

«М.А.Гендельманның 110 жылдығына арналған «Сейфуллин окулары – 19» халықаралық ғылыми-практикалық конференциясының материалдары = Материалы международной научно-практической конференции «Сейфуллинские чтения – 19», посвященной 110 - летию М.А. Гендельмана». - 2023. - Т.1, Ч.1.- С. 270-273.

УДК 664:615.849.5(045)

ТЕОРИЯ ОБЛУЧЕНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

*Шаймуханбетова Ж., магистрант 2 курс
С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті,
Астана қ.*

Энергии излучения подразделяются на три категории: электромагнитное излучение (гамма-луч, рентгеновское излучение), излучение заряженных частиц (альфа-луч, бета-луч, электронный луч, фотоны) и незаряженные частицы (нейтрон). Среди них два типа ионизирующего излучения в основном используются для обеспечения безопасности пищевых продуктов: один представляет собой энергию излучения, генерируемую радионуклидом радиоактивного источника, а другой вырабатывается ускорителем или ядерным реактором. Гамма-лучи и рентгеновские лучи имеют относительно короткие длины волн (высокую энергию) среди электромагнитного спектра, включая радиоволны, микроволны, видимый свет, ультрафиолет и так далее [1].

Ускоренный электрон - это заряженная частица с высокой энергией. Таким образом, типами излучения, которые могут быть применены к мясу и мясопродуктам, являются гамма-излучение, рентгеновское излучение и ускоренный электрон.

«Ионизирующее» излучение обладает способностью выбивать электроны из молекул и преобразовывать их в электрически заряженные ионы. Гамма-излучение обладает достаточной мощностью, чтобы ионизировать молекулы, расположенные в глубоком расположении целевой пищи, и состоит из радиоактивного изотопа. Следовательно, им следует управлять безопасно. С другой стороны, ускоренные электроны и рентгеновское излучение генерируются машинным процессом. Электронный луч направлен только на целевую пищу, и его энергетическая эффективность выше, чем у гамма-излучения.

Наиболее распространенной формой облучения пищевых продуктов являются гамма-лучи или ускоренные электроны. Использование рентгеновского излучения для облучения пищевых продуктов было протестировано для коммерческого использования, а также в научных исследованиях, но его эффективность составляет 70–80% от гамма-излучения и <30% от ускоренных электронов [2].

Независимо от источников излучения, количество ионизирующей энергии, поглощенной материалами-мишенями, измеряется в (Гр); 1 Гр равен 1 Дж/кг. Таким образом, дозировка в 1 кГр указывает на то, что облученная пища получает 1000 Дж/кг массы пищи. Как правило, минимальная дозировка применяется к пище для достижения цели облучения и поддержания качества обработанных пищевых продуктов [3].

Сравнительные характеристики источников ионизирующего излучения, используемых для облучения пищевых продуктов, приведены в таблице 1.

Эффективность облучения варьируется в зависимости от типа используемых источников излучения, интенсивности излучения и целевых микробов (Kwon, 2010). Ниже приведены относительные преимущества и недостатки трех форм облучения пищевых продуктов.

Таблица 1 - Характеристики источников ионизирующего излучения

	Гамма-излучение	Электронный луч	Рентген
Тип энергии	Электромагнитный	Заряженная частица	Электромагнитный
Энергия вольт (МэВ)	1.17 + 1.33	-10	-5
Энергоэффективность	Низкий (-30%)	Высокий (-85%)	Низкий (-10%)
Способность к проникновению	Глубина (60–80 см)	Низкий (8–10 см)	Глубокий
Управление версиями	Непрерывный	Переключатель (вкл./выкл.)	Переключатель (вкл./выкл.)

Гамма-излучение. Гамма-излучение является наиболее широко используемой формой облучения пищевых продуктов и обычно испускается в результате самопроизвольного распада радионуклида, то есть радиоактивного изотопа. Гамма-излучение классифицируется как фотоны и не имеет массы, несмотря на его очень высокие уровни энергии [1. Гамма-излучение — это фотоны более высокой частоты, чем ультрафиолетовое или рентгеновское излучение, и может проникать в целевую пищу на глубину 60–80 см [2]. Таким образом, гамма-излучение подходит для «постстерилизации» упакованных пищевых продуктов, и опасения по поводу загрязнения конечных продуктов минимальны [4].

Одобренный Международными стандартами облучения пищевых продуктов источник гамма-излучения для облучения пищевых продуктов - кобальт-60 и цезий-137 [2].

Co-60 испускает два гамма-излучения одновременно с энергиями 1,17 и 1,33 МэВ и имеет период полураспада 5,26 лет с уменьшением активности на 12,35% в год [2]. Co-60 в основном используется для стерилизации различных медицинских устройств и борьбы с патогенами в пищевых продуктах. Co-60 заключен в тонкий цилиндр из нержавеющей стали (называемый ка-

рандашом). Поскольку Со-60 в карандашах не контактирует с облученной пищей, она не становится радиоактивной. Однако Cs-137 используется редко, поскольку большие объемы источника не всегда доступны [3].

