

ОБЛЪЧВАНЕ НА ХРАНИ

ДОБРА ПРОИЗВОДСТВЕНА ПРАКТИКА

СТАНДАРТИ

ЗАКОНОДАТЕЛСТВО



Министерство на
здравеопазването



Тази брошура е изготвена
в рамките на туининг проект
BG 2004/IB/ЕС/01 "Химикали и храни"



Национален център
по радиобиология и
радиационна защита

Автори:

Милена Иванова
Анастасия Терзиева
Цветелин Църнчев
Ангелина Тодорова

Издател:

Национален център по радиобиология и радиационна защита
1756, София, бул. „Климент Охридски“ № 132
тел.: 02/862 603, 02/862 606, 02/862 607, 02/862 608, факс: 02/862 10 59
www.ncrrp.org, e-mail: ncrrp@ncrrp.org



ПРЕДГОВОР

Продължителните проучвания на световните организации за храни и хранене показват, че над 25% от всички хранителни продукти в света се губят в резултат на бактериалното им разваляне, дейността на насекоми, гризачи, развитие на плесени и прорастване на кореноплодните. Заболяванията, предизвикани от недоброкачествени храни, представляват голяма заплаха за здравето на хората. Голяма част от тези проблеми могат да бъдат решени с прилагането на радиационни технологии за обработка на храни.

Обработването на храните с йонизиращи лъчения има редица предимства пред традиционните методи /топлинни, химически/ - извършва се в крайната опаковка и няма възможност за вторично замърсяване, не е токсично, лесно е за технологично приложение, има ниска енергоемкост и не замърсява околната среда.

Безопасността и запазването на качествата на облъчените храни са обект на дългогодишни изследвания и на базата на техните резултати Международната консултативна група по облъчени храни / ICGFI/ на Международната здравна организация / WHO/, Международната агенция по атомна енергия /IAEA/, Международната организация по прехраната /FAO/ излязоха със становище, "че всяка храна облъчена с доза, необходима за постигане на технологичните цели, е едновременно безопасна за консумация и адекватна по състав на съответната необлъчена храна". Независимо от това дебатите по въпросите на радиационните технологии за обработка на храни продължават, поради което на международно ниво е постигнато съгласие, че основните подходи в тази област са:

- законово уреждане в съответните страни на разрешаването на радиационните технологии, на реда и условията за лицензиране на съоръженията, както и държавния контрол при облъчването на храни и търговията с тях;
- приемането на технологични и технически стандарти за изискванията при радиационните процеси, включително дозиметрия, опаковане, етикетиране и др.;
- стандартизиране на международен сертификат в съответствие с горните изисквания, който да придружава облъчената храна като търговски документ.

Тази брошура има за цел да запознае производителите на храни и предприятията, които облъчват храни със съвременните изисквания за прилагането на радиационната обработка на храни, които са в основата на добрата производствена практика за облъчване на храни, както и с европейското и българско законодателство в тази област.

Активност на източниците	отношението на средния брой спонтанни ядрени превръщания в радиоактивния източник за малък интервал от време и продължителността на този интервал-измерва се в бекерел, [Bq]
Гама облъчвателна уредба	устройство, съдържащо радиоизотопни източници, което се използва за облъчване на материали
Граници на дозата	минималната и/или максимална доза, погълната от хранителния продукт, предписани от законодателството като необходими за постигане на технологичната цел
Дозиметрична система	система за измерване на погълната доза, състояща се от дозиметри, измервателна апаратура, калибровъчни криви и свързаните с тях стандарти и процедури за използване на системата
Дължина на снопа	размер на зоната на облъчване едновременно перпендикулярна на ширината на снопа и посоката на разпространение на потока на електроните
Енергетичен спектър на електроните	честотата на енергийното разпределение на електроните като функция на енергията
Енергия на електроните	кинетичната енергия на електроните, измерва се в електронволти [eV]
Енергия на снопа	произведение на средната енергия на електроните и средния ток на снопа
Калибрираща апаратура	комбинация от радиационна уредба и измервателни инструменти, които осигуряват в специални местоположения и за специални материали, точна и възпроизводима стойност на погълнатата доза, проследима до националните и международни еталони. Използва се за получаване на калибрираща крива на дозиметрите
Калибрираща крива	графично и/или математическо отношение между реакцията на дозиметъра / контролиран, измерван параметър/ и погълнатата доза
Карта на погълната доза	едно-, две-, триизмерни разпределения на погълната доза в облъчвания обект, получени чрез измерване на дозата на специални места в него
Облъчвана единица	обем от облъчвания материал със специфична конфигурация за зареждане, облъчван като едно цяло
Партида облъчена продукция	серия от облъчвани единици, съдържащи един и същ продукт, облъчени последователно или едновременно до една и съща погълната доза
Погълната доза	количеството енергия, погълнато от единица маса на облъчвания продукт, измерва се в единици Грей [Gy]
Проследимост на измерването	гаранция, че измерването на погълнатата доза е съпоставимо с национален или международен еталон

Първичен еталонен дозиметър

дозиметър от най-високо метрологично качество, установен и поддържан като стандарт за погълната доза от национални и интернационални организации

Разпределение на дозата по дълбочина при облъчване с ускорени електрони

вариране на погълнатата доза по дълбочината на материала за облъчване

Реакция на дозиметъра

възпроизводим, количествено окачествен радиационен ефект в дозиметъра, еднозначно свързан с погълната доза

