

УТВЕРЖДАЮ

Директор
ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем
им. В.М. Горбатова» РАН
доктор технических наук
О.А. Кузнецова



«8» октября 2021 г.

ОТЗЫВ

**ведущей организации – Федерального государственного бюджетного
научного учреждения «Федеральный научный центр пищевых систем
им. В.М. Горбатова» Российской Академии Наук
на диссертационную работу ВАЗИРОВА Руслана Альбертовича
«Исследование эффективности радиационной поверхностной обработки
пищевой продукции низкоэнергетическим наносекундным электронным
пучком», представленной на соискание ученой степени кандидата
биологических наук по специальности 1.5.1. Радиобиология**

Актуальность исследования

Диссертация Вазирова Р.А. посвящена решению одной из важнейших проблем радиационных технологий – оценке эффективности радиационной обработки пищевой продукции и анализу влияния радиационного воздействия на пищевую ценность и свойства продукции. Актуальность темы определена необходимостью внедрения радиационной поверхностной обработки низкоэнергетическим электронным излучением в производственные циклы пищевых и сельскохозяйственных предприятий. Изучение научных основ радиационной обработки продукции является важной задачей применения ионизирующих излучений в производстве. Актуальность данной тематики подкрепляется необходимостью использования эффективных и экономически выгодных методов радиационной обработки пищевой продукции для повышения ее биологической безопасности и сохранения пищевой ценности. В диссертации представлены результаты анализа микробиологического исследования пищевой продукции, изменения физико-химических свойств продукции и построены зависимости доза-эффект. Диссертация соответствует пунктам 1, 2, 5, 11 и 12 паспорта специальности 1.5.1. Радиобиология.

Достоверность и новизна выводов и результатов работы

Цель работы и задачи исследования сформулированы четко, работа выполнялась в рамках избранной темы. Обоснованность и достоверность полученных результатов обусловлена применением широкого спектра исследований: дозиметрические исследования с использованием различных типов дозиметрических систем и математического моделирования; микробиологические исследования образцов, а также анализ пищевой ценности по действующим стандартам. Материалы и методология исследования обоснованы и определяются задачами работы. Для описания полученных результатов автор использовал современные методы статистического анализа. Результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на многочисленных конференциях и научных семинарах. Имеется два патента РФ на изобретение.

Полученные в диссертационной работе результаты имеют научное и прикладное значение в плане развития методов радиационных технологий для агропромышленности. Разработаны научные основы метода поверхностной радиационной дезинфекции. Показана возможность формирования глубинных распределений поглощенной дозы электронного излучения для радиационной поверхностной дезинфекции, обеспечивающей эффективное ингибирование микробиологического загрязнения птицеводческой продукции при сохранении её пищевой ценности. В частности, при обработке куриных яиц пучком электронов ≈ 500 кэВ пробег электронов не превышает 0.47 мм в толщине скорлупы. Таким образом при облучении куриных яиц низкоэнергетическим электронным пучком с энергией ≈ 500 кэВ и поглощенной дозой равной 5 кГр на поверхности продукции, внутренняя составляющая продукта подвергается дозе порядка десятков сГр. Впервые выполнено исследование влияния облучения низкоэнергетическим электронным пучком на свойства инкубационных куриных яиц и выведенных цыплят.

Впервые проведены исследования радиационно-индуцированного сигнала в яичной скорлупе при обработке низкоэнергетическим электронным пучком. Показана возможность использования электронно-парамагнитного резонанса (ЭПР) для определения факта использования ионизирующего излучения при обработке куриных яиц и контроля поглощенной дозы. При поглощенной дозе более 1 кГр возможна регистрация факта использования ионизирующего излучения при обработке продукции в течение 30 дней.

Значимость для науки и производства

Полученные результаты могут быть использованы для высокоэффективной и экономически выгодной радиационной обработки птицеводческой продукции с целью повышения биологической безопасности и сохранения пищевой ценности.

Практическая значимость работы связана с возможностью использования результатов для разработки российских и международных нормативных документов, описывающих методы радиационной обработки. Полученные результаты способствуют внедрению ускорителей УРТ в технологические процессы обработки пищевой и сельскохозяйственной продукции.

Диссертация соответствует требованиям, установленным пунктом 14 Положения «О порядке присуждения ученых степеней».

Результаты научной работы отражены в 18 публикациях и представлены на 7 конференциях. В опубликованных соискателем работах представлены основные результаты диссертации.

Проведенные исследования были поддержаны грантом РНФ 16-16-04038.

Оценка содержания диссертации

Структура и объём диссертационной работы. Работа состоит из введения, пяти глав, заключения, выводов, списка сокращений и условных обозначений и списка использованной литературы, включающего 157 источников. Диссертация изложена на 136 страницах, содержит 28 таблиц и 29 рисунков.

