

# Антимикробная обработка мясных продуктов ускоренными электронами

## Теперь технология доступна и в России

**В** мясоперерабатывающей отрасли, как и в других отраслях АПК, сохранение готовых продуктов питания не менее важная задача, чем их производство. Круг существующих проблем известен: изначальная бактериальная обсемененность мясного сырья, загрязнение сырья и мясных продуктов в процессе их переработки, транспортировки и хранения, высокая скорость роста микроорганизмов на продуктах переработки мяса. Тенденция к отказу от консервантов, химических добавок и антибиотиков, проблема контроля их перехода в продукт (а значит, и отклонений по токсикологическим и органолептическим показателям у продукции), достижение длительного безопасного срока хранения продукции при минимальной технологической обработке – все это требует применения новых или альтернативных методов. Одним из таковых является технология антимикробной обработки пищевой продукции ускоренными электронами, которая теперь доступна и в нашей стране.

### Это новая технология?

Применение ионизирующего излучения в пищевой промышленности имеет более чем вековую историю. Через 10 лет после открытия рентгеновский лучей Дж. Аппеби и А. Бэнск в 1905 году в Великобритании зарегистрировали первый патент на радиационную обработку пищевых продуктов [1]. Сейчас эту технологию используют в 69 странах, где таким образом обрабатывается свыше 100 видов пищевой продукции. На постоянной основе такую обработку проводят около 40 стран [7, 8, 10]. Наряду с рентгеновским и гамма-излучением более успешно и массово реализуется применение ускоренных низкоэнергетических электронов, хотя и первые два вида не лишены преимуществ.

Более 100 лет данная технология находится под пристальным вниманием ученых во всем мире. Были проведены тысячи исследований на практически всех видах пищевой продукции, сформированы рекомендации и стандарты под конкретные продукты питания [3-8, 10, 15, 16]. Никакая другая технология консервирования в настоящее время не исследовалась так тщательно, как применение ионизирующего излучения.

Широко интегрирована технология в странах Евросоюза (Бельгия, Франция, Англия, Чехия, Нидерланды, Польша, Швейцария и др.), где таким способом обрабатывается достаточно большой перечень продуктов, сырья и пищевых ингредиентов: мясо и рыба, а также продукты их переработки, фрукты и овощи, специи и пряности, крупы, белковые концентраты и многое другое [10]. Примечательно, что в 1997 году после серии

массовых отравлений мясными продуктами Управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США разрешило применение радиационной обработки к охлажденному и замороженному мясу, чтобы уменьшить число болезнетворных микроорганизмов и увеличить срок его хранения [9].

Ситуация в мясной отрасли России, судя по результатам регулярных проверок Росконтроля и статьям отраслевых ВНИИ, также далека от идеальной [14, 21-23]. Проблема несоответствия у лежащих на прилавках полуфабрикатов и готовой к употреблению мясной продукции по микробиологическим показателям СанПиН 2.3.2.1078–01, ТРТС 021/2011 и ТРТС 034/2013, к сожалению, повсеместная. Более того, каждый производитель хорошо с этими проблемами знаком.

Однако в России технология применения ускоренных электронов является наиболее игнорируемой. Это обусловлено отсутствием понимания потребителей и зачастую самих производителей основополагающих принципов этой далеко не новой технологии. Вопрос о наведенной радиоактивности в продуктах и о радиофобии в целом, искажение описания технологии в сети интернет и малое число адекватных источников информации формируют ложные представления об эффективности и безопасности ускоренных электронов.

### Ускоренные электроны против микроорганизмов. Как достигается антимикробный эффект?

Известно, что любые микроорганизмы (как и все живое) содержат ДНК (дезоксирибонуклеиновую кислоту), уникальную управляющую структуру, носителя генетической информации, которая является критической мишенью в процессе обработки продукции. Свободно летящие ускоренные электроны (фотоны или гамма-кванты при других видах обработки) наносят ей непоправимый урон. В результате трудно реparable и невосстанавливаемых повреждений молекул ДНК за счет потерь и повреждений оснований, ДНК–ДНК, ДНК–белковых сшивок, а также одинарных и двойных разрывов достигается инактивация микроорганизмов. Бактерии не «взрываются» и не «лопаются», они доживают свой цикл, перестают делиться и гибнут (интерфазная или репродуктивная гибель). Именно различия в мишени (количество ДНК, физиологическое состояние, размер генома) и реализации ее репарации (восстановления от повреждений) во многом и определяют различия в радиочувствительности микроорганизмов [18]. Также весомый вклад вносят повреждения цитоплазматической мембраны и ключевых структур бактериальных клеток. Все вышеперечисленные структуры подвергаются атаке со стороны различных форм активных радикалов.