Референтен стандартен дозиметър

дозиметър от високо метрологично качество, използван като стандарт, осигуряващ проследими и съответстващи измервания с тези, направени от първичен еталонен дозиметър

Рутинен дозиметър

дозиметър, използван при рутинни измервания, калибриран по първичен, референтен или трансферен дозиметър

Среден ток на електронния сноп

усреднен по времето ток на електронния сноп.
За импулсен ускорител усредняването се извършва по цял брой или голям брой импулси

Технологичен дозиметър

средство за измерване на погълната доза с определен състав, което под въздействие на йонизиращи лъчения променя физико-химичните си показатели и те могат еднозначно да се сравнят с погълнатата доза

Трансферен дозиметър

референтен дозиметър, подходящ за транспортиране между различни местоположения при сравняване на измерванията на погълната доза.

Уредба с електронен ускорител

машина предназначена за радиационна обработка на материали, съдържа устройство за повишаване на кинетичната енергия на електроните, както и система за разпределение на електронния сноп върху целевата повърхност

Фантомен материал /фантом/

материал, близък по плътност и други характеристики на облъчвания материал, който се използва като заместител на основния продукт

Ширина на снопа

размера на зоната на облъчване едновременно перпендикулярна на посоката на движение на конвейра и посоката на разпространение на потока на електроните. Определя се за фиксирано разстояние между изходния прозорец на ускорителя и повърхността на мишената. За постигане на адекватна ширина на снопа се използват различни технически решения – електромагнитни лещи, разфокусиращи елементи и разсейващи фолии

ОСНОВНИ ИЗИСКВАНИЯ КЪМ РАДИАЦИОННИТЕ СЪОРЪЖЕНИЯ, ОБЛЪЧВАЩИ ХРАНИ

В общия си вид радиационните съоръжения се състоят от облъчвател, складове за облъчена и необлъчена продукция / при стайна температура, охладени и замразени / , помещения за персонала и службите на предприятието.

За радиационната обработка на храни е позволено да се използват:

- гама-лъчения от радиоизотопи кобалт-60 и цезий-137;
- рентгеново лъчение, генерирано от ускорители на електрони с енергия на електроните по-малка от 5 MeV;
- ускорени електрони с енергия на електроните до 10 MeV.

Облъчвателите, използвани за обработка на храни, са радиоизотопни гама-уредби и ускорители на електрони. Гама-уредбите са различни типове в зависимост от радиационната защита /местна или обща/, вида на облъчвателя/точков, пано, цилиндър и др./, хранилището на източниците /сухо, водно/, системите за придвижването на продукцията в зоната на облъчване /дискретно, непрекъснато/. Активността на радиоизотопните източници варира от 10 kCi до няколко стотин MCi. Използваните ускорители са също различни типове, при тях варира както енергията на електроните, така и плътността на потока електрони и мощността на снопа. Могат да бъдат с непрекъснато действие и импулсни. Дизайнът им зависи най-вече от фирмите-производители и използваните технически решения за ускоряване на електроните и спомагателните системи / вакуумна, газова, генератори за високо напрежение, системи за сканиране на снопа /. Генераторите за рентгеново лъчение са ускорители, снабдени с мишена от материал с висок атомен номер-стомана, волфрам и др. Облъчвайки мишената с ускорени електрони се получава спирано рентгеново лъчение с непрекъснат енергетичен спектър, чийто максимум зависи, както от енергията на електроните, така и от материала на мишената.

Изборът на облъчвател се определя от следните фактори:

- начин на придвижване на продукцията;
- граници на дозата за обработка на хранителните продукти;
- производителност;
- надеждност;
- системи за безопасност;
- капиталови и експлоатационни разходи.

В зависимост от сферата на използване облъчвателите могат да са специализирани или многоцелеви. Специализираните са предназначени за облъчване на краен брой продукти и са обикновено крайно звено в производствения процес. Многоцелевите облъчватели се използват за облъчване на различни продукти по заявка на външни клиенти.

За да се постигне контрол на облъчваните храни, трябва да се осигури план и начин на работа, осигуряващи надеждното разделяне на облъчената от необлъчената продукция. Това може да се постигне чрез контролирано еднопосочно движение на продуктите в рамките на облъчвателното съоръжение и най-вече чрез разделяне на складовите площи за облъчени и необлъчени храни.

Облъчвателните съоръжения за радиационна обработка на храни трябва да отговарят на изискванията за добра хигиенна практика.

Персоналът, обслужващ радиационните уредби, трябва да е с подходящ образователен ценз, обучен и компетентен. Освен специализираните обучения за работа с облъчвателното съоръжение, провеждани от доставчика на съоръжението; обученията за правоспособност за работа с източници на йонизиращи лъчения, провеждани от лицензирани организации, е необходимо персоналът да премине обучение от международни или национални компетентни органи за радиационна обработка на храни и методи, средства и процедури на технологичния дозиметричен контрол.

