

Obsevanje živil – doprinos k večji varnosti živil ali razlog za preplah

Food irradiation – a contribution to safer food or grounds for alarm

Mojca **JEVŠNIK**^{1*}, Mojca **REPIČ**², Darinka **Z. DOGANOC**³

POVZETEK:

Novejša metoda v tehnologiji ohranjanja živil je ionizirno sevanje, ki ima kar nekaj prednosti v primerjavi z običajnimi metodami. Z obsevanjem namreč lahko obdelamo že zapakirana živila in s tem znižamo verjetnost okužbe. Še več, živila ostanejo sveža in imajo daljši rok trajanja, brez vidnega nazadovanja v kvaliteti. Obsevanje živil ne pusti nobenih ostankov, spremembe hranilne vrednosti so primerljive s tistimi, ki nastanejo tudi pri drugih metodah. Obsevanje je metoda, s katero se živilom dovaja energija z namenom uničenja vseh mikroorganizmov in drugih škodljivcev oziroma služi za podaljšanje roka uporabnosti živil. Za obsevanje se uporabljajo gama žarki, snopi elektronov in rentgenski žarki. Kljub temu, da je metoda v svetu že uveljavljena, pri potrošnikih prihaja do zadržkov. Zavračanje živil, obdelanih s postopkom obsevanja, izhaja iz nerazumevanja in neznanja.

KLJUČNE BESEDE:

Obsevanje živil, varnost živil, zakonodaja

ABSTRACT:

A recent addition to food preservation technologies is the use of ionizing radiation, which has some distinct advantages over conventional methods. With irradiation, foods can be treated after packaging, thus eliminating post-processing contamination. In addition, foods are preserved in a fresh state and can be kept longer without noticeable loss of quality. Food irradiation leaves no residues, and the changes in the nutritional value due to irradiation are comparable with those produced by other processes. Irradiation is the process of applying high energy to a material, such as food, to sterilize or extend its value by killing microorganisms, insects and other pests residing in it. Sources of ionizing radiation that have been used include gamma rays, electron beams and X-rays. Despite the fact that the method is widely known, consumers refuse to accept it. Rejection of foodstuff treated with irradiation derives from lack of understanding and lack of knowledge as well.

KEY WORDS:

Food irradiation, Food safety, Legislation

¹ Mojca Jevšnik
Univerza v Ljubljani,
Visoka šola za zdravstvo, Poljanska 26a,
SI - 1000 Ljubljana, Slovenija
University of Ljubljana,
College of Health Studies, Poljanska 26a,
SI - 1000 Ljubljana, Slovenia
E-mail: mojca.jevsnik@vsz.uni-lj.si

* korespondenčni avtor/corresponding author

² Mojca Repič
Univerza v Ljubljani,
Visoka šola za zdravstvo, Poljanska 26a,
SI - 1000 Ljubljana, Slovenija
University of Ljubljana,
College of Health Studies, Poljanska 26a,
SI - 1000 Ljubljana, Slovenia

³ Darinka Zdenka Doganoc
Univerza v Ljubljani,
Veterinarska fakulteta,
Inštitut za higieno živil in bromatologijo,
Gerbičeva 60, SI - 1000 Ljubljana,
Slovenija
University of Ljubljana, Veterinary Faculty,
Institute for Food Hygiene and
Bromatology, Gerbičeva 60,
SI - 1000 Ljubljana, Slovenia

UVOD

Obsevanje živil z ionizirajočimi žarki je postopek, ki uspešno podaljša obstojnost živil in zagotavlja kakovost hrane [1]. Obdelava živil z netoplotnimi postopki je v porastu, predvsem zaradi minimalnega vpliva na kakovost živil, torej na njihove senzorične lastnosti in hranilno vrednost [2]. Vseeno pa ionizirajoče sevanje povzroča določene spremembe, ki so odvisne od sestave živila, od skupne absorbirane doze, od vsebnosti vode, od temperature med obsevanjem in skladiščenjem [3]. Cilj obsevanja živil z ionizirajočimi žarki je preprečiti in zmanjšati širjenje bolezni, povzročenih z živali oziroma s hrano; zmanjšati pokvarljivost živil z zavstavljanjem ali preprečevanjem procesov gnitja oziroma razpadanja; zmanjšati izgubo živil zaradi prezgodnjega zorenja, klitja ali brstenja; uničiti organizme v živilih, ki so škodljivi rastlinam ali rastlinskim proizvodom [4]. Namen obsevanja živil je zagotoviti višjo stopnjo varnosti živil [1,3] in ne zamena za dobro higiensko in dobro proizvodno prakso pri rokovanju z živali.