Электронный луч. Электронный пучок - это высокоэнергетический поток электронов, генерируемый ускорителем электронов, который имеет структуру, аналогичную телевизионным трубкам. Электронный луч имеет совершенно иные механизмы, чем гамма-луч. Электроны могут ускоряться до 10 МэВ, что примерно в восемь раз превышает энергетический уровень гамма-излучения [2]. Машиной для получения электронного луча можно легко управлять с помощью системы включения / выключения, поскольку она не использует никаких радиоактивных источников. Однако электронный луч обладает аналогичной эффективностью для уничтожения микроорганизмов в облученном мясе [5]. Электронный луч имеет преимущества с точки зрения простоты управления процессом, скорости облучения, точности, энергоэффективности и приемлемости для потребителей по сравнению с гамма-лучом, и применение электронного луча активно пробуются во многих развитых странах [6].

Рентген. Установку рентгеновского излучения можно рассматривать как более мощную версию аппаратов, которые можно легко найти в больницах. Рентгеновское излучение создается столкновением электронов высокой энергии с металлической (вольфрамовой) мишенью без использования каких-либо радиоактивных материалов [7].

Выбор источника облучения может определяться целью обработки (пастеризация, стерилизация, инсектицид или контроль роста), характеристиками целевого продукта (толщина и плотность целевого материала, степень загрязнения, содержание влаги, скорость порчи, плотность, упаковка или стерилизация поверхности), энергетическими характеристиками (проникающая способность, энергия эффективность или контроль источника), минимальная доза, однородность дозы, скорость обработки и экономика [3].

Способ действия. Микроорганизмы, содержащиеся в пищевых продуктах, очень чувствительны к облучению. Когда ионизирующая энергия проходит через пищу, некоторые атомы или молекулы в пище поглощают энергию и становятся реакционноспособными ионами, свободными радикалами или повреждаются [8]. Свободные радикалы обладают высокой реакционной способностью и разрушают клеточные компоненты [2]. Этот тип излучения называется ионизирующим излучением и используется для уничтожения насекомых, патогенных бактерий и паразитов в мясе.

Наиболее непосредственной мишенью энергии ионизации являются молекулы ДНК. Воздействие на бактериальные клетки облучения 0,1 кГр привело к повреждению ДНК на 2,8%, в то время как 0,14% ферментов и 0,005% аминокислот были изменены при той же дозе [9]. Потеря способности клеток к репликации вызвана повреждением ДНК. Даже небольшие изменения в ДНК бактериальной клетки могут привести к гибели бактерий.

В зависимости от дозы облучения пища, может быть, либо пастеризована для уменьшения или устранения патогенных микроорганизмов, либо

стерилизована, за исключением некоторых вирусов [10]. Менее 10 кГр облучения может убить насекомых и личинок, а также уничтожить патогенные бактерии и паразитов. Очень низкие дозы (до 1 кГр) радиации могут убить по меньшей мере 99,9% сальмонелл у домашней птицы и еще более высокий процент *Escherichia coli* O157:H7 в groundbeef [2]. Спорообразующие бактерии можно контролировать сочетанием высокой дозы облучения и термической обработки. Облучение неэффективно для борьбы с вирусом, устойчивым к облучению [11].

Облучение мяса — это процесс, который обеспечивает ряд важных преимуществ как для потребителей, так и для промышленности. Это повышает безопасность свежего мяса за счет уменьшения или устранения патогенов пищевого происхождения и продлевает срок годности продуктов [12, 13]. Потребители и регулирующие органы все больше осознают опасность патогенных микроорганизмов для здоровья человека, и это привело к большей готовности рассматривать возможность облучения мяса.

Список использованной литературы

1. Satin, M. (1892) *Food Irradiation: A Guidebook*, Technomic Publishing Co. Inc., Lancaster, Basel, pp. 3-26.
2. Olson, D.G. (1998) Irradiation of food. *Food Technology*, 52, 56–62.
3. Cleland, M.R. (2006) Advances in gamma ray, electron beam, and X-ray technologies for food irradiation, in *Food Irradiation Research and Technology* (eds C.H. Sommers and X. Fan), Blackwell Publishing, Ames, IA, pp. 11-36.
4. Loaharanu, P., Kava, R., and Choi, E.H. 2007. *Irradiated Foods*. 6th Ed., American Council on Science and Health, <http://www.acsh.org>
5. Kwon, J.H. (2010). *Safety and understanding of irradiated food*. S. Y. Yoo and K. W. Lee Korea Food Safety Research Institute. Seoul, Korea.
6. WHO (1988) *Food Irradiation: a technique for preservation and improving the safety of food*. World Health Organization, Geneva, pp. 24–43.
7. Brynjolfsson, A. (1989) Future radiation sources and identification of irradiated foods. *Food Technology*, 43, 84–89.
8. Woods, R.J. and Pikaev, A.K. (1994) Selected topics in radiation chemistry, in *Applied Radiation Chemistry: Radiation Processing* (eds R.J. Woods and A.K. Pikaev), John Wiley & Sons, Inc., NY, pp. 165-210.
9. Diehl, J.F. (1995) Safety of irradiated foods, in *Revised and Expanded*, 2nd edn, Marcel Dekker, Inc., NY.
10. Crawford, L.M. and Ruff, E.H. (1996) A review of the safety of cold pasteurization through irradiation. *Food Control*, 7, 87–97.

11. Dickson, J.S. (2001) Radiation inactivation of microorganisms, in *Food Irradiation: Principles and Applications* (ed. R.A. Molins), Wiley-Interscience, NY, pp. 23-35.

12. Thayer, D.W. (1994) Wholesomeness of irradiated foods. *Food Technology*, 48, 132–135.

13. Murano, P.S. (1995) Quality of irradiated foods, in *Food Irradiation: A Source Book* (ed. E.A. Murano), Iowa State University Press, Ames, IA, pp. 89-126.