ИЗИСКВАНИЯ КЪМ ХРАНИТЕ, ОБЛАЧВАНИ С ЙОНИЗИРАЩИ ЛЪЧЕНИЯ

Основен принцип на радиационните технологии за обработването на храни е, че те не заменят добрата селскостопанска, производствена и хигиенна практика. Облъчването е обосновано ако изпълнява някакво технологично изискване и/или е в полза на потребителя

Храните, подлагани на облъчване, трябва да са годни за консумация и да съответстват на хигиенните норми, хранителните стандарти и норми за транспорт.

Поръчителят на радиационната обработка на хранителните продукти трябва да гарантира качествата им преди облъчването. Той трябва да декларира също, че храната не е обработвана преди това с йонизиращо лъчение и химически препарати със същата цел.

Опаковките на храните, които се облъчват трябва да са подходящи за целта, т. е. да са устойчиви на въздействието на лъчението. Препоръчителните материали са полиетилен, полипропилен, хартия и др. Удачно е предварително опаковките да са изпитани на въздействието на съответното лъчение.

Всяко облъчвателно съоръжение трябва да разработи система от входяща документация, която да дава информация и гаранции за микробиалния, хранителния и хигиенен статус на храната, получена за облъчване.

РАДИАЦИОННИ ТЕХНОЛОГИИ ЗА ОБРАБОТКА НА ХРАНИ И ИЗИСКВАНИЯТА КЪМ ТЯХ

Облъчването на храни постига следните технологични цели и се прилага в следните случаи:

- Удължаване срока на съхранение - облъчването инактивира гнилостните микроорганизми и позволява да се удължи времето за съхранение на продуктите, като запазва в по-висока степен от процеса на консервиране естествените текстура, цвят и мирис на храните. Процесът на радиационна обработка не изисква добавяне на течност, съхраняват се естествените сокове на храните, облъчването става в крайна за потребителя опаковка в прясно или замразено състояние.
- Стерилизация - радиационно обработени храни може да се съхраняват с години без използване на хладилна техника (както е в случая и с високо температурната стерилизация на храните.). По този начин се приготвят храни за специални медицински цели, за военни и космически нужди.
- Забавяне на зреенето на плодове и зеленчуци и прорастването на кореноплодни – облъчването удължава срока на съхранение и намалява загубите

- Дезинсекция - радиационната обработка на храни е алтернатива на химическата дезинсекция и фумигация на зърно, сухи продукти, билки подправки, ориз, боб и леща. При нея липсва замърсяване на храните с чужди химически вещества.
- Контрол на болестотворни микроорганизми - облъчването предотвратява възникването на опасни болести, причинени от бактерии, паразити и различни микроорганизми. Такива са често срещаните като микробно замърсяване в различни по вид сурови меса и опасни за човека **E.coli**, **Shigella**, **Campylobacter**, **Salmonella**, **Trichinella**, **Lysteria**, **Cyclospora**.

Безопасността на облъчените храни е обект на научни изследвания през повече от пет десетилетия в целия свят и резултатите са обсъждани и обобщени от експертите на Световната здравна организация, Международната организация по прехрана и Международната агенция по атомна енергия. Не са установени никакви специфични и неизвестни вредни продукти, които да възникват само в резултат на облъчването, както и специфични радиолизни продукти, в концентрации, които биха навредили на здравето на хората. Друг основен извод е, че облъчването не представлява повишен микробиологичен риск за човешкото здраве и не повишава жизнеспособността на патогенните микроорганизми.

Въпреки тези изводи продължават дискусиите относно канцерогенността на свободните радикали и токсикологичните отнасяния на един от радиолизните продукти на мазнините – алкил циклобутаноните. Прилагането на съвременни методи за оценка на токсикологичните рискове се очаква да даде адекватен отговор и на тези въпроси.

На облъчване се подлагат около 60 вида храни. В табл. 1 са обобщени данните за различните видове храни, целта на облъчване, дозата, която се прилага и страните, в които се обработват храни с йонизиращи лъчения.

ОБЛЪЧВАНЕ НА ХРАНИ С ОПРЕДЕЛЕНА ТЕХНОЛОГИЧНА ЦЕЛ, И ПРИЛАГАНИ ДОЗИ В РАЗЛИЧНИ СТРАНИ В СВЕТА

Табл. 1

ВИД ХРАНА	ЦЕЛ НА ОБЛЪЧВАНЕТО	Доза /kGy/	СТРАНИ, в които се прилагат радиационни процеси за обработка на храни
Картофи, лук, чесън	Против прорастване	0,05 - 0,15	Аржентина, Бразилия, Велико-британия, Индонезия, Индия, Италия, Израел, Испания, Канада, Китай, Полша, САЩ, Сирия, Унгария, Франция, Хърватска, ЮАР, Япония
Зърнени храни, варива, брашна, макаронени изделия	Дезинсекция, Контрол на развитието на плесени	0,2 – 0,5	Бразилия, Великобритания, Израел, Индонезия, Италия, Канада, Китай, Русия, САЩ, Унгария, Франция, ЮАР, Хърватска, Япония
Пресни плодове и зеленчуци, тропически плодове и зеленчуци	Удължаване срока на годност, карантинна обработка	1,0	Аржентина, Бразилия, Белгия, Италия, Израел, Китай, Полша, САЩ, Унгария, Хърватска, ЮАР, Япония

