

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОЙ РАДИАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ НА КАЧЕСТВО И СРОКИ ХРАНЕНИЯ МЯСНОЙ ПРОДУКЦИИ

Н. И. Базалеев, В. Ф. Клепиков, В. В. Литвиненко, И. Н. Шаркевич

Научно-технический центр электрофизической обработки НАН Украины, Харьков

Приведены данные доз облучения и режимов стерилизации мясной продукции, обеспечивающих токсикологическую безопасность и высокую эффективность радиационного метода обработки. Установленные дозы облучения мяса уничтожают болезнетворные бактерии с эффективностью, обеспечивающей выполнение международных требований микробиологического контроля пищевой продукции. Описаны возможности стерилизации в бескислородной среде. Рассматриваются методы количественного и качественного контроля доз облучения и пострadiационного контроля для определения факта облучения продукции.

В последние годы электрофизические радиационные технологии [1] находят все более широкое распространение как эффективное средство, обеспечивающее увеличение сроков хранения и токсикологическую безопасность потребления пищевой продукции, в частности сырого и свежемороженого мяса, загрязненного микроорганизмами.

Основные задачи, которые необходимо решить в процессе радиационной стерилизации мясной продукции состоят в исключении возникновения наведенной радиоактивности, образования стабильных продуктов радиолиза и канцерогенных веществ, представляющих наибольшую опасность для человека и приводящих облучаемую продукцию в негодность, а также сохранения питательной ценности продукции.

Отсутствие наведенной радиоактивности обеспечивается ограничением энергий электронов до 10 МэВ и гамма-квантов до 5 МэВ – значений, не превышающих порогов ядерных реакций для большинства встречающихся в природе химических элементов.

В результате проведения комплексных исследований физико-химических процессов, происходящих при радиационной стерилизации мясной продукции [2], были оптимизированы режимы обработки, обеспечивающие токсикологическую безопасность и стабильность пищевых групп (протеины, липиды, вода и пр.) облученной продукции. Это позволило Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), Всемирной продовольственной организации (ФАО) и МАГАТЭ рекомендовать безопасный с токсикологической точки зрения радиационный метод для стерилизации (пастеризации) широкой номенклатуры продукции животного происхождения (говядина, свинина, курятина, рыба и пр.).

Всесторонний анализ результатов многочисленных исследований ВОЗ на предмет питательной ценности и безопасности облученных продуктов снимает все сомнения относительно существования токсикологического эффекта, позволяет сделать заключение о возможности контроля и прогнозирования продуктов радиолиза (потенциальных факторов угрозы здоровью человека) для различных доз облучения. Доказано, что данные, касающиеся токсикологической безопасности, полученные для более высокой дозы, справедливы для аналогичного или того же продукта, облученного меньшей дозой. Это открывает возможности для широкого внедрения радиационной технологии стерилизации пищевой продукции в промышленных масштабах.

В качестве базовых безопасных доз на основании целенаправленных исследований рекомендованы следующие дозы облучения [3]:

для свежего мяса (в тушах) и переработанного (рубленного, фарш и пр.) - не более 4,5 кГр;

для мороженого и сильнозамороженного (-18 °С) в тушах и рубленного мяса - не более 7 кГр.

При этом состав и свойства упаковочного материала должны удовлетворять ряду свойств: 1) химическая совместимость с продуктом до облучения; 2) отсутствие вредных продуктов радиолита в материале упаковки после облучения; 3) отсутствие токсических веществ в газообразных продуктах радиолита материала упаковки, их инертность по отношению к упакованному продукту.

Допустимые дозы облучения

Говоря о дозе облучения пищевых продуктов, следует прежде всего отметить, что ввиду ослабления потока пучка частиц в материале облучаемого продукта поглощенная доза будет распределена неравномерно. В этой связи во многих международных стандартах, регулирующих облучение продукции, в частности стандартов ISO, существует параметр, определяемый как максимально допустимое соотношение наибольшего и наименьшего значения поглощенной дозы. До последнего времени считалось, что доза облучения в 4,5 кГр достаточна для обработки незамороженного и замороженного мяса как в тушах, так и рубленного. Однако ужесточение требований по снижению степени осемененности мяса болезнетворными микробами заставило пересмотреть условия облучения и дозы в зависимости от температуры среды и способа механической обработки мяса (рубленное, фарш и т. п.). Как оказалось, остаточная степень осемененности мяса болезнетворными микробами и очаги заражения в значительной мере связаны с процессами рубки и зависят от температуры обработки, особенно в замороженном состоянии. Так, было установлено, что доза в 4,5 кГр достаточна для обработки замороженного мяса в тушах и незамороженного рубленного, а 7 кГр - для рубленного мяса в сильно охлажденном состоянии (-18°C и ниже).

