.org/10.3382/ps/pez514>.
10. Characterization of clostridial species and sulfite-reducing anaerobes isolated from foiegras with respect to microbial quality and safety / P. Sylviane et al // Food Control. – 2013. – Vol. 32, Issue 1. – P. 222-227/

11. Doyle C.J. Genomic Characterization of Sulphite Reducing Bacteria Isolated From the Dairy Production Chain / C.J. Doyle, P.W. O'Toole, P.D. Cotter // *Front Microbiol.* – 2018. – Vol. 9. – P. 1507.
12. Ермоленко З.М. Микробиологическая порча пищевых продуктов и перспективные направления борьбы с этим явлением / З.М. Ермоленко, Н.К. Фурсова // *Бактериология.* – 2018. – № 3. – С. 46-57.
13. Радиационная дозиметрия / Под ред. Хайна Дж.и Браунелла Г. // Пер. с англ. М.: Иностран.лит., 1958. – 758 с.
14. Исследования эффективности холодной стерилизации рыбных пресервов электронным излучателем в зависимости от дозиметрических параметров облучения / И.В. Полякова и др. // *Радиация и риск (Бюллетень НРЭР).* – 2017. – № 2.
15. Microbial Indicators and Their Use for Monitoring Drinking Water Quality – A Review / X. Wen et al // *Sustainability.* – 2020. – Vol. 12. – P. 2249.
16. Automated application of low energy electron irradiation enables inactivation of pathogen- and cell-containing liquids in biomedical research and production facilities / J. Fertey et al // *Sci Rep.* – 2020. – Vol. 10(1). – P. 12786.

References

1. Review on Spoilage Microorganisms in Fresh and Processed Aquatic Food Products / A. Tahiluddin et al // *Food Bulletin.* – 2022. – Vol. 1. – P. 21-36. (In English).
2. Molins R.A. Irradiation: a critical control point in ensuring the microbiological safety of raw foods / R.A. Molins, Y. Motarjemi, F.K. Käferstein // *Food Control.* – 2001. – Vol.12, Issue 6. – P. 347-356. (In English).
3. Irradiation as a Promising Technology to Improve Bacteriological and Physicochemical Quality of Fish / E.F.E. Mohamed et al // *Microorganisms.* – 2023. – Vol.11, Issue 5. – P. 1105. (In English).
4. Kodeks Alimentarius. Obluchennyye produkty pitaniya. Sovremennaya programma FAO/VOZ po standartam na pishchevyye produkty. – М.: Ves' Mir, 2007. – 21 s. (In Russian).
5. Statement Summarizing the Conclusions and Recommendation from the Opinions on the Safety of Irradiation of Food adopted by the BIOHAZ and CEF Panels. European Food Safety Authority. EFSA Journal. – 2011. – Vol. 9, № 4. – R. 2107. [Elektronnyi resurs]. URL: <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/2107>. (In English).
6. Sravnitel'naya ehffektivnost' razlichnykh rezhimov impul'snogo lineinogo uskoritelya ehlektronov pri obluchenii pryanoitei i spetsii, obsemenennykh mikroorganizmami / E.P. Pimenov i dr. // *Teoriya i praktika sovremennoi nauki.* – 2016. – № 12-2(18). – С. 60-65. (In Russian).
7. GOST ISO/TS 17728-2017. Mikrobiologiya pishchevoi tsepi. Metody otbora prob pishchevoi produktsii i kormov dlya mikrobiologicheskogo analiza. – Vveden 27.09.2017: Standartinform, 20 s. (In Russian).
8. GOST 29185-2014. Metody vyyavleniya i podscheta sul'fitredutsiruyushchikh bakterii, rastushchikh v anaerobnykh usloviyakh (ISO 15213:2003, MOD). – Vveden 23.09.2014., М: Standartinform, 11 s. (In Russian).
9. Effect of broiler breast abnormality and freezing on meat quality and metabolites assessed by 1 H-NMR spectroscopy / F. Soglia et al // *Poultry Science.* – 2019. – Vol. 98. – № 12. – P. 7139-7150. <https://doi.org/10.3382/ps/pez514>. (In English).
10. Characterization of clostridial species and sulfite-reducing anaerobes isolated from foiegras with respect to microbial quality and safety / P. Sylviane et al // *Food Control.* – 2013. – Vol. 32, Issue 1. – P. 222-227. (In English).
11. Doyle C.J. Genomic Characterization of Sulphite Reducing Bacteria Isolated From the Dairy Production Chain / C.J. Doyle, P.W. O'Toole, P.D. Cotter // *Front Microbiol.* – 2018. – Vol. 9. – P. 1507. (In English).
12. Ermolenko Z.M. Mikrobiologicheskaya porcha pishchevykh produktov i perspektivnye napravleniya bor'by s ehtim yavleniem / Z.M. Ermolenko, N.K. Fursova // *Bakteriologiya.* – 2018. – № 3. – С. 46-57. (In Russian).
13. Radiatsionnaya dozimetriya / Pod red. Khaina Dzh.i Braunella G. // Per. s angl. М.: Inostr.lit., 1958. – 758 s. (In Russian).
14. Issledovaniya ehffektivnosti kholodnoi sterilizatsii rybnykh preservov ehlektronnym izluchatelem v zavisimosti ot dozimetricheskikh parametrov oblucheniya / I.V. Polyakova i dr. // *Radiatsiya i risk (Byulleten' NREHR).* – 2017. – № 2. (In Russian).