ВИД ХРАНА	ЦЕЛ НА ОБЛЪЧВАНЕТО	Доза /kGy/	СТРАНИ, в които се прилагат радиационни процеси за обработка на храни
Бобови храни, ориз	Дезинсекция	0,2-0,5	Бразилия, Великобритания, Италия, Китай, ЮАР, Япония
Сухи и дехидрати-рани билки, подправки, чайове	Дезинсекция, деконтаминация	10,0	Бразилия, Белгия, Дания, Индонезия, Италия, Израел, Китай, Индия, Полша, Канада, САЩ, Унгария, Финландия, Франция, Хърватска, ЮАР, Япония
Сухи и дехидрати-рани зеленчукови продукти	Дезинсекция Деконтаминация	10,0	Белгия, Великобритания, Израел, Италия, Канада, Китай, Полша, САЩ, Франция, Хърватска, ЮАР
Сухи продукти от животински произход (яйчен прах, сухо мляко)	Деконтаминация	До 7,5	Китай, Франция, Хърватска, ЮАР
Сухи и де-хидратирана-ни ензимни препарати, и подобри-тели	Деконтаминация	10,0	Великобритания, САЩ, Хърватска
Пилешки продукти (пресни, охладени и замразени)	Удължаване срока на годност Дезинсекция Деконтаминация	3,0	Бразилия, Великобритания, Израел, Италия, Китай, САЩ, Франция, ЮАР, Нидерландия, Хърватска
Риба и рибни продукти	Дезинсекция Деконтаминация	5,0	Бразилия, Италия, Китай, Хърватска, ЮАР, Япония
Свинско месо, колбаси (пресни, сухи, замразени)	Деконтаминация	0,3-1,0	Италия, Китай, САЩ, Хърватска, ЮАР, Япония
Морски продукти	Дезинсекция Деконтаминация	7,0	Белгия, Великобритания, Италия, Китай, Франция, Хърватска,

Изискванията към радиационните технологии са обект на редици международни документи. Основни са стандартите на Codex Alimentarius:

- Общ стандарт за облъчени храни / Codex STAN 106-1983q Rev.1-2003;
- Международно препоръчително ръководство за радиационна обработка на храни CAC/RCP 19-1979, Rev.1-2003;

За съществуването си от 1983 до 2004 г. Международната консултативна група по облъчени храни / ICGFI / под егидата на IAEA, WHO, FAO издава набор от методически ръководства и сборници, свързани с

обработката на храни с йонизиращи лъчения, в т. ч. : за зърнени храни за дезинсекция, за пакетирано месо, за контрол на болестотворни и др. микрофлора в подправки, билки и зеленчукови добавки; удължаване срока на съхранение на банани, манго и папая; облъчване на пресни плодове с цел карантинна обработка, дезинсекция и дезинфекция; облъчване на кореноплодни и луковични храни против прорастване; сушена, осолена и сурова риба за дезинфекция и дезинсекция; жабешки бутчета, стриди и риба за контрол на микрофлората.

Организацията ASTM в САЩ също издава няколко стандарта за облъчване на храни: за облъчване на свежи плодове / F 1355 /; за пресни и замразени червени и птичи меса, при контрол на болестотворни и др. микроорганизми / F 1356 /; риба и морски дарове за контрол на болестотворни и гнилоствни микроорганизми / F 1736 /.

Основни принципи, които е необходимо да се спазват и да се контролира прилагането им в облъчващите предприятия са:

- ясно да се декларират технологичните причини за облъчване
- приблизително да се оцени интервала от дози, необходими за постигане на технологичната цел, на базата на знанията и опита за съответния продукт
- да демонстрират чрез облъчването на експериментални образци, че дозовият интервал е постижим при съответните производствени условия
- да установи параметрите на процеса, съобразно практическите технологични условия.

Погълнатата доза е основна величина, която определя процеса при радиационна обработка. Тя се влияе от различни параметри като: вид на източника, мощност и геометрия; скорост на конвейера или време на престой; плътност на хранителните продукти и начин на зареждане; размер и форма на контейнерите. Трябва да се вземат предвид всички фактори, влияещи на разпределението на дозата, за да се осигури постигането на технологичната цел в цялата партида.

Приложението на радиационната обработка се определя от минималната доза, погълната в определения продукт при съответното дозово разпределение. Ако не се приложи необходимата минимална доза, може да не бъде постигната желаната технологичен ефект (например подтискане на покълването, намаляване броя на болестотворните микроорганизми). При прилагане на по-висока доза може да се понижи качеството на храната (например намаляване на вкусовите качества или поява на неприятна миризма). За предотвратяване на тези нежелани процеси Codex Alimentarius дефинира понятията минимална и максимална погълната доза при радиационна обработка. " За облъчване на коя да е храна, минималната погълната доза трябва да е достатъчна за постигане на технологичната цел, а максималната погълната доза трябва да бъде по-малка от тази, която би подложила на риск безопасността на потребителя, пълноценността на храната или би оказала отрицателно влияние върху структурата, потребителските и/или сетивните и свойства. Максималната погълната доза в храната не трябва да надхвърля 10 kG, освен в случаите, когато е необходима за постигане на общоприета технологична цел."

Основно изискване към правилното провеждане на процеса е храните да не се облъчват повторно. Изключение се прави за храни с ниско съдържание на влага (зърнени, варива, дехидратирани храни и др.), облъчени с цел дезинсекция.