При этом следует учитывать, что обеспечить максимальные дозы в 4,5 и 7 кГр во всем объеме облучаемого мяса практически невозможно, исходя из технологических особенностей процесса радиационной стерилизации. Распределение поглощенных доз облучения зависит от толщины облучаемой продукции в зоне облучения и характеристик направленности устройства облучения потоками электронов, рентгеновского (Х-лучи) или γ -излучения.

Для γ - и Х-лучей были установлены минимальные дозы облучения в 1 и 2 кГр соответственно. Для незамороженного рубленного мяса минимальная доза составляет 1,5 кГр, что обеспечивается максимальной дозой в 4,5 кГр, а облучаемый объем в целом получит дозу облучения от 2 до 4 кГр. Для доз в 1 - 2 кГр типовая доза облучения устанавливается в 3 кГр.

Для замороженного мяса максимальная доза принимается 7 кГр, а для обеспечения минимальной дозы в 2 - 3 кГр необходимо, чтобы максимальная доза составляла 4 - 5 кГр.

При облучении электронами (энергия 5 - 10 Мэв) ограничение на соотношение максимальной и минимальной доз накладывает толщина слоя облучаемого объекта. Обычно толщина слоя выбирается в пределах нескольких (4 - 6) сантиметров, что позволяет снизить соотношение максимальной и минимальной доз, приблизив его к 1,3 - 1,5, т. е. максимальная доза выбирается в пределах 4 - 6,5 кГр.

Установленные дозы облучения мяса уничтожают болезнетворные бактерии с эффективностью, обеспечивающей выполнение международных требований микробиологического контроля пищевой продукции.

Широкие перспективы радиационной стерилизации открываются в связи с разработкой технологий стерилизации в бескислородной среде (вакуумная упаковка, среда с CO_2 или N_2 с последующей герметизацией упаковки), что позволяет существенно продлить сроки хранения и улучшить товарный вид облучаемой продукции.

Питательные свойства облученной продукции

Так же, как и другие существующие электрофизические (например, СВЧ) и тепловые методы приготовления и консервации мясной продукции, радиационная стерилизация снижает ее питательную ценность, в частности уменьшает содержание некоторых витаминов.

Потери витамина В1, %

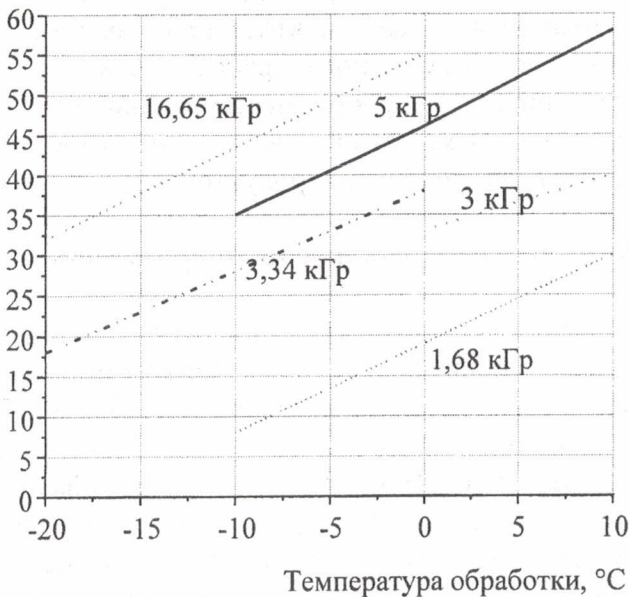


Рис. 1. Потери витамина В1 при радиационной обработке свежего и замороженного мяса свинины.