15. Microbial Indicators and Their Use for Monitoring Drinking Water Quality – A Review / X. Wen et al // Sustainability. – 2020. – Vol. 12. – P. 2249. (In English).
16. Automated application of low energy electron irradiation enables inactivation of pathogen- and cell-containing liquids in biomedical research and production facilities / J. Fertey et al // Sci Rep. – 2020. – Vol. 10(1). – P. 12786. (In English).

Информация о финансировании

Данное исследование выполнено в рамках научно-технической программы BR21882447 – «Разработка системы обеспечения безопасности пищевых продуктов в условиях длительного хранения на основе электрофизических и радиационных методов обработки», финансируемой Министерством науки и высшего образования Республики Казахстан.

А.Н. Нургазезова, Г.Н. Нұрымхан, Э.С.Абдуллина*, Ш.К. Жакупбекова, А.О. Майжанова

Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинки к-сі, 20 А
*e-mail: elmira.abdullyna@gmail.com

CLOSTRIDIUM SPP-ГЕ ҚАТЫСТЫ ДОЗИМЕТРИЯЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРГЕ БАЙЛАНЫСТЫ ИЛУ-10 ЭЛЕКТРОНДЫ ҮДЕТКІШІНДЕ СИЫР ЕТІН, БАЛЫҚТЫ, БАЛЫҚ ЖАРТЫЛАЙ ФАБРИКАТЫН ӨНДЕУ ТИІМДІЛІГІН БАҒАЛАУ

Бұл мақалада бактериялық ластануды бақылау арқылы (сульфитредуктивті клостридий- Clostridium spp) тамақ өнімдерінің жарамдылық мерзімін ұзарту мақсатында "ИЛУ-10" электронды үдеткішінің көмегімен радиациямен өңдеу тиімділігін бағалау үшін аккредиттелген сынақ зертханасында жүргізілген зерттеу нәтижелері келтірілген.

ИЛУ-10 құралы химиялық заттарды қолданбай патогендік микроағзаларды, соның ішінде бактерияларды, вирустарды және саңырауқұлақтарды жою мақсатында өнімдерді зарарсыздандыруға және дезинфекциялауға арналған. Бұрын жүргізілген зерттеулер сульфитредуктивті клостридиялардың тамақ өнеркәсібіндегі микробиологиялық бақылаудың маңызды көрсеткіші екенін көрсетті. Олар тағамның бұзылуының себебі болып табылады, клостридияның кейбір түрлері адамның ас қорыту жүйесінің жаппай ауруын тудыруы мүмкін. Зерттеудің мақсаты 3-тен 9 кГр-ға дейінгі диапазонда әртүрлі сәулелену дозаларымен Clostridium spp бактериялық ұрықтануын азайту үшін осы құрылғының тиімділігін бағалау болды. Эксперименттік жұмыста стандартты зерттеу әдістері қолданылды. Сиыр етінің, балықтың (шортанның), балық котлеттерінің бактериялық ұрықтануын азайту үшін 3 кГр-ға тең доза жеткілікті екендігі анықталды. Жалпы, бактерияға қарсы максималды әсерге үш дозада (3,6,9, КГр) қол жеткізілді.

