

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ РАДИАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ НА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СЫРЬЯ

Грачева А.Ю., канд. техн. наук; Илюхина Н.В., канд. хим. наук;
Калинина Ж.А.

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
технологии консервирования», г. Видное

Аннотация: В статье представлены результаты исследования по изучению воздействия радиационного облучения с применением электронного пучка, позволяющие определить подавление жизнедеятельности микроорганизмов *E.coli* и *S.aureus*. Результаты исследования могут быть применены для разработки научно-обоснованных режимов радиационной обработки, позволяющих обеспечить микробиологическую безопасность пищевых продуктов и сельскохозяйственного сырья.

Повышение качества и безопасности пищевой продукции в современных условиях достигаются с применением высокотехнологических процессов.

Обеспечение продовольственной безопасности Российской Федерации невозможно без внедрения в агропромышленную сферу эффективных и экологически безопасных технологий, среди которых наиболее перспективными являются радиационные технологии.

По данным МАГАТЭ во всем мире усиливается интерес к использованию радиационных технологий в агропромышленном комплексе [2]. Одним из направлений исследований радиационной технологии является обработка продуктов питания и сельскохозяйственного сырья для обеспечения биобезопасности, повышения качества, интенсификации технологических процессов и снижения потерь. [6].

Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (ФАО ООН) и Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) одобрили использование ионизирующего излучения для обработки пищевых продуктов.

В настоящее время в мире создано около 220 специализированных центров по облучению сельскохозяйственной продукции и продуктов питания [2]. В частности, в 69 странах действует разрешение на облучение более чем 80 видов продукции, около 40 стран проводят облучение пищевой продукции на постоянной основе [2]. Большинство центров облучения продуктов питания расположены в США (примерно около 99 центров) и Китае (около 79 центров), которые являются лидерами в области применения радиационных технологий [2]. Современный мировой рынок услуг по облучению продуктов питания и сельскохозяйственной продукции оценивается на сумму более 2 млрд долл. США. Ожидается, что к 2020 г. он достигнет 4,8 млрд, а к 2030 г. – 10,9 млрд долл. США. Общий годовой объем облученной продукции в мире на сегодняшний день оценивается в 700-800 тыс. т [1].

Максимальный объем облученной продукции приходится на продукцию растительного происхождения (~90%), основная ее доля это специи, сухие овощи и фрукты (52%) [5].

На сегодняшний день мировым научным сообществом подготовлена обширная информационная база, которую после необходимой экспериментальной апробации можно с успехом использовать для создания предпосылок освоения инновационных экологически безопасных радиационных технологий в отечественном агропромышленном комплексе [1].

Разработка фундаментальных основ управления микробиологическими, биохимическими и технологическими процессами с использованием ионизирующих и неионизирующих излучений при производстве и хранении продукции сельского хозяйства и пищевой промышленности сегодня находится в поле зрения многочисленных лабораторий во многих странах мира. Среди них можно назвать такие ведущие научные организации как: Институт пищевых технологий (США); Лаборатория пищевой химии и технологии Университета Иоаннины (Греция); Токийский университет; Национальный институт науки и технологии (Филиппины); Научно-исследовательский институт сельскохозяйственной радиологии и биотехнологии (Гана); Сельскохозяйственный университет (Болгария); Институт генетики растений (Польша); Институт электрофизики и радиационных технологий в пищевой промышленности Атомного научного центра им. Хоми Джехангира Баба (Индия); Институт пищевой промышленности и радиобиологии (Бангладеш); ГНУ «ОИЭиЯИ-Сосны» НАН Беларуси и др. [1].

Радиационные технологии опираются на знания фундаментальных законов ядерной и радиационной физики, дозиметрии ионизирующих излучений и радиобиологии, требуют разработки специфических технологических процессов и создания специальной техники. По сравнению с обычными методами, радиационные технологии менее энергозатратны и позволяют заменить или резко снизить использование пищевых консервантов, фумигантов и других химических препаратов. [1].