Потери витамина В1, %

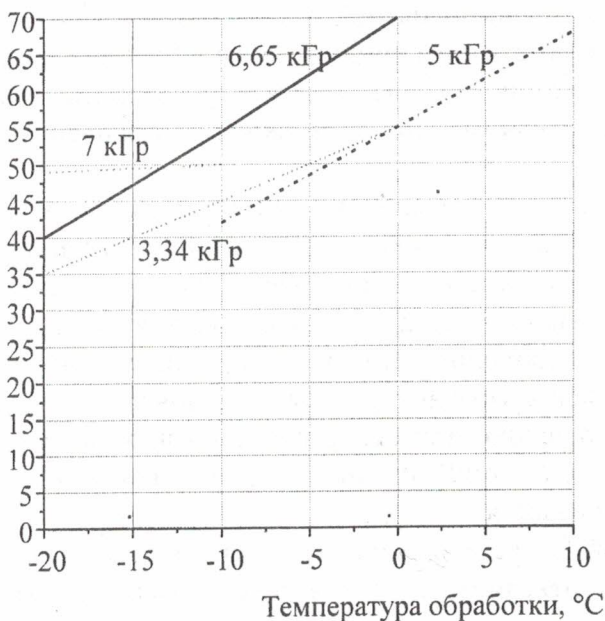


Рис. 2. Потери витамина В1 при радиационной обработке свежей и свежемороженой свинины с учетом последующей тепловой обработки и потери массы при приготовлении пищи.

В процессе исследований [4] было установлено, что при радиационной стерилизации мяса млекопитающих и битой птицы макропитательные вещества и полезные микроэлементы существенных изменений не претерпевают.

В продуктах животного происхождения наиболее чувствительным к радиационному и тепловому воздействию является витамин В1, в значительных количествах находящийся в свежей и свежемороженой свинине. Учитывая тот факт, что в Украине свинина является одним из основных мясных продуктов потребления, остановимся на количественной оценке потерь витамина В1 в свинине при радиационной обработке.

В работе [5] приводятся данные о численных значениях потерь витамина В1 при радиационной обработке свежей и замороженной свинины в зависимости от дозы и температуры облучения. Результаты анализа и систематизации этих данных представлены на рис. 1.

Как видно из графиков, при температуре -10 – $+10$ °C и дозе облучения 5 кГр содержание витамина В1 снижается в пределах от 35 до 58 %. Повышение дозы облучения сверх 5 кГр нецелесообразно, особенно при температуре выше -10 °C. Для коммерческих целей можно ограничиться дозой облучения в 3,34 кГр, при этом потери витамина В1 составят 35 – 40 %. При температуре обработки -20 °C потери витамина В1 не превышают 20 %.

Потери витамина В1 с учетом кулинарного приготовления (тепловой обработки и связанной с этим потерей массы) свинины представлены на рис. 2.

Как видно из графиков, при обработке замороженной свинины дозой облучения 3,34 кГр и температуре -20 – 0 °C уровень витамина В1 снижается на 35 – 50 %. При повышении температуры обработки до 0 – 10 °C уровень потерь витамина В1 состав-

ляет 50 – 60 %. Следовательно, для снижения уровня потерь витамина В1 необходимо снижать температуру обрабатываемой продукции и дозу облучения, минимальная величина которой определяется условиями достижения эффективной стерилизации продукции.

Исходя из реальных объемов потребления свинины на душу населения (например, в наиболее развитых странах, таких как США, Канада и др., потребление свинины в год на

душу населения составляет около 20 кг), удельный вес витамина В1, получаемого из свинины, составляет около 9 %. Незначительный объем удельных потерь витамина В1, вызванных радиационной обработкой, вполне оправдывает радиационную технологию стерилизации, обеспечивающей решение проблемы долговременного хранения свинины и предотвращения случайного заражения болезнетворными микроорганизмами. Кроме того, для такой страны, как Украина, недостаток в витамине В1 может быть возмещен употреблением бобовых культур, овсянки, свежих овощей, фруктов, молочных продуктов и пр.