При неколkokратно облъчване сумарната максимална доза не трябва да надвишава 10 kGy, освен в случаите, когато е необходима за постигане на специфична технологична цел и не трябва да застрашава безопасността на потребителя или да влияе върху пълноценността на храната.

Облъчените и необлъчените продукти не е възможно да се различат визуално. Заради това са необходими подходящи мерки като физическа бариера за разделяне на облъчени и необлъчени продукти. Ако е възможно като допълнително средство за разделяне се прикрепя цветен индикатор за всеки контейнер с продукция.

Както и при другите физически методи за обработка на храни, документите са важни средства за контрол на обработването с йонизиращи лъчения. Доказателствата за коректността на облъчването, включително спазването на законови или дозови граници, зависи от поддържането на точна и пълна документация от облъчващото предприятие. Документацията на предприятието трябва да свързва информация от няколко източника с облъчените хранителни продукти. Тя трябва да позволява проверката на радиационната обработка да бъде възможна и надеждно съхранена.

Операторите на облъчватели трябва да поддържат достатъчно документи, показващи, че храните са обработени: идентификационните знаци по опаковките (или когато са в насипно състояние – транспортните документи); обем и плътност на храните; резултати от дозиметричните измервания, включително вида на използваните дозиметри, калибровка, дата на облъчване; вид на източника на йонизиращо лъчение. Цялата документация трябва да е достъпна за упълномощените лица и да се пази за периода, определен от органите за контрол на храните.

В ЕС се поддържа база данни, както за лицензираните в страните членки облъчватели за обработка на храни, така и за видовете и количествата облъчени храни. В табл. 2 са дадени лицензираните облъчватели и радиационно обработените храни в ЕС през 2005 г.

ЛИЦЕНЗИРАНИ ОБЛЪЧВАТЕЛИ В ЕС И РАДИАЦИОННО ОБРАБОТЕНИ ХРАНИ ЗА 2005 г.

Табл. 2

Държава	Одобрени съоръжения	Видове облъчени храни	Общо количество /в тонове/	Забележка
Белгия	IBA Mediris S.A.	скарриди, жабешки бутчета, билки, подправки и зеленчукови смеси, замръзени зеленчуци, яйца, домашни птици, дивеч, месо, риба, сушени плодове, скорбяла, плазма, готови ястия, гума арабика и др.	7,279	
Чешка Република	Artim spol.s.r.o.	билки, подправки и зеленчукови смеси, замръзени зеленчуци	85,3	
Германия	1. Gamma Service roduktbestrahlung GmbH, Radeberg	сушени зеленчуци, билки, подправки, семе от гуарана	220	101,5 т са изнесени за трети страни
	2. Beta-Gamma Service GmbH&Co.KG, Wiehl	копър, целина, червен пипер, сушени зеленчуци	34,29	Всички са изнесени в трети страни
	3. Isotron Deutschland GmbH, Allershausen	билки и подправки не са обработвали	217,47	Всички са изнесени в трети страни
	4. Gamma-Service GmbH&Co KG, Bruchsal			

Държава	Одобрени съоръжения	Видове облъчени храни	Общо количество /в тонове/	Забележка
Испания	Има две одобрени съоръжения			Тази държава не е предоставила информация
Франция	Има шест одобрени съоръжения	билки, подправки и зеленчукови смеси, гума арабика, казеин, домашни птици, скариди, жабешки бутчета	3 111	
Унгария	Agro Shtern	подправки, сушени зеленчуци, плодове и билки	110,8	
Италия	Има едно одобрено съоръжение			Тази държава не е предоставила информация
Нидерландия	Има две одобрени съоръжения	подправки, билки, изсушени зеленчуци, замразено месо от домашни птици, охладени и замразени скариди, жабешки части, охладен белтък, проби от храни	3 299,2	698,4 т са предназначени за трети пари
Полша	1. Институт по ядрена химия и технологии- Варшава	подправки, сушени зеленчуци, сушени гъби	663,6	
	2. Институт по приложна радиационна химия- Технически Университет в Лодз	билки	23,4	
Великобритания	Има едно одобрено съоръжение			2005 г. не е обработвало храни

ПРОЦЕДУРИ И ИЗСКВАНИЯ ПРИ РАДИАЦИОННАТА ОБРАБОТКА НА ХРАНИ

За гарантиране качеството на облъчване, в това число постигане на необходимата технологична цел при запазване потребителските качества, както и за постигане на добра икономическа ефективност, се изисква спазването на редица процедури, определящи добрата производствена практика на облъчване.

При пускането в действие на облъчвателната уредба се изследват параметрите и, с което се цели да се докаже, че облъчвателят и свързаните с него системи и измервателни уреди са били доставени и монтирани в съответствие с техните спецификации. На този етап се разработва и програма за тестване, работа и калибриране на уредбата, в която се въвеждат стандартните процедури в облъчвателя. Процедурите за тестване описват методиките за проверка, които доказват, че облъчвателят, свързаните с него системи и измервателни уреди функционират според спецификациите на производителя. Процедурите за работа описват операциите на облъчвателя, системите и измервателните уреди при рутинна дейност. Процедурите за калибриране описват методите за калибриране и верификация на системите и измервателните уреди, с което се гарантира, че те продължават да работят според спецификациите. За някои уреди калибрирането трябва да е проследимо до национални или международни стандарти. По програмата се извършват всички процедури, с което се доказва, че уредбата работи и напълно съответства на спецификациите.