Рынок услуг по облучению в Российской Федерации находится на начальном этапе формирования [1]. Внедрение радиационной технологии в агропромышленное производство России сдерживается отсутствием нормативно-методической базы. Для успешного применения радиационной технологии необходимо создать научно-обоснованные Методические указания по разработке режимов стерилизации методом облучения пищевых продуктов. Методические указания должны обеспечить нормами и методиками контроля на всех этапах технологического процесса - от выбора Радиационной установки (РУ) до способа и материалов упаковки продуктов питания.

Технологические регламенты радиационной технологии должны обеспечивать микробиологическую безопасность и качество облученной продукции в соответствии с требованиями стандартов по организации практики производства и контроля качества продукции: Международного свода правил, определяющих общие принципы гигиены пищевых продуктов, ГОСТ Р 51705.1 «Системы качества. Управление качеством пищевых продуктов на основе принци-

пов ХАССП», технического регламента Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» ТР ТС 021/2011, СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов» и СанПиН 2.3.2.1324-03 «Гигиенические требования к срокам годности и условиям хранения пищевых продуктов» [1].

В соответствии с решением президиума Совета при Президенте России по модернизации экономики и инновационному развитию от 11 декабря 2014 г. поставлена задача по разработке отечественной нормативной базы применения радиационных технологий в сельском хозяйстве и пищевой промышленности [1].

В апреле 2015 г. был опубликован основополагающий нормативный документ – Государственный стандарт ГОСТ ISO 14470-2014 «Радиационная обработка пищевых продуктов. Требования к разработке, валидации и повседневному контролю процесса облучения пищевых продуктов ионизирующим излучением» [4]. Он одобрен Евразийским советом по стандартизации, метрологии и сертификации и принят к действию на территории стран, входящих в Содружество независимых государств [1].

При разработке всех технологических регламентов радиационной обработки продукции агропромышленного производства используют «Общий стандарт на пищевые продукты, обработанные проникающим излучением» (2003 г), нормы и правила, изложенные в Кодексе Алиментариус «Облученные продукты питания» (2007 г.), Государственный стандарт ГОСТ ISO 14470-2014 «Радиационная обработка пищевых продуктов. Требования к разработке, валидации и повседневному контролю процесса облучения продуктов ионизирующим излучением», а также нормативные документы, регламентирующие порядок радиационной обработки различных видов сельскохозяйственной и пищевой продукции и методы дозиметрических измерений [1].

В рамках подготовки к созданию проектов технических регламентов с 2014 года в ФГБНУ «ВНИИТеК» совместно с институтом физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской Академии Наук (ИФХЭ РАН) проводятся исследования по изучению воздействия радиационного облучения с применением электронного пучка с целью подавления жизнедеятельности микроорганизмов *E. coli* и *S. aureus*.

Эффект воздействия ионизирующих излучений на микроорганизмы зависит от величины поглощенной дозы [3]. Устойчивость к воздействию ионизирующих излучений у различных микроорганизмов неодинакова. «Наиболее чувствительны грамотрицательные бактерии. Слабой устойчивостью отличаются психрофильные бактерии. Более устойчивы грамположительные бактерии, особенно некоторые микрোকки» [3].

На основании данных химических и биологических исследований, а также оценки питательных свойств облученных продуктов, выполненных специалистами различных стран, издан документ «Оценка санитарного состояния облученных пищевых продуктов», в котором констатировалось, что специального токсикологического или пищевого исследования продуктов, облученных до 10 кГр, не требуется [3].

Применительно к радиационной обработке в целях подавления микроорганизмов в зависимости от величины поглощенной дозы ионизирующего излучения МАГАТЭ предложены специальные термины: радисидация (4-6 кГр), радуризация (6-10 кГр) и радаппертизация (10-50 кГр).