В радиобиологии в качестве критерия радиочувствительности используют показатель D10 – дозу, необходимую для инактивации популяции микроорганизмов на 1 порядок. Эти показатели хорошо изучены практически для всех патогенных, условно-патогенных микроорганизмов, для всех микроорганизмов порчи продукции. Salmonella, Listeria, E. Coli, Enterobacter, Vibrio, Campylobacter, Trichinella, все виды дрожжей и плесеней, встречающиеся на/в пищевой продукции, – все они успешно инактивируются после обработки. Побороть можно даже вирусы, но такая цель при обработке продуктов питания ставиться не может, поскольку для этого необходимы намного большие дозы, которые успешно используются в процессе радиационной стерилизации медицинских изделий. Нередка проблема и со спорowymi формами, также требующими дозы, выше рекомендуемой для продуктов питания, формируя некоторые ограничения на применение технологии.

Различия в радиочувствительности микроорганизмов, качественная и количественная картина изначальной обсемененности продукции (а также наличие в ней антиоксидантов, консервантов и других добавок, тип упаковки (вакуум, МГС), ее температура (охлажденная/замороженная) прямо влияют на выбор режимов обработки.

Важно понимать, что увеличение сроков годности происходит как раз за счет устранения микробиологической составляющей порчи продукции. Однако если сроки годности обуславливают естественные энзиматические и физико-химические реакции, то продлить сроки безопасного хранения уже не удастся (актуально для продукции с большими заявленными сроками хранения). Однако такие процессы можно снизить в продукции растительного происхождения, в том числе за счет снижения уровней и активности соответствующих ферментов гидролиза.

### Технология сегодня

Как и любая другая технология консервирования, технология ускоренных электронов обладает набором своих параметров, характеристик, значений, что определяет понятие «рабочий режим». Сегодня, с увеличением спроса на применение данной технологии в пищевой промышленности, главные силы направлены на определение таких «рабочих» режимов для конкретных видов продукции, принципиально отличающихся по своему составу. Главным критерием тут являются показатели органолептики и сохранение качественного состава продукции. Именно эти два показателя (а не микробиология!) в технологии антимикробной обработки являются основополагающими. Сейчас, когда потребитель уделяет пристальное внимание качеству продукции, ее запаху, консистенции, текстуре, цвету и др., нельзя допустить отклонений заданных параметров.

Концепция применения радиационной обработки пищевой продукции заключается в применении ее режимов, используя предел для продукции по органолептике, с одной стороны, и необходимый уровень поглощенной энергии для полноты антимикробного эффекта, с другой, что в итоге обуславливает формирование «окна обработки». И, что крайне важно, для разных продуктов это «окно» свое: где-то оно больше, где-то меньше, а где-то его нет совсем. В таком случае обработка ускоренными электронами к продукции не применима.

В России ярким примером внедрения такой технологии является открытый в 2017 году первый промышленный центр антимикробной обработки «Теклеор». Специально спроектированное оборудование позволяет работать в строго отведенных низких режимах (в отличие от центров стерилизации медицинских изделий, модификации полимеров и других центров обработки непивцевых продуктов), при этом обеспечивая равномерность обработки. Центр «Теклеор», другие существующие и вновь строящиеся во всем мире центры, не изобретают технологию заново, они отличаются лишь по эффективности ее применения, например, настраивая линию конвейера, внутреннюю систему логистики, энергоэффективность оборудования.

### Преимущества технологии

К основным преимуществам и недостаткам технологии можно отнести следующие аспекты:

- профилактика заболеваний бактериальной и паразитарной природы.