Микробиологическая (токсикологическая) безопасность облученной продукции

В процессе радиационной обработки пищевой продукции, как и при других методах консервации, уничтожается или предотвращается развитие вредной, паразитирующей микрофлоры, что обеспечивает микробиологическую безопасность потребления облученной продукции. Основными болезнетворными микроорганизмами сырого мяса (свинина, говядина и пр.) являются *T. Spiraalis* и *Toxoplasmosis*. Минимальная доза для уничтожения данных бактерий, как показали исследования [6], составляет 0,4 - 0,7 кГр соответственно. Для большинства опасных для здоровья человека болезнетворных бактерий "мясного" происхождения (*Taeniasis*, *T. Solium*, *T. Saginata*, *Criptosporidium*, *Giardia* и пр.) для стерилизации незамороженного мяса необходима доза облучения не менее 1 кГр.

Особенно остро вопрос токсикологической безопасности стоит относительно спор *Clostridium botulinum*, уцелевшая часть которых после радиационной обработки может размножаться в процессе хранения продукции и вырабатывать нейротоксичные вещества еще до того, как испорченность продукта станет очевидной. Поэтому, решая проблему токсикологической безопасности потребления облученной мясной продукции, необходимо на этапе, предшествующем процессу обработки, иметь информацию о количестве и типе спор "bot", находящихся на исходном продукте, исходя из которой установить дозу облучения, температуру обработки и хранения, исключающих возможность выживания и размножения микрофлоры.

Однако даже при такой технологии обработки невозможно уничтожить все виды спор, тем более возбудителей ботулизма. Из спор, подобных *Clostridium botulinum*, находящихся в нерубленном и рубленном свежем и замороженном мясе птиц, питавшихся рыбными кормами, наиболее опасны психотропные (тип Е), для которых доза облучения в 3 кГр может оказаться недостаточной. Поэтому необходимо иметь информацию о происхождении обрабатываемого продукта и факта использования рыбных кормов (основного источника *Cl. botulinum* типа Е), которые, как правило, при откормке животных (коровы, свиньи, овцы) не используются. В этом случае *Cl. botulinum* типа Е, как загрязняющий фактор, маловероятен и, как правило, не рассматривается.

На основании проведенных исследований [7] установлено, что степень загрязнения патогенными спорами упакованной продукции невелика, а случаи присутствия палочки *C. botulinum* крайне редки. Споры ботулизма как типа Е (рыбного происхождения), так и типа А, В (почвенного происхождения) чаще встречаются в сыром мясе, причем, как показывает опыт, случаи заражения свинины более часты, чем, например, говядины или баранины. Контроль за присутствием *C. botulinum* в сыром мясе и битой птице затруднителен из-за отсутствия доступных средств и принципов непрерывного контроля и оценки качества обрабатываемой продукции.

Учитывая мнение многих экспертов, допускающих вероятное присутствие в мясе наряду с другими бактериями возбудителей ботулизма, особенно типа Е, в небольших количествах, целесообразна радиационная обработка такой продукции дозой 1 - 3 кГр [8], позволяющей снизить уровень загрязнения до предельно низкого (в среднем одна спора на 1 кг). В этом случае в процессе хранения споры будут размножаться, но они не смогут

конкурировать с выжившей (более устойчивой) микрофлорой *Lactobacillus acidophilus* и др. в условиях пониженной температуры.

При облучении мясной продукции дозой в 1 кГр на сыром мясе остается часть бактерий, являющихся “конкурирующими” по отношению к палочке *C. botulinum*. После такой обработки мясо можно гарантированно хранить в течение месяца при температуре 3,5 °С. Для дальнейшего хранения оно может быть заморожено.

Фактор “конкуренции” быстро развивающейся непатогенной микрофлоры является подавляющим для малочисленных возбудителей ботулизма типа А, В (но не Е).

Наиболее эффективным способом борьбы с ботулизмом является комбинирование радиационной обработки, упаковки в условиях бескислородной атмосферы и хранение продукции при низкой температуре. Например, при дозе облучения 1 кГр и содержании кислорода в упаковке примерно 20 % (остальное - азот) токсины обнаружены через 14 сут. В условиях отсутствия кислорода - через 43 сут. При температуре хранения 5 °С токсины не были выявлены и после 44 сут хранения. Исследованиями [9] установлено, что образование спор в присутствии кислорода при температуре 15 °С происходит скорее всего из-за процесса выделения CO₂, стимулирующего образование спор.