С целью подавления микроорганизмов конкретного типа (*E. coli*, *S. aureus*) нами выбраны направления радисидация (4-6 кГр) и радуризация (6-10 кГр). В исследованиях использовался ускоритель УЭЛВ-10-10-С-70, имеющий энергию пучка электронов $10 \pm 0,4$ МэВ и мощность дозы электронного излучения на расстоянии 1 м от фланца выпускного окна 3 кГр/с. Для транспортировки облучаемых образцов перед сканирующим пучком электронов в ускорителе используется круговой конвейер. Контроль за дозой облучения осуществляется с помощью спектрофотометра и детекторов на основе полимерных плёнок однократного использования. Диапазон измерения поглощённой дозы варьируется в интервале от 5 до 50 кГр, погрешность не превышает 12%. Меньшие дозы можно оценить при интерполяции полученных результатов.

Эксперимент проводили с применением различных доз облучения ампул диаметром 10 мм и высотой 60 мм с суспензиями микроорганизмов. В исследовании использовались суточные культуры микроорганизмов, культивированные в мясо-пептонном бульоне: грамотрицательные палочковидные бактерии *E. coli* с размерами $1,1-1,5 \times 2,0-6,0$ мкм и грамположительные бактерии *S. aureus* сферической формы с диаметром 0,5-1,5 мкм. Облучение запаянных ампул с суспензиями микроорганизмов проводили облучателем с электронным пучком в двух ориентациях (горизонтальной и вертикальной) с дозами облучения 3, 5, 7, 10 кГр. Для уменьшения статистической ошибки для каждого варианта образцов использовали по три повторности для каждой точки эксперимента. Микробиологическое исследование облученных и контрольных образцов выполнялись в день облучения по ГОСТ 30726-2011 для *E. coli* и ГОСТ 31746-2012 для *S. aureus*, время культивирования микроорганизмов на мясо-пептоном агаре составляло 24 часа при температуре 37°C. Для посева исходных суспензий и десятикратных разведений использовали по две параллельные чашки Петри. Результаты исследования представлены на рисунке 1. для *E. coli* и рисунке 2 для *S. aureus*. На рисунках в логарифмическом масштабе представлена зависимость количества жизнеспособных микроорганизмов от поглощённой дозы облучения.

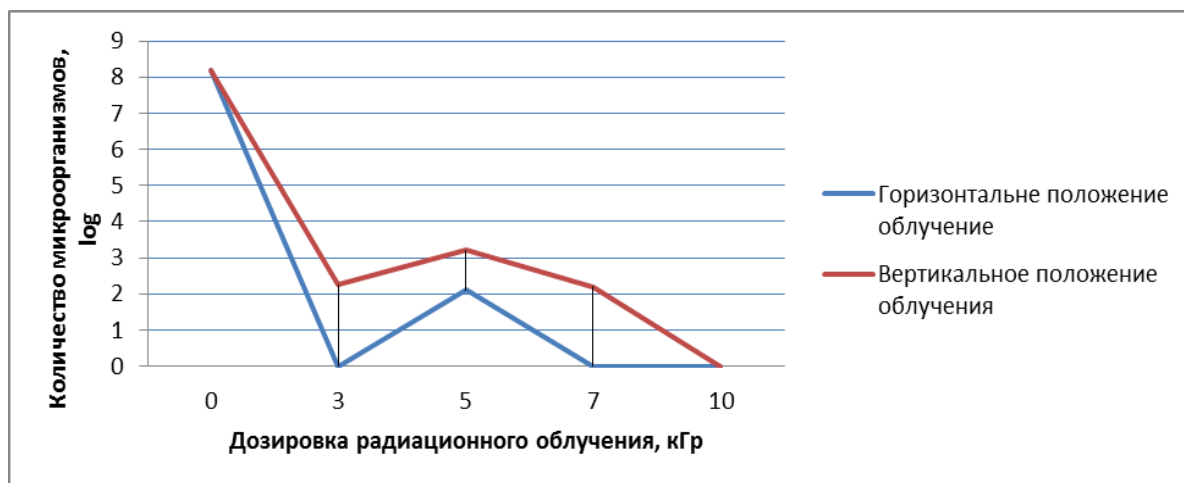


Рис. 1. Зависимость количества жизнеспособных микроорганизмов *E.coli* от поглощённой дозы облучения в кГр для горизонтально и вертикально расположенных ампул