Obsevanje živil skozi zgodovino

Odkritje X-žarkov leta 1895 (W. K. Roentgen) in radioaktivnih snovi v letu 1896 (H. Becquerel) je vodilo k intenzivnim raziskavam bioloških učinkov teh "sevanj" in k osnovanju obsevanja živil. Kmalu potem, ko so odkrili ionizirajoče sevanje, je bilo znano, da je smrtonosno za žive organizme [5]. Obsevanje živil ima petdeset letno zgodovino znanstvenih raziskovanj in testiranj. V ZDA že več kot štirideset let opravljajo različna preizkušanja glede učinkovitosti metode. Nobena živilska tehnologija nima opravljenih toliko znanstvenih raziskovanj in testiranj pred pridobljeno odobritvijo kot obsevanje. Raziskave so bile temeljite in so vsebovale toksikološka in mikrobiološka vrednotenja ter testiranje škodljivosti zdravju [1].

Ko so leta 1945 predlagali, da se elektronski pospeševalniki lahko uporabljajo za podaljšanje obstojnosti živil, se je zanimanje za obsevanje povečalo. Od leta 1940 do leta 1953 so se opravljale nadaljnje raziskave s strani ameriškega vojaškega oddelka, Atomic Energy Commission in industrije. Raziskali so potenciale petih različnih tipov sevanja za podaljšanje obstojnosti živil (UV-svetlobe, X-žarkov, elektronov, nevtronov in alfa delcev). Raziskovalci so zaključili, da so za tisti čas primerni le katodni žarki (elektroni), ker imajo vse potrebne karakteristike učinkovitosti, varnosti in praktičnosti. Prvi viri obsevanja so bili stroji, ki so proizvajali visoko energijske elektronske žarke do 24 milijonov voltov. V istem času je človek naredil radionukleide kot so Co-60 in Cs-137 (ki pri razpadu oddajajo gama žarke), ki so postali dostopni med razvojem atomske energije. Večina študij obsevanja živil od leta 1952 dalje je bilo financiranih s strani ameriške vlade. Zaradi velikega vojaškega interesa za ta način podaljševanja trajnosti živil, je bilo veliko študij opravljenih na sterilizaciji živil, ker so vojska in vojaška industrija želele zagotoviti visoko kvalitetne in dobre ter obstojne obroke za vojake na terenu. Vojaški štabi so že zgodaj ugotovili, da obsevanje lahko zagotovi zdravju koristne, ekonomične in obstojne obroke [5]. Tehnologija obsevanja se je

Namen obsevanja živil je zagotoviti višjo stopnjo varnosti živil [1,3] in ne zamena za dobro higiensko in dobro proizvodno prakso pri rokovanju z živali.

Zaradi velikega vojaškega interesa za ta način podaljševanja trajnosti živil, je bilo veliko študij opravljenih na sterilizaciji živil, ker so vojska in vojaška industrija želele zagotoviti visoko kvalitetne in dobre ter obstojne obroke za vojake na terenu.

uveljavila v Ameriki v času druge svetovne vojne. Ta čas je bilo treba nahraniti milijone vojakov. Ameriška vojska je sponzorirala serijo poskusov s sadjem, zelenjavo, mlečnimi izdelki, ribami in mesom [6]. V tabeli 1 je prikazan zgodovinski razvoj dogodkov, ki so povezani z obsevanjem.

Tabela 1:

Obsevanje živil skozi čas [5,7].

Leto	Dogodek
1895	Von Roentgen odkril X-žarke.
1896	Becquerel odkrije radioaktivnost. Minsch objavi uporabo ionizirajočega sevanja za podaljšanje obstojnosti živil z uničenjem mikroorganizmov.
1904	Prescott objavi študije, kako sevanje vpliva na bakterije.
1905	ZDA in Velika Britanija naredita patente za uporabo ionizirajočega sevanja za uničenje bakterij v živilih.
1905 - 1920	Opravljenе raziskave, ki pokažejo, kako sevanje deluje psihično, kemično in biološko.
1921	Schwartz objavi študijo učinka X-žarkov na <i>Trichinello spiralis</i> v surovi svinjini.
1923	Prvič objavljene študije na krmnih živalih za ovrednotenje škodljivosti oz. koristnosti na zdravje.
1930	Francoski patent za uporabo ionizirajočega sevanja.
1943	MIT skupina pod pogodbo ameriške vojske demonstrira konzerviranje mleto govedine z X-žarki.
1950	Začetek programa obsevanja živil v Angliji in številnih drugih državah.
1963	FDA dokaže uporabo sevanja za kontrolo insektov v žitu in moki.
1964	Dokazan počasnejši razvoj brstov na belem krompirju.
1983	Dokaz, da obsevanje uniči insekte in kontrolira mikroorganizme v zeliščih in začimbah.
1985	Obdelava svinjine za kontrolo trihinoze. Dokaz za kontrolo insektov in mikroorganizmov v suhih encimskih preparatih, uporabljenih v fermentacijskem procesu.
1986	Odobritev uporabe za kontrolo insektov, zaviranja rasti in prezgodnjega dozorevanja v živilih kot so sadje, zelenjava in žita.
1990	Odobritev obsevanja pakirane sveže ali zamrznjene perutnine.