При небольших дозах облучения в бескислородной среде выработка токсинов прекращается при умеренной (15 °С) температуре. Торможение процесса выработки токсинов объясняется тем, что в бескислородной среде молочнокислые бактерии более активно конкурируют со спорами возбудителей ботулизма. Наиболее просто такая среда достигается при вакуумной упаковке мясной продукции.

Исходя из норм микробиологического соответствия продуктов (число психотропных бактерий не более 10⁷/г), при облучении мяса свежей свинины дозой в 1 кГр число психотрофил и мезофил снижается почти на два порядка и обеззараживается большинство бактерий кишечного происхождения. Мясо в необлученной упаковке с содержанием кислорода 20 и 0 % при температуре 5 °С хранится 9 и 14 сут соответственно. Аналогичные образцы, облученные в упаковке дозой 1 кГр при тех же условиях хранились 21 и 31 сут. Т.е. мясная продукция, облученная в нормальной воздушной среде, может храниться дольше, чем необлученная, пока не будет достигнуто критическое число психотропных бактерий, равное 10⁷/г.

Если в качестве критерия принимать отсутствие неприятного запаха, то срок хранения продукта, облученного в бескислородной среде (среде азота) достигает 26 сут, тогда как облученный в среде, содержащей 20 % кислорода, утрачивает свежесть за 1 - 2 сут, если учитывать цвет и запах продукта. С точки зрения микробиологических норм продукт может храниться до 10 сут при температуре 20 °С.

Молочно-кислые бактерии являются доминирующей микрофлорой как в необлученном, так и в облученном пастеризованном мясе, особенно в условиях низкого содержания (или отсутствия) кислорода. Даже при облучении мяса в вакуумной упаковке дозой в 5 кГр эти микроорганизмы (например, разновидность *Lactobacillus Sake*) проявляют высокую способность к выживанию, особенно те, которые на момент облучения находятся в фазе развития. Молочно-кислые бактерии не вызывают посторонний запах, пока их число не достигнет 10⁷/см², что случается в период хранения при температуре 2 °С с упаковкой в среде азота через 16 сут и в среде углекислого газа через 28 сут. Имеются данные [10], подтверждающие возможность хранения облученного мяса дозой в 3 кГр до трех месяцев, при этом критическое число психотропных бактерий (10⁷/г) не было достигнуто, посторонние запахи и разложение не наблюдались.

Решая проблемы микробиологической безопасности облученной продукции и оптимизации доз облучения, необходимо учитывать все факторы, в том числе предельно малую вероятность заражения наиболее опасной разновидностью возбудителей ботулизма типа Е, низкий уровень загрязнения патогенными микроорганизмами, а также достаточно

низкую дозу облучения, останавливающую развитие клеток микрофлоры, особенно когда она развивается в прогрессии. После облучения продукции выживаемость патогенных микроорганизмов резко снижается, особенно после тепловой обработки в процессе приготовления пищи. Увеличивается тенденция к доминированию молочно-кислых бактерий, причем как в замороженном продукте, так и в охлажденном, особенно в условиях отсутствия кислорода.

Радиационная обработка свежего упакованного мяса является одним из эффективных методов для уничтожения кишечных возбудителей заболеваний. Как показали исследования, температурная обработка (понижение температуры хранения) и применение конкурирующей микрофлоры (например, молочно-кислых бактерий) даже с использованием вакуумной упаковки и упаковки в среде углекислого газа при температуре 12 – 15 °С не исключают развития сальмонеллы и порчу мяса. К тому же применение конкурирующей микрофлоры для борьбы с болезнетворными микробами пищевого происхождения ограничено из-за недостаточной изученности метода. Более того, на основании проведенных исследований [11] показано, что при облучении мяса, обработанного “конкурирующей микрофлорой”, последняя приобретает свойства загрязняющих бактерий, тем самым понижая качество мяса, что исключает совмещение способов радиационной и бактериальной обработки.

Для борьбы с кишечными возбудителями, находящимися в свежем мясе, наиболее эффективен способ облучения мяса в упаковке, гарантирующем безопасность и сохранность продукции. При этом эффект стерилизации зависит от времени облучения, которое должно быть больше периода полного разрушения клетки бактерии, в течение которого она может восстанавливаться.