За счет антимикробной обработки мясной продукции на 99% снижается опасность пищевых отравлений;

- снижение рисков критических точек согласно HACCP, например, требования к температурному режиму хранения продукции.

По данным ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» 80% случаев инфицирования продуктов промышленного производства обусловлено нарушением правил хранения и реализации продукции. Снижение микробиологического фона мясной (или иной) скоропортящейся продукции позволяет обезопасить себя от нарушений в холодовой цепи реализации продукции;

- обработка продукции в уже конечной упаковке. В результате возможности обработки продукции в уже конечной упаковке исключается опасность повторной контаминации сырья или готового продукта;

- нетепловой процесс. Антимикробная обработка не приводит к нагреву обрабатываемой продукции;

- отказ от консервантов. Не секрет, что современный рынок мясопереработки диктует в том числе тенденцию к отказу от консервантов. За счет новых физических методов антимикробной обработки производитель может ярко выделяться на высококонкурентном рынке.

- вместе с HACCP. Во многих зарубежных компаниях пищевых пищевой отрасли эффективно используется система управления качеством HACCP, и технология антимикробной обработки уже стала ее неотъемлемой частью.

Однако обработка не «лечит» уже испорченный продукт. Антимикробная обработка малозффективна на поздних сроках годности пищевой продукции в силу необратимости биохимических реакций под воздействием повышенных уровней микроорганизмов порчи. В идеале, обработка проводится, когда остаточная микрофлора находится в пределах лаг-фаз своего роста.

- регулирование. В мировой практике такая обработка жестко регулируется международными стандартами и требованиями (их число приближается к сотне). В США основополагающими являются документы серии USDA (United States Food and Drug Administration) и 12 его частей, касающихся радиационной обработки продуктов, в том числе и мясной. В Европе таковыми являются директивы по радиационной



обработке пищевых продуктов (Directive 1999/2/EC of the European Parliament and of the Council. Concerning food and food ingredients treated with ionizing radiation and Directive 1999/3/EC of the European Parliament and of the Council on the establishment of a Community list of foods and food ingredients treated with ionizing radiation). И, в целом, каждая из стран, использующих такую технологию, обладает соответствующей нормативной базой, регулирующих данный процесс.

В России сейчас технология регламентируется ГОСТами (15 шт.), в том числе:

1. ГОСТ 33820-2016 Мясо свежее и мороженое. Руководство по облучению для уничтожения паразитов, патогенных и иных микроорганизмов;
2. ГОСТ 33825-2016 Полуфабрикаты из мяса упакованные. Руководство по облучению для уничтожения паразитов, патогенных и иных микроорганизмов.

В настоящее время готовятся технологические инструкции по применению антимицробной обработки мяса и мясных полуфабрикатов.

### **Это действительно безопасно?**

Активное изучение возможностей применения ионизирующего излучения для обработки продуктов питания (в том числе и мясных) началось в середине 40-х гг. прошлого столетия. В США, СССР, Бельгии, Великобритании, Канаде, Франции, Польше, Германии и других странах были разработаны национальные программы развития радиационных технологий. На основе соглашения между 19 странами в 1970 г. в Париже была подписана Международная программа в области облучения пищевых продуктов. А в 1981 году докладом международной консультативной группы ФАО (Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН), ВОЗ (Всемирная организация здравоохранения) и МАГАТЭ (Международное агентство по атомной энергии) обработка ионизирующим излучением одобрена в качестве безопасного и эффективного метода хранения пищевых продуктов [2]. Также было установлено, что облучение любого пищевого продукта с дозами, не превышающими 10 кГр, не вызывает токсического воздействия и не требует дальнейших токсикологических исследований обработанной продукции [2]. К слову, обратившись к перечню рекомендуемых для мясного продовольствия уровней обработки, можно отметить, что 90% мясной продукции обрабатывается на режимах, меньших в 3-4 раза.

Безопасность обработки продуктов растительного и животного сырья была повторно подтверждена в 2011 году Европейским агентством по безопасности пищевых продуктов (серия докладов EFSA) [11-13].