Во введении обсуждаются актуальность и степень разработанности темы, формулируются цель и задачи исследования, описывается его научная новизна, а также теоретическая и практическая значимость. Кратко изложены методология и методы исследований. Также в данном разделе представлены положения, выносимые на защиту, апробация результатов и личный вклад автора в выполнение работы. Замечаний к этой важной части работы нет.

Глава 1 «АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР». На основе анализа отечественной и зарубежной литературы автор рассматривает методы радиационной обработки пищевой и сельскохозяйственной продукции. Также были рассмотрены другие методы обработки для снижения микробиологического загрязнения и увеличения срока хранения продукции, в том числе ультрафиолетовая обработка. Проведены сравнительные анализы и сделаны качественные и количественные выводы. Глава заканчивается

кратким заключением по обзору, обобщающим основные положения, подробно изложенные в главе. Из заключения логично вытекает обоснование актуальных задач, которые рассмотрены в диссертации.

Глава II «МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ». В главе дается подробное описание объекта исследования – столовые куриные яйца класса «С»; инкубационные куриные яйца, полученные от породы Декалб-Браун кур несушек; филе цыпленка-бройлера охлажденное; субпродукты цыпленка-бройлера (печень охлажденная, сердце охлажденное). Данные виды продукции являются типичными для птицеводческих предприятий. Для решения поставленных задач в области радиационных технологий были использованы: импульсно-периодические наносекундные ускорители УРТ и детекторы излучения (ТЛД-500, цветные детекторы СО ПД(Ф)Р-5/50 и СО ПД(Ф)Р-1/10, а также ЭПР спектрометрия облученных образцов). Приведено описание методик дозиметрических исследований, микробиологических и физико-химических исследований пищевой продукции. В качестве основы для исследований использовалась общая радиобиологическая методология, основанная на изучении зависимостей доза-эффект, определяющая предмет исследования.

Глава III «ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОЗИМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПУЧКА ЭЛЕКТРОНОВ НА ПРИМЕРЕ НАНОСЕКУНДНОГО ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА, ГЕНЕРИРУЕМОГО УСТАНОВКОЙ УРТ-0.5 И УРТ-1» включает несколько разделов, посвященных в первую очередь распределению поглощенной дозы в объекте при облучении низкоэнергетическим электронным излучением. В первую очередь автор приводит расчеты эффективного пробега моноэнергетического излучения и определяет глубину обработки в различной продукции. Из проведенных расчетов автор делает вывод, что ключевым для эффективной радиационной обработки поверхности продукции является подбор энергии электронов. Однако в любом случае для обработки объектов необходимо проводить двухстороннее облучение. В следующей части главы был проведен модельный эксперимент с поглотителем, демонстрирующий неравномерность распределения поглощенной дозы по глубине объекта облучения. Изменение энергии и тока пучка электронов позволяет создавать необходимый профиль распределения поглощенной дозы в различных объектах. Также проведено исследование распределения поглощенной дозы в упакованной птицеводческой продукции. При этом проведенный дозиметрический контроль показывает, что при облучении куриного яйца на ускорителе УРТ-0.5 с дозой равной 5 кГр, внутри куриного яйца за счет тормозного излучения поглощенная доза не будет превышать 8 сГр.

В последней части главы проведена ЭПР спектрометрия скорлупы облученных куриных яиц. Показана возможность использовать данный метод дозиметрии при контроле процесса радиационной обработки и на всех пунктах транспортировки и распространения продукции.

Глава IV «ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАДИАЦИОННОЙ ПОВЕРХНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ КОНТРОЛИРУЕМЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ, ПРИСУТСТВУЮЩИХ В ПТИЦЕВОДЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ». Полученные результаты микробиологических исследований показывают эффективность антимикробной обработки птицеводческой продукции с использованием низкоэнергетического излучения. Результаты согласуются с данными других исследований, однако использование низкоэнергетического излучения позволяет применять дозы более 10 кГр, так как внутренняя часть продукции не подвергается высокому уровню излучения (как это было показано в Главе III). Это позволило расширить диапазон доз для инактивации микроорганизмов и облучать птицеводческую продукцию дозами до 40 кГр.

В то же время обработка низкоэнергетическим пучком электронов куриного мяса и полуфабрикатов не привела к значительному снижению контаминации микроорганизмов. Причина этого, по мнению автора, является наличие полостей и жидкости в полуфабрикатах, а решением данной проблемы может быть двухстороннее облучение или замораживание продукции.

В последнем разделе данной главы определялась производительность установок УРТ. Данные расчеты подчеркивают возможность реализации потребности птицефабрик в антимикробной обработке продукции с помощью радиационной поверхностной обработки. Однако приведенные расчеты ограничены только обработкой куриных и инкубационных яиц.