Следващ етап е изследване на разпределението на дозата в уредбата, при което е необходимо да се установят основните влияещи параметри, да се изчисли ефективността на съоръжението, прогнозирането и възпроизводимостта на всеки параметър. Погълнатата доза, получена от облъчвания продукт, зависи както от параметрите на облъчвателя, така и методите на облъчване /параметри на облъчването/.

Примери за параметрите на гама-уредбата са активност на източника, геометрия на източника, разстоянията от източника до продукта, геометрия на облъчвателя /едностранно, двустранно облъчване, смяна на позициите/ и етапи на облъчване. За уредби с ускорители на електрони това са основните параметри на ускорителя - енергия на електроните, плътност на потока на енергия, среден ток на снопа, размери на сканирания сноп, разпределение на потока по ширината и дължината на сканиране; честота на импулсите, тока в импулс /за импулсни ускорители/, както и геометрия на облъчвателя /едностранно, двустранно облъчване/ и етапи на облъчване. Примери за параметри на облъчвателния процес са времето за облъчване, скоростта на транспортната система, състава и плътността на продукта, конфигурацията на продукта.

На този етап се съставя карта на погълната доза в хомогенни материали, т. е. материали с еднаква плътност /напр. пшеница или мукава/, при което:

- се установява зависимостта между погълната доза, параметрите на облъчвателя и на облъчвателния процес;
- се характеризират вариациите на погълнатата доза, когато параметрите на процеса се изменят по време на нормална експлоатация;
- се измерва разпределението на дозата.

Картата се съставя чрез триизмерно поставяне на дозиметри в партида, която трябва да бъде максималното количество, заредена за облъчване продукция. Особено внимание трябва да се обърне на точките, в които се получава максимална и минимална доза и в тях да се поставят по-голям брой дозиметри.

Кarti на погълната доза трябва да се съставят за всеки различен параметър на облъчвателя, който ще се използва за рутинно облъчване.

Валидирането на процеса на облъчване за конкретен продукт включва определяне на подходящите параметри на облъчване /време, скорост на транспортната система, конфигурация за зареждане на продукта/, за да се гарантира, че изискванията за облъчване на продукта са спазени.

На този етап се определя конфигурацията на зареждане на продукта в зависимост от размерите на опаковките, масата и плътността му. В конкретния продукт и за определената конфигурация се съставя карта на погълната доза. По нея се определят местоположенията на минималната и максималната доза, които след това се използват за рутинен контрол на процеса. Ако тези местоположения са недостъпни се определят позиции на референтната доза, която се използва за контрол. При нехомогенни продукти и такива, съдържащи празни просторства, трябва да се обърне внимание на стойностите на дозата на границата на различните по състав и плътност материали. Карта на погълната доза трябва да се направи на няколко облъчвани единици за отчитане вариациите в състава на продуктите, зареждането и параметрите на облъчването. На базата на тези карти се определят времето на облъчване и скоростта на транспортната система, което гарантира, че зададените стойности на дозата са достигнати.

При установено неприемливо съотношение на минималната и максимална доза трябва да се вземат подходящи мерки за подобряване на хомогенността на облъчване. Някои от методите за постигане на това са преподреждане на източниците, използване на фантомен или компенсаторен пакет, облъчване от четири страни, завъртане на облъчвателната единица по време на облъчване, увеличаване на разстоянието между източника и продукта.

При облъчването на охладени или замразени продукти картата на погълнатата доза може да се състави при стайна температура в симулативен продукт, като се има предвид, че при рутинно облъчване няма да се променят параметрите на облъчване освен температурата. Може да се извърши и при температурата, при която охладената или замразена храна ще се облъчи, използвайки дозиметрична система, измерваща при тези температури.

При проточни облъчватели за облъчване на насипни материали максималната и минимална доза се определят чрез използване на подходящ брой дозиметри, смесени случайно с продукта и облъчени с него.

Рутинното облъчване на продукцията се извършва на базата на регламента, установен на предходния етап. При него се контролират основните параметри на облъчване: погълната доза, време на облъчване, параметри на ускорителя или активност на радиоизотопния източник, скорост на транспортната система, конфигурация на зареждане. При облъчване в динамичен режим крайните облъчвани единици /първи и последни/ могат да имат различни разпределения на дозата от основните. За да се предотврати това е необходимо да се използват в началото и края облъчвани единици, запълнени с фантом със същата плътност. Частично запълнени облъчвани единици също трябва да са запълнени с фантомен материал, за да се минимизират разликите в разпределението на дозата спрямо нормално запълнените.

Във всички или в избран брой облъчвани единици се правят измервания на дозата за точките с минимална и максимална доза или в избраните референтни точки. С тези измервания се гарантира, че продуктът получава необходимото количество енергия за осъществяване на радиационния процес. При проточни облъчватели се слагат дозиметри в началото, средата и края на потока.

При рутинна дейност е удачно да се използват индикатори на дозата, които променят цвета си под въздействие на лъчението. Те служат за разделяне на облъчената от необлъчена продукцията, но не могат да заменят дозиметрията.

Всички етапи на облъчването трябва да бъдат строго документирани. Всяко облъчвателно съоръжение трябва да поддържа архив, в който са отразени:

- резултатите от измерванията при пускане в действие на уредбата и периодичните тествания;
- параметрите на всеки технологичен процес;
- калибрирането на дозиметричната система и другите измервателни уреди.