В пределах «окна обработки» и, соответственно, «рабочего режима», качественные показатели продукта (массовая доля белка, аминокислотный и жирнокислотный состав, уровень жир- и водорастворимых витаминов или других нутриентов) сохраняются на уровнях, обычно наблюдаемых в необработанных образцах [3-8, 10, 15, 19] либо изменяются аналогичным образом при применении иных технологий консервации [11, 13]. Более того, биохимические показатели порчи продукции (ТБЧ, перекисное число и др.) на протяжении всего пролонгированного срока, как правило, соответствуют таковым в необработанных образцах на ранних этапах их хранения [3-8].

### **Заблуждения о радиоактивности продукции**

Пожалуй, самый популярный вопрос к технологии: «Является ли обработанная ускоренными электронами продукция радиоактивной?» Ответ по этому поводу однозначен – нет. Согласно требованиям регламентирующих и контролирующих органов (в том числе международных), на всех предприятиях обработки пищевых продуктов ионизирующим излучением строго соблюдаются требования к техническим характеристикам установок и источников, а именно: гамма-излучение радионуклидов  $^{60}\text{Co}$  или  $^{137}\text{Cs}$ , рентгеновские лучи от искусственных источников с энергией меньшей или равной 5 МэВ (в США до 7,5) или поток ускоренных электронов от искусственного источника с энергией не более 10 МэВ [20, 24]. Эти требования задаются с однозначной целью – исключение формирования вторичной (наведенной) радиоактивности в обработанном продукте. Для того чтобы вызвать ядерную реакцию с образованием радиоактивных ядер (радиоактивности), гамма-кванты и заряженные частицы должны иметь куда большую энергию. Для электронов это 30 МэВ и более [17]. Частицы меньших энергий на такие взаимодействия в принципе не способны, они намного интенсивнее взаимодействуют с электронными оболочками атомов, чем с ядрами, и крайне быстро при этом теряют свою энергию.

Здесь важно не путать два понятия: радиоактивно загрязненный продукт и радиационно-обработанный продукт. Первый, это тот, в составе которого в силу каких-то причин оказались радионуклиды, и он (или его компоненты) обладает радиоактивностью. Радиационно-обработанный продукт не может стать радиоактивным, поскольку в процессе радиационной обработки нет прямого контакта радиоактивного вещества с продуктом, а появление наведенной радиоактивности, как сказано выше, исключено.

### **Заключение**

Конечно, обработка ускоренными электронами – не панацея. Все продукты мясоперерабатывающей отрасли обрабатывать не имеет смысла. Однако, если существующие методы обеспечения микробиологической безопасности продукции и ее консервации не справляются с поставленной задачей или же стоит цель отказаться, например, от консервантов, то такая

обработка может стать хорошей заменой. В результате можно увеличить сроки хранения и, что более важно, добиться микробиологической безопасности продукции. Бояться же стоит не облученных продуктов, а порой совершенно необоснованных умозаключений, не подтвержденных какими-либо достоверными источниками и остающихся порой лишь фантазией безымянных авторов.