Глава V «ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ РАДИАЦИОННОЙ ПОВЕРХНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ НА КАЧЕСТВО И БЕЗОПАСНОСТЬ ПТИЦЕВОДЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ». В данной главе автор работы проводит анализ влияния радиационной поверхностной обработки на пищевую ценность и свойства продукции. В работе подчеркнута необходимость определения допустимого интервала доз, который возможно использовать при радиационной обработке. Для этого в главе IV были определены нижние значения поглощенной дозы для снижения контаминации на поверхности продукции, а в главе V оценена возможность использования доз, не приводящих к снижению пищевой ценности или порче продукции.

При исследовании влияния облучения низкоэнергетического

наносекундного электронного пучка на куриные яйца не выявлено значительных изменений пищевой ценности столовых куриных яиц. Проведенные исследования вывода инкубационных яиц также не показывали снижение по отношению к контрольной группе. Автор обосновывает полученные результаты, сравнивая их с дозиметрическими характеристиками и подчеркивает, что внутри продукции поглощенная доза на порядки меньше, чем на поверхности.

При исследовании физико-химических показателей куриного мяса не выявлено значимых изменений в опытных пробах по сравнению с контрольными при поглощенной дозе менее 10 кГр. Морфологические исследования образцов, облучённых поглощенной дозой равной 5 кГр и выше, выявили расслоение миофибрилл, нарушение исчерченности, фибрилляцию волокон, а также нарушение структуры клеточной мембраны. Однако данные эффекты наблюдались только на глубине до 2 мм.

Заключение. В данном разделе работы были подведены краткие итоги её выполнения, подчеркнуты достоинства метода радиационной поверхностной обработки низкоэнергетическим электронным пучком и подведены итоги результатов микробиологических исследований.

Выводы. Необходимо отметить высокую степень достоверности каждого из десяти выводов, которая обусловлена большим объемом исследований и вдумчивым анализом результатов с учетом литературных данных.

Текст автореферата соответствует тексту диссертации.

Замечания к работе

1. На рисунке 4 автореферата зависимость доза-эффект для бактериологической обсемененности куриных яиц построена с использованием экспоненциальной зависимости. При этом для зависимости бактериологической обсемененности куриного филе, печени и сердец автор не производит аппроксимацию;

2. На странице 4 автореферата диссертации в 4 строчке допущена ошибка в единицах измерения «Мэв»;

3. Автор производит анализ физико-химических показателей мяса по всему объему. При этом в работе подчеркивалась особенность метода, заключающаяся в поверхностной обработке. В таком случае более уместно было исследовать показатели мяса на разной глубине.

4. В таблице 9 автореферата наблюдается изменение процента выводка цыплят и сокращение длительности инкубации. Автор не приводит анализа данных результатов.

5. В основном тексте диссертационной работы используется большое количество сокращений (ПП, ПД, ТИ, ИИ и так далее), что значительно усложняет чтение работы, и в которых нет необходимости.

6. В диссертационной работе широко исследованы недостатки обработки пищевой продукции тепловым и химическим способом, а также подчеркнуты преимущества радиационной обработки. Работа, однако, не содержит детального сравнения низкоэнергетической обработки поверхностного слоя и обработки ультрафиолетом.


Заключение

Указанные замечания не уменьшают научной и практической значимости работы, не затрагивают ее основных выводов и не влияют на общую положительную оценку выполненной автором работы. Диссертация Вазирова Р.А. «Исследование эффективности радиационной поверхностной обработки пищевой продукции низкоэнергетическим наносекундным электронным пучком» является самостоятельной, комплексной и законченной работой, которая вносит вклад в прикладное применение радиационных технологий. Проведенные исследования позволяют расширить возможности применения ионизирующего излучения для антимикробной обработки пищевой продукции, исключив негативные последствия традиционных методов радиационной обработки. Ключевое значение для отрасли пищевой промышленности является возможность использования ионизирующего излучения для прединкубационной антимикробной обработки куриных яиц.

По актуальности, новизне, научной и практической значимости полученных результатов, объёму выполненной автором работы диссертация удовлетворяет требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 (в редакции от 20.03.2021), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а автор – **Вазиров Руслан Альбертович** заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.1. Радиобиология.

Отзыв составил:

Руководитель отдела функционального
и специализированного питания
к.т.н., доцент


Дыдыкин Андрей Сергеевич

*Подпись Руслана Вазирова А.С.
завершено*

Ведущий специалист по управлению
персоналом Дунин А.В.

Результаты диссертации рассмотрены и одобрены на совместном заседании Отдела функционального и специализированного питания и Отдела научно-прикладных и технологических разработок, Протокол № 1 от 06.10.2021 г.

Руководитель отдела функционального
и специализированного питания
к.т.н., доцент

Дыдыкин Андрей Сергеевич

Руководитель отдела
научно-прикладных
и технологических
разработок
к.т.н., доцент

Насонова Виктория Викторовна

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова»
Российской Академии Наук, Министерство науки и высшего образования
109316, г. Москва, ул. Талалихина, д. 26
<https://www.vniimp.ru/>
Телефон: +7 (495) 676-95-11 Факс: +7 (495) 676-95-51
E-mail: info@fneps.ru