***Түйін сөздер:** ИЛУ-10, Clostridium spp, сульфитредуктивті клостридиялар, тамақ өнімдері, зарарсыздандыру, сәулелену, микробиологиялық қауіпсіздік, тағам қауіпсіздігі.*

A.N. Nurgazezova, G.N. Nurymkhan, E.S. Abdullina*, Sh.K. Zhakupbekova, A.O. Mayzhanova

Shakarim University of Semey,
071412, Republic of Kazakhstan, Semey, Glinki str., 20 A
*e-mail: elmira.abdullyna@gmail.com

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF PROCESSING BEEF, FISH AND FISH SEMI-FINISHED PRODUCTS USING THE ILU-10 ELECTRON ACCELERATOR, DEPENDING ON THE DOSIMETRIC PARAMETERS IN RELATION TO CLOSTRIDIUM SPP

This article presents the results of a study the effectiveness of radiation treatment using the ILU-10 electron accelerator in order to extend the shelf life of food products by controlling bacterial contamination (sulfite-reducing clostridium – Clostridium spp.).

The ILU-10 device is designed for sterilization and disinfection of products without the use of chemicals. Clostridia spp. are an important indicator of microbiological control in the food industry. They are the cause of food spoilage, and some types of clostridium can cause massive disease of the human digestive system. The aim of the study was to evaluate the effectiveness of this device in reducing of Clostridium spp. with different radiation doses in the range from 3 to 9 kGr. It was found that a dose of 3 kGr is sufficient to reduce bacterial contamination of beef, fish (pike), and fish cutlets. In general, the maximum antibacterial effect was achieved at three doses.

Key words: *ILU-10, Clostridium spp., sulfite-reducing clostridium, food products, sterilization, radiation exposure, microbiological safety, food safety.*

Сведения об авторах

Алмагуль Нургазезовна Нургазезова – кандидат технических наук, ассоциированный профессор, Руководитель Центра подготовки и аттестации научных кадров; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: almanya1975@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5632-638X>.

Гульнур Несиптайқызы Нурымхан – кандидат технических наук, ассоциированный профессор, декан исследовательской школы пищевой инженерии; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: gulnu-n@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0955-3520>.

Эльмира Сайлаубаевна Абдуллина* – магистр ветеринарных наук, научный сотрудник «Агротехнопарк»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: elmira.abdullyna@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8558-329X>.

Шугыла Кадыровна Жакупбекова – магистр технических наук, докторант кафедры «Пищевая технология»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: siyanie__88@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7558-9871>.

Айгуль Омарбековна Майжанова – магистр технических наук, докторант кафедры «Пищевая технология»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: fquekm2710@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4845-9465>.

Авторлар туралы мәліметтер

Алмагуль Нургазезовна Нургазезова – техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Ғылыми кадрларды даярлау және аттестаттау орталығының басшысы; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: almanya1975@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5632-638X>.

Гүлнур Несіптайқызы Нұрымхан – техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, тамақ инженериясы ғылыми-зерттеу мектебінің деканы; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: gulnu-n@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0955-3520>.

Эльмира Сайлаубайқызы Абдуллина* – ветеринария ғылымдарының магистрі, «Агротехнопарк» ғылыми қызметкері; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: elmira.abdullyna@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8558-329X>.

Шугыла Кадыровна Жакупбекова – техника ғылымдарының магистрі, «Тамақ технологиясы» кафедрасының докторанты; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: siyanie__88@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7558-9871>.

Айгуль Омарбековна Майжанова – техника ғылымдарының магистрі, «Тамақ технологиясы» кафедрасының докторанты; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: fquekm2710@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4845-9465>.

Information about the authors

Almagul Nurgazezovna Nurgazezova – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; Head of the Center for Training and Certification of Scientific Personnel, Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: almanya1975@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5632-638X>.

Gulnur Nesiptaykyzy Nurymkhan – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; Dean of the Research School of Food Engineering, Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: gulnu-n@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0955-3520>.

Elmira Sailaubayeva Abdullina* – Master of Veterinary Sciences, Researcher at Agrotechnopark; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: elmira.abdullyna@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8558-329X>.

Shugyla Kadyrovna Zhakupbekova – Master of Technical Sciences, doctoral student of the «Department of Food Technology»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: siyanie__88@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7558-9871>.

Aigul Omarbekovna Mayzhanova – Master of Technical Sciences, doctoral student of the «Department of Food Technology»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: fquekm2710@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4845-9465>.

Поступила в редакцию 04.09.2024

Поступила после доработки 20.09.2024

Принята к публикации 23.09.2024