Таким образом, радиационное облучение мясных продуктов относится к современным пищевым технологиям и является важным дополнительным методом борьбы с патогенными микроорганизмами, размножающимися в пище. Применение радиационной обработки не представляет угрозы для здоровья при условии выполнения общепринятых требований к качеству продукции и допустимым дозам облучения.

Продление сроков хранения продукции

Процесс стерилизации мяса облучением, наряду с уничтожением возбудителей болезни, обеспечивает продление сроков его хранения. Облучение сырого мяса в вакуумной упаковке дозой в 0,5 кГр обеспечивает снижение содержания естественной микрофлоры на два порядка, а при дозах 1 и 2,5 кГр содержание микрофлоры снижается на три и четыре порядка соответственно (болезнетворная флора практически полностью уничтожается дозой в 1 кГр). Микроорганизмы более чувствительны к облучению в жирном продукте (жирность > 30 %), в котором они хуже размножаются. При жирности мяса 8 – 30 % (наиболее часто используется для коммерческих целей) существенного различия в требуемых дозах облучения нет.

При облучении говяжьего фарша в вакуумной упаковке дозой в 2 кГр срок его хранения в замороженном состоянии увеличивается вдвое [12]. Облучение свежего фарша в вакуумной упаковке дозой в 1 и 1,5 кГр позволяет снизить общее число бактерий на 82 и 92 % соответственно (при этом *Pseudomonado*-подобные микроорганизмы полностью уничтожаются более низкими дозами). Срок хранения облученной продукции при температуре 5 °С составляет около 9 сут (необлученной продукции - не более 4 сут).

На основании результатов исследований [13, 14] показана возможность продления сроков хранения свежей охлажденной баранины до двух и четырех недель при облучении γ -излучением дозами 1 и 2,5 кГр соответственно, а мелко порезанной фасованной баранины - 1 и 3 недели. При облучении говяжьего фарша в вакуумной упаковке γ -излучением в дозах 1, 2,5 и 5,0 кГр при температуре 4 °С сроки его хранения были продлены на 4, 10 и 15 сут соответственно. При облучении мяса в среде азота сроки его хранения при температуре 5 °С

могут быть увеличены до 20 - 26 сут. При облучении говяжьего фарша дозой в 1,91 кГр срок хранения последнего при температуре 2 °С достигал 35 сут.

Проводить облучение предпочтительно в бескислородной среде, так как это позволяет исключить окислительные процессы и уничтожить запах испорченности, который появляется при истечении срока хранения продукции, когда число бактерий достигает 10^7 /г. При этом следует отметить, что полностью уничтожить бактерии в продукте нельзя. В течение всего срока хранения продукции бактерии все равно размножаются, что послужило причиной установления остаточного (сохранившегося после облучения) числа бактерий $< 10^3$ /г.

Радиационная стерилизация является эффективным средством окончательной обработки упакованного мяса, отвечающим требованиям безопасности. Для стерилизации относительно стойких бактерий на тушах мяса достаточна доза в 0,6 кГр, а для сальмонеллы – 1 - 3 кГр, которая обеспечивает снижение ее содержания на два – три порядка. Для стерилизации рубленого мяса, которое, как правило, заражено выше, чем нерубленое, требуется доза в 4,5 кГр. Несмотря на то, что даже при таких дозах облучения и хранения мяса в охлажденном состоянии невозможно полностью исключить развитие оставшихся бактерий, этот метод является одним из перспективных способов продления сроков хранения продукции.

Контроль облученной продукции

В последние годы разработаны эффективные методы контроля для однозначного определения факта облучения продукта или его ингредиента. Используются как химические (хроматографические), так и физико-химические (хемо- и термолюминисцентные) методы контроля [15, 16]. Некоторые из этих методов дают "полукачественную" оценку степени облучения (дозу облучения) контролируемой продукции.

Для продукции животного происхождения (мясо, птица, рыба) наиболее многообещающим является электронный парамагнитный (спиновый) резонанс, газовый и высокопроизводительный жидкий хроматографический анализ [17, 18]. Эти методы обеспечивают количественную оценку дозы, полученной продуктами при облучении, и особенно полезны при исследовании облученной продукции на токсикологическую безопасность. Это важно в связи с необходимостью выявления некачественной токсикологически опасной продукции, прошедшей неполную (с нарушением технологических режимов) радиационную обработку.