#### Список использованной литературы:

1. British Patent. No. 1609, Jan. 26, 1905. Appleby, J. and Banks, A.J.
2. Wholesomeness of Irradiated Food: report of a Joint FAO/IAEA/WHO. Expert Committee meeting held in Geneva from 27 October to 3 November. 1980
3. Food Irradiation: Principles and Applications. Edited by R. A. Molins. Wiley-Blackwell, 2001 – 392 p.
4. Irradiation of food and packaging: recent developments. Edited by K. M. Morehouse, ACS Division of Agricultural and Food Chemistry, 2004. – 340 p.
5. Electronic Irradiation of foods: an introduction to the technology. R.B. Miller. Food engineering series, 2005 – 298 p.
6. Irradiation of Food Commodities: Techniques, Applications, Detection, Legislation, Safety and Consumer Opinion. I. S. Arvanitoyannis. Elsevier, 2010. – 703 p.
7. Food irradiation research and technology. Edited by X. Fan, C.H. Sommers. Wiley-Blackwell, 2013. – 474 p.
8. Electron Beam Pasteurization and Complementary Food Processing Technologies. 1st Edition. Edited by D. Pillai, S. Shayanfar. Elsevier, 2015. – 355 p.
9. Advanced Technologies for Meat Processing, 2nd Edition. Edited by F. Toldra, M. L. Nollet. CRC Press, 2018. – 722 p.
10. Food Irradiation Technologies. Concepts, Applications and Outcomes. Edited by F. R. Ferreira, A. L. Antonio, S. Cabo Verde, 2018. – 454 p.
11. Scientific Opinion on the Chemical Safety of Irradiation of Food. EFSA Journal, 2011, 9 (4). – 1930 p.
12. Statement summarising the Conclusions and Recommendations from the Opinions on the Safety of Irradiation of Food adopted by the BIOHAZ and CEF Panels. EFSA Journal 2011, 9 (4). – 2107 p.
13. Scientific Opinion on the efficacy and microbiological safety of irradiation of food. EFSA Journal 2011, 9 (4). – 2103 p.
14. Абдулаева А. М. Серегин И. Г. Никитченко В. Е. Микробиологический мониторинг коммерческих полуфабрикатов из мяса птицы // Вестник Российского университета дружбы народов. Сер.: Агрономия и животноводство. – 2017. – Т 12. – № 4. – С. 350-358.
15. Безопасность и пищевая ценность облученной пищи. Всемирная организация здравоохранения. – Женева, 1995. – 225 с.
16. Козьмин Г. В., Гераськин С. А., Санжарова Н. И. Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности. – Обнинск: ВНИИРАЭ, 2015. – 400 с.
17. Мухин К. Н. Экспериментальная ядерная физика // Книга 2. Физика элементарных частиц / учеб. для вузов. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1993. – 408 с.
18. Сарапульцев Б. И., Гераськин С. А. Генетические основы радиорезистентности и эволюция. – М.: Энергоатомиздат, 1993. – 208 с.

19. Полноценность облученных пищевых продуктов. Доклад Объединённого комитета экспертов ФАО/МАГАТЭ/ВОЗ. Всемирная организация здравоохранения, Женева, 1978 – 48 с.

20. Codex Alimentarius / Совместная программа ФАО/ВОЗ по стандартам на пищевые продукты. Облученные продукты питания, 2007.

21. <https://meat-expert.ru/news/4203-roskontrol-proveril-slivochnye-sosiski>

22. <https://meat-expert.ru/news/3429-roskontrol-proveril-kholodets-i-studen>

23. <https://meat-expert.ru/news/3238-roskontrol-issleodoval-karbonad>

24. СанПиН 2.6.1.2573-10. Гигиенические требования к размещению и эксплуатации ускорителей электронов с энергий до 100 МэВ. – Москва, 2015.

К. б. н. **Чурюкин Р. С.**,

главный технолог, ООО «Теклеор»

**Будник С. В.**, управляющий, ООО «Теклеор»

**Шилов О. А.**, исполнительный директор, ООО «Теклеор»

**249010, Калужская область, Боровский район,  
д. Старомихайловское,  
ул. 1-я Индустриальная, владение 4  
Тел.: +7 (4843) 86-80-40,  
+7 (910) 590-04-27,  
+7 (916) 840-48-21  
[www.tecleor.com](http://www.tecleor.com)  
[sales@tecleor.com](mailto:sales@tecleor.com)**

**tecleor**

**Услуги нехимической  
антимикробной  
обработки продуктов питания**

**Охлажденное и  
замороженное мясо**

**Мясные  
полуфабрикаты  
в том числе готовые  
к употреблению**

**Мясные  
субпродукты**

Обработка в упаковке;  
сохранение температуры  
продукции; альтернативный  
метод консервации;  
обработка в соответствии  
с международными и  
отечественными  
стандартами

**249010, Калужская обл., Боровский район,  
д. Старомихайловское, ул. 1-я Индустриальная,  
владение 4  
+7(4843)86-80-40; +7(910)590-04-27  
[sales@tecleor.com](mailto:sales@tecleor.com); [www.tecleor.com](http://www.tecleor.com)**