Всяка облъчена партида трябва да получи идентификационен номер, чрез който да се проследи движението ѝ в облъчвателното съоръжение.

Всяко съоръжение трябва да издава сертификат за облъчените в него хранителни продукти, в който задължително се записват:

- идентификационния номер на партидата;
- дата /периода/ за облъчване;
- количеството на партидата;
- целта за облъчване;
- границите на измерената доза при рутинната обработка;
- условията на околната среда.

ДОЗИМЕТРИЯ

Основен параметър, регламентиращ облъчването на храни, е погълнатата доза. Точното и възпроизводимо измерване на погълнатата доза осигурява както качеството на радиационната обработка, така и ефективното използване на лъчението в уредбата.

За целите на дозиметрията в радиационните технологии се използват технологични дозиметрични системи (системи за измерване на високи дози). Дозиметричните системи се състоят от дозиметри за високи дози (технологични дозиметри), измервателна апаратура и съответните стандарти и методика за използване. В света се използват над 20 вида дозиметрични системи. Основните класове дозиметрични системи според точността на измерването и сферите на приложение са: първичен стандартен еталон, референтни, трансферни и рутинни дозиметрични системи. Стандартизираните дозиметрични системи, използвани в радиационните технологии са дадени в табл.

СТАНДАРТИЗИРАНИ ДОЗИМЕТРИЧНИ СИСТЕМИ

Табл. 3

Наименование	Стандарт	Интервал (kGy)	Мощност на дозата	Измервателна апаратура	Приложение
Калориметрична система	ISO/ASTM 51631	$10^2 - 10^5$	над 10	Волт или амперметър	Първичен еталон
Аланинова дозиметрична EPR система	ISO/ASTM 51607	$1 - 10^5$	под 10^8	EPR спектрофотометър	Трансферна рутинна за всички процеси
Целулозно ацетатна система	ISO/ASTM 51650	$5 \cdot 10^3 - 10^6$	$3 \cdot 10^{-2} - 3 \cdot 10^7$	UV спектрофотометър	Дезинсекция

Наименование	Стандарт	Интервал (kGy)	Мощност на дозата	Измервателна апаратура	Приложение
Церий-цериево сулфатна система	ISO/ASTM 51205	$10^3 - 10^5$	под 10^6	UV спектрофотометър ел.химпотенциом	Дезинсекция,
Калиево-сребърна бихроматна система	ISO/ASTM 51401	$2 \cdot 10^3 - 5 \cdot 10^4$	Под $7,5 \cdot 10^3$		Дезинсекция
Полиметил-метакрилатна система	ISO/ASTM 51276	$10^2 - 10^5$	$10^2 - 10^7$	UV спектрофотометър	Дезинсекция, деконта-минация, стерили-зация
Етанол хлорбензолна система	ISO/ASTM 51538	$10 - 2 \cdot 10^6$	$10^2 - 10^7$	UV спектрофотометър осцилотитратор	Деконта-минация стерили-зация
Феросулфатна система	ASTM E 1026	$20 - 4 \cdot 10^2$	под 10^6	UV спектрофотометър	Рефе-рентна
Система от радиохромни разтвори на багрила	ISO/ASTM 51540	$2 - 4 \cdot 10^4$	$10^2 - 10^{12}$	UV спектрофотометър	Дезинсекция, деконта-минация
Радиохромна филм-дозиметрична система	ISO/ASTM 51275	$10^2 - 10^{14}$	Под 10^{13}	UV спектрофотометър	Дезинсекция, деконта-минация
Радиохромна оптична вълноводна система	ISO/ASTM 51310	$10^2 - 10^{14}$	$10^3 - 10^3$	UV спектрофотометър	Дезинсекция, деконта-минация
Термолуминесцентна система	ISO/ASTM 51956	$10^4 - 10^3$	$10^2 - 10^{10}$	TL апа-рат	Дезинсекция, трансферна

Изборът на подходяща дозиметрична система зависи от много фактори, но основните критерии са :

- подходящ дозиметричен обхват
- подходящ за облъчвания продукт състав
- стабилност и повтаряемост на резултатите
- лесна за калибриране
- стабилност на реакцията преди и след облъчване
- лесна за употреба
- бързо получаване на информация
- ниска цена на дозиметрите и измервателната апаратура
- механична устойчивост
- влияние на факторите на околната среда – температура, влажност, светлина.

Преди използване дозиметричната система трябва да бъде калибрирана в съответствие с процедурите на производителя, които определят детайлите на калибровъчния процес и изискванията за качество. Калибровъчните методи са описани в **ISO/ASTM 51261**. **Калибрирането се извършва за всяка партида дозиметри и/или се повтаря периодично.** Калибрирането на референтни и трансферни дозиметри се извършва в акредитирана лаборатория или калибрираща уредба, отговаряща на **ISO/ASTM 51400**. Калибрирането на рутинните дозиметри може да се извърши или в акредитирана лаборатория или ако се облъчат съвместно с референтен или трансферен дозиметър, предоставен от акредитирана лаборатория. Калибрирането трябва да осигурява проследимост до национални или международни стандарти. Всички измервателни уреди в дозиметричната система / спектрофотометри, **TL апаратура**, ампер- и волтметри и др./ трябва да бъдат калибрирани и периодично проверявани, за да се гарантира, че уредите работят според спецификациите. Всички тези дейности трябва да са основа на програма за калибриране и проверка.