Существует целый ряд надежных количественных и качественных методов контроля поглощенной дозы излучения при стерилизации свежего или замороженного мяса [19]. Особенностью процесса контроля радиационной стерилизации является необходимость учета неравномерности распределения поглощенных доз в объеме облучаемой продукции, что ужесточает требования к метрологическому обеспечению дозиметрической аппаратуры и ее конструктивному исполнению. Для целей дозиметрии используют как жидкие химические дозиметры (например, сульфат железа), так и твердотельные дозиметры (радиохроматические пленки), которые широко используются как стандартные методы систематической дозиметрии. На основе таких детекторов разрабатываются дозиметрические системы, обеспечивающие возможность контроля процесса облучения свежего и замороженного мяса в пределах требуемых и допустимых доз. Стандартизация дозиметрических систем проводится крупнейшими международными (МАГАТЭ, ASTM) и государственными службами метрологического надзора.

Особое внимание уделяется разработке методов пострадиационного контроля для определения факта облучения продукции, а в отдельных случаях - определения дозы облучения [20]. Тем не менее, в будущем будет усилен контроль процесса облучения непосредственно на технологическом комплексе, при этом в обязательном порядке ведется учет условий облучения (температура и газовый состав среды облучения, время облучения и пр.).

Технология радиационной обработки пищевой продукции должна гарантировать получение минимальной дозы и исключить превышение установленного максимума. Время хранения облученной продукции выбирается из условий сохранения качества продукции и исключения образования смертоносных токсинов ботулизма в процессе хранения.

Выводы

Радиационная обработка мясной продукции с использованием электрофизических источников ионизирующего излучения является перспективным направлением разработки технологий в пищевой промышленности. Исследование физико-химических и биохимических превращений в мясных продуктах, протекающих под действием ионизирующего излучения, показывают высокую эффективность подавления патогенных микроорганизмов, что позволяет значительно увеличить сроки хранения продукции при сохранении ее питательных свойств. Разработка, оптимизация и внедрение данных технологий является поэтапным процессом, требующим учета многих факторов:

условий облучения – значение поглощенной дозы, вид излучения, энергия частиц, среда облучения, температура;

состояния объекта облучения – первичная обсемененность бактериями, вид бактерий, восприимчивость питательных компонентов к воздействию ионизирующего излучения;

обеспечения условий хранения после обработки, выбор контрольного способа определения факта облучения продукции;

согласованности технологического регламента с существующим международным и национальным законодательством в области лучевой обработки пищевых продуктов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Базалеев Н.И., Клепиков В.Ф., Литвиненко В.В. Электрофизические радиационные технологии. – Харьков: Акта, 1998. – 206 с.
2. Кодекс основных стандартов радиационно-обработанных пищевых продуктов и рекомендательный международный кодекс по практике работы на радиационных установках, использующихся при обработке пищевых продуктов. Кодекс по вопросам продовольствия. Том XV. Объединенная программа стандартов ФАО-ВОЗ на пищевые продукты. – Рим, 1984. – 24 с.
3. Beuchat L.B., Doyle M.P., Bracket R.E. Irradiation inactivation of bacterial pathogens in ground beef. - Univ. of Georgia Center for Food Safety & Quality Enhancement report to the American Meat Institute, 1993. - P. 17.
4. Diehl J.H. Nutritional effect of combining irradiation with other treatments // Food Control. - 1991. – P. 20 – 25.
5. Kilcast D. Effect of irradiation on vitamins // Food Chemistry. – Vol. 49. - 1994. – P. 157 – 164.
6. Dubey J.P., Thayer D.W. Killing of different strains of *Toxoplasma gondii* tissue cysts by irradiation under definite condition // J. Parasitology. - 1994. – P. 67 – 73.
7. Greenberg R.A., Tompkin R.B., Bladel B.O. et al. Incidence of mesophilic clostridium spores in raw pork, beef and chicken in processing plants in the United States and Canada // Applied Microbiol. - 1966. – Vol. 14. - P. 789 – 793.
8. Krieger R.A., Snyder O.P., Pflug I.G. Clostridium botulinum ionizing radiation D-value determination using a micro food sample system // J. Food Science. - 1983. – Vol. 48. – P. 141 – 145.
9. Lambert A.D., Smith J.L., Dodds K.L. Combined effect of modified atmosphere packaging and low-dose irradiation on toxin production by Clostridium botulinum in fresh pork // J. Food Protection. – 1991. – Vol. 54. – P. 94 – 101.
10. Smith J.L., Dodds K.L., Charnodeau R. Microbiological changes and shelf life of MAP irradiated fresh pork // Food Microbiol. – 1992. – Vol. 9. – P. 231 – 244.
11. Maxcy R.B. Significance of residual organisms in foods after substerilizing doses of gamma radiation: A review // J. Food Safety. – 1983. – Vol. 5. – P. 203 – 211.