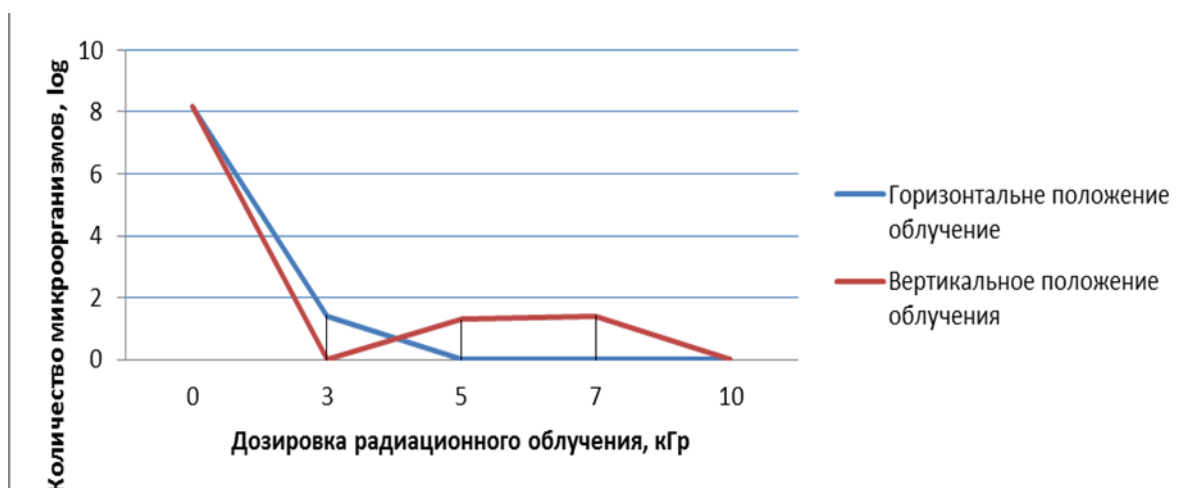


Рис. 2. Зависимость количества жизнеспособных микроорганизмов *S. aureus* от поглощённой дозы облучения в кГр для горизонтально и вертикально расположенных ампул

Установлено, что культуры *E. coli* и *S. aureus*, подвергшиеся радиационному облучению отмирают на 80-100%. Горизонтальное положение образцов, при радиационном облучении наиболее эффективно по сравнению с вертикальным.

В работе показаны современные тенденции развития радиационных технологий обработки пищевой продукции с помощью ускорителей заряженных частиц в России. Показана актуальность создания нормативно-методической документации и определен круг задач для дальнейших исследований. В ходе выполнения исследований на ускорителе УЭЛВ-10-10-С-70 установлены дозы облучения для обработки суспензий микроорганизмов *E. coli* и *S. aureus*, позволяющие их использовать при радиационной и радиурезации пищевой продукции.

Литература

1. Козьмин Г.В., Санжарова Н.И., Кибина И.И., Павлов А.Н., Тихонов В.Н. Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности // Достижения науки АПК. – 2015. - №5. – С.87-92.
2. Козьмин Г.В., Санжарова Н.И., Кибина И.И., Павлов А.Н. Перспективы развития рынка радиационных технологий в сельском хозяйстве перерабатывающей промышленности. // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий.- 2015. - №8. –С. 30-34.
3. Чиж Т.В., Козьмин Г.В., Полякова Л.П., Мельникова Т.В. Радиационная обработка как технологический прием в целях повышения уровня продовольственной безопасности // Вестник Российской Академии Естественных Наук. – 2011.- №4. – С.44-49.
4. ГОСТ ISO 14470-2014 «Радиационная обработка пищевых продуктов. Требования к разработке, валидации и повседневному контролю процесса облучения продуктов ионизирующим излучением».
5. Status of food irradiation in the world / T. Kume, M. Furuta, S. Todorikis, N. Ueno, Y. Kobayashi // Radiation Physics and Chemistry. -2009. -V. 73.- P. 222-226.
6. Гельфанд С.Ю., Петров А.Н., Филиппович В.П., Прокопенко А.В., Завьялов М.А. Современные аспекты радиационной обработки пищевых продуктов // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2013. -№2. - С. 25-31.