Дозиметрията на всички етапи от пускането в действие до рутинната дейност трябва да съответства на изискванията на предишната глава, както и на **ISO/ASTM 51204 за дозиметрия на гама-облъчвателни уредби и ISO/ASTM 51431 за уредби с ускорители на електрони и рентгеново лъчение.**

При измерването на дозата трябва да се определи неопределеността на измерването. Компонентите на неопределеност могат да се разделят на две основни категории:

- Тип А - тези, определени чрез статистически методи;
- Тип Б - тези, определени с други средства.

За оценка на неопределеността на измерването на дозата може да се използва **ISO/ASTM 5**

ЗАКОНОДАТЕЛСТВО В ОБЛАСТТА НА ОБЛЪЧВАНЕТО НА ХРАНИ

За гарантиране на качеството на облъчване и интересите на потребителите в редица документи на комисията Codex Alimentarius, WHO, IAEA, FAO и ICGFI се определят основните принципи на лицензирането и контролът на облъчването на храни. През 1999г. Европейският парламент и Европейският съвет издават две директиви относно радиационната обработка на храни и търговията с тях.

Директива 1999/2/ЕС на Европейския парламент и Европейския съвет от 22.02.1999г. за апроксимирането на законите на страните членки по отношение на храните и хранителните добавки, обработени с йонизиращи лъчения. В тази Директива са описани правилата за производство, внос и търговия с облъчени храни в рамките на Европейския съюз, случаите на възможните изключения, както и реда за внасяне на промени в нея.

Директива 1999/3/ЕС на Европейския парламент и Европейския съвет от 22.02.1999г. за създаването на общ списък на храните и хранителните добавки обработени с йонизиращи лъчения. Към момента списъка съдържа "сухи ароматни билки, подправки и зеленчукови смеси. Въпреки, че съгласно Директива 1999/2/ЕС този списък трябваше да се допълни до края на 2000 година, към момента други хранителни продукти не са разрешени за радиационна обработка.

Във връзка с присъединяването на България към ЕС законодателството в областта на облъчените храни бе хармонизирано в съответствие с Директивите на ЕС. В Закона за храните са уточнени целите, за които може да се използва облъчването, както е постановено, че облъчването на храни се извършва само от регистрирани съоръжения. В закона е описан реда и условията за регистрация на облъчвателите и за издаване на разрешения за облъчване на храни. В Наредба № 6 "За видовете храни, които могат да се обработват с йонизиращи лъчения и условията и реда за обработването им" са определени видовете храни, които могат да се обработват с йонизиращи лъчения. Приет е на този етап позитивния списък на ЕС - "сухи билки, подправки и растителни подправки", които могат да се обработват до максимална средна погълната доза от 10 kGy. В Наредбата са описани изискванията към съоръженията, технологичните процеси и процедурите за дозиметри. Търговията с облъчени храни е разрешена само ако на етикета е отбелязано, че са били подложени на радиационна обработка, т. е. задължително да има надпис "Обработено с йонизиращо лъчение" или "облъчено". Вносът на облъчени храни е позволен само за храни от позитивния списък и при условие че са обработени на лицензирани от ЕС уредби.

Компетентният орган в България за регистриране на радиационни съоръжения за облъчване на храни и за издаване на разрешения за облъчване на конкретни храни е Министерство на здравеопазването. Контролът на съоръженията в цялата страна се извършва от Национален център по радиобиология и радиационна защита, чрез лаборатория "Контрол на облъчени храни". Инспекцията на съоръженията се извършва ежегодно, съгласно "Инструкция за инспекция на облъчвателни съоръжения", разработена на базата на "Указания за компетентните органи за проверките на облъчващите предприятия, съгласно Директива 1999/2/ЕС / SANCO/10537/2002- rev 1/. **Контролът на търговията се извършва от РИОКОЗ и РВМС**, чрез вземане на проби от групи храни, които има вероятност да са облъчени. Идентификацията на облъчените храни се извършва чрез лабораторни изследвания, използващи стандартизирани методи на ЕС. През 2007 г. в НЦРРЗ по програма ФАР е оборудвана лаборатория за идентификация на облъчени храни, в която ще се изследват всички видове храни за установяване на облъчване.

- ✓ В България храни се облъчват само на регистрирани от Министерство на здравеопазването радиационни съоразения съгласно Закона за храните
- ✓ Разрешения за облъчване на храни се издават от Министерство на здравеопазването по реда описан в Закона за храните
- ✓ Разрешени за облъчване храни в България са сухи ароматни билки и подправки и сухи подправки
- ✓ На всеки облъчен продукт трябва да е изписано "облъчено" или "обработено с йонизиращи лъчения"
- ✓ Контролът на облъчвателните съоразения се осъществява от лаборатория Контрол на облъчени храни на Национален център по радиобиология и радиационна защита

Лаборатория "Контрол на облъчването на храни" към Национален център по радиобиология и радиационна защита е органът, осъществяващ официалния контрол в Република България. Специалистите от лабораторията са достатъчно компетентни да отговорят на всички поставени въпроси.