12. Dempster J.F., Havrysh Z.J., Shand P. et al. Effect of low dose irradiation (radurization) on the shelf life of beefburgers stored at 3 °C // J. Food Technology. – 1985. – Vol. 120. – P. 145 – 154.
13. Lefebvre N., Thibault C., Charbonneau R. Improvement of shelf life and wholesomeness of ground beef by irradiation. 1. Microbial Aspects // Meat Science. – 1992. – Vol. 32. – P. 203 – 213.
14. Lefebvre N., Thibault C., Charbonneau R., Piette J.P.G. Improvement of self-life and wholesomeness of ground beef by irradiation. Chemical analysis and Sensory evaluation // Meat Science. – 1994. – Vol. 36. – P. 371 – 380.
15. Chuaqui-Offermanns N. Recent advanced in the identification of irradiated foods of animal origin. A review // J. Radiation Sterilisation. - 1992. – P. 29 – 41.
16. Glidewel S.M., Deighton N., Goodman B.A., Hillman J.R. Detection of irradiated food. A review // J. Sci. Food & Agric. – 1993. -. Vol. 61. – P. 281 – 300.
17. Schreiber G.A., Helle N., Boegl K.W. Detection of irradiated food-methods and routin application // Int. J. Radiation. Biol. – 1993. -. Vol. 63. – P. 105 – 130.
18. Stevenson M.H. Identification of irradiated foods // Food technology. – 1994. – Vol. 48. – P. 141 – 144.
19. Morehous K.M., Kiesel M., Ku Y. Identification of meat treated with ionizing radiation by capillary gas chromatographic determination of radiolitically produced hydrocarbons // J. Agric. & Food Chem. – 1993. – Vol. 41. – P. 758 – 763.
20. Review of the safety and nutritional adequacy of irradiated food: Report of a WHO consultation. – WHO, 1992.

ВПЛИВ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНОЇ РАДІАЦІЙНОЇ ОБРОБКИ НА СТРОКИ ЗБЕРІГАННЯ ТА ЯКІСТЬ М'ЯСНОЇ ПРОДУКЦІЇ

М. І. Базалєєв, В. Ф. Клепиков, В. В. Литвиненко, І. М. Шаркевич

Наведено дані доз опромінювання та режимів стерилізації м'ясної продукції, що забезпечують токсикологічну безпеку та високу ефективність радіаційного методу обробки. Встановлені дози опромінення знищують бактерії із заданою ефективністю, що забезпечує виконання міжнародних вимог токсикологічного контролю. Описано можливості стерилізації в безкисневому середовищі. Розглядаються методи кількісного та якісного контролю доз опромінювання та пострадіаційного контролю для виявлення факту опромінювання продукції.

INFLUENCE OF THE ELECTROPHYSICAL RADIATION PROCESSING ON THE SHELF-LIFE AND NUTRITIOUS PROPERTIES OF MEAT

M. I. Bazaleev, V. F. Klepikov, V. V. Lytvynenko, I. M. Sharkevich

The data on absorbed doses and sterilization regimes for meat products, providing toxicological safety and high effectiveness of irradiation processing, are presented. Recommended absorbed doses for meat sterilization eliminate pathogen bacteria effectively in accordance with the international rules for microbiological control. Sterilization technologies in oxygen free atmosphere are described. We discuss quantitative and qualitative methods for control of absorbed doses, as well as postirradiation control to determine the presence of irradiated food.

Поступила в редакцію 13.11.02,
после доработки – 21.01.03.