UČINKI SEVANJA IN UPORABLJENE DOZE

Ionizirajoče sevanje inaktivira mikroorganizme, ki povzročajo kvar živil. Prav tako uniči organizme, ki povzročajo bolezni, vključno s parazitskimi črvi in mrčesom, ki med skladiščenjem poškodujejo živila. Učinkovitost je pri podaljševanju obstojnosti svežega sadja in zelenjave s kontrolo normalnih bioloških sprememb v povezavi z zorenjem in dozorevanjem, kalitvijo ter staranjem. S sevanjem lahko npr. upočasnimo zorenje zelenih banan, zmanjšamo kaljenje krompirja in čebule ter varujemo zelene endivije in belega krompirja.

Kot druge tehnike obdelave živil, povzroči tudi sevanje uporabne kemične spremembe v živilih, kot so npr. mehčanje stročnic (fižol), kar nam skrajša čas kuhanja, višanje donosa soka iz grenivk in pospešitev sušenja sliv [8]. V tabeli številka 2 je prikazan namen uporabe in učinek ionizirajočega sevanja na skupine živil.

Tabela 2:

Učinek obsevanja na določene skupine živil [5].

Skupine živil	Učinek obsevanja
Meso, perutnina, ribe in morski sadeži.	Sterilizacija. Obdelana živila so lahko skladiščena na sobni temperaturi brez pokvarljivosti. Zmanjša število mikroorganizmov v svežih in zamrznjenih živilih. Uniči nekatere tipe bakterij, ki povzročajo zastrupitve.
Začimbe in zelišča.	Zmanjša število mikroorganizmov in insektov, nadomesti kemikalije uporabljene v ta namen.
Jagodičevje in nekatero drugo sadje.	Podaljša obstojnost s kasnejšim nastankom plesni.
Žita, sadje, zelenjava in ostala živila, ki so podvržena napadu insektov.	Uniči insekte in mrčes ter varuje pred njihovo množitvijo.
Banane, avokado, mango, papaja, guavo in drugo (razen citrusov).	Povzroči kasnejše zorenje.
Krompir, čebula, česen, ingver.	Zavira kaljenje.
Žita, posušena zelenjava, sadje.	Povzroča zelene spremembe, kot npr. zmanjša čas sušenja.

Doza je količina absorbiranega sevanja v živilu, ki je podana z oznako Gray (Gy). Absorpcijske doze so natančneje predstavljene v tabeli 3.

Tabela 3:

Enote za radiacijske doze in radioaktivnosti [2].

	Absorpcijska doza	Radioaktivnost
Enota	Gray (Gy)	Becquerel (Bq)
Definicija	1 Gy = 1 J/kg	1 Bq = 1 razpad na sekundo
Stara enota	Rad	Curie (Ci)
Pretvarjanje	1 rad = 0,01 Gy 1 krad = 10 Gy 1 Mrad = 10 kGy	1 Ci = 3,7·10 ¹⁰ Bq = 37 GBq 1 kCi = 37 TBq 1 mCi = 37 PBq

Vsa živila niso primerna za obsevanje. Neprimerne doze lahko povzročijo npr. mehčanje sadja, nezaželen okus (predvsem mesa), čemur se lahko izognemo, če ga obsevamo v zamrznjenem stanju [5]. Učinki doz glede na vrsto živila in nezaželene spremembe v obsevanih živilih so natančneje predstavljene v tabeli 4.

Živilom, ki so bila obsevana, se le rahlo dvigne temperatura, vendar kljub temu z obsevanjem učinkovito uničimo mikroorganizme (npr. mikroorganizme lahko uničimo brez odtajanja zamrznjene hrane). Še več, učinkovita sevalna doza je lahko prenesena skozi večino standardnih materialov v katerih so pakirana živila, vključno s tistimi, ki ne prenesejo višjih temperatur. To pomeni, da obsevanje lahko uporabljamo na hermetično zaprtih izdelkih brez bojazni, da pride do ponovne kontaminacije ali reinfestacije pravilno pakiranih živil.

Nekateri živilski izdelki morajo biti obsevani pod posebnimi pogoji, kot npr. pri nizki temperaturi ali v brez kisikovi atmosferi. Drugi pa lahko prestanejo večkratno obdelavo, uporabo npr. kombinacije sevanja in segrevanja.

Učinkovita sevalna doza je lahko prenesena skozi večino standardnih materialov v katerih so pakirana živila, vključno s tistimi, ki ne prenesejo višjih temperatur.

Tabela 4:

Nezaželene spremembe v obsevanih živilih [2,3].

Vrsta živila	Doza/kGy	Nezaželen učinek
Mleko in mlečni izdelki	do 0,1	Slab okus
Puran	1,50	Rjavo obarvanje in neprijetna aroma, ko je meso izpostavljeno zraku.
Piščanec	2,50	
Prašič	1,75	
Govedo	2,50	
Jagnje	6,25	
Konj	6,60	
Sadje	1 -3	Mehčanje nekaterega sadja.
Losos, jezerska postrv	1	Izguba barve.
Kozice in jastogi	5	Melanoza – pojav črnih madežev.
Ostale ribe	nad 5	Izceja, sprememba barve, vonja okusa in teksture.
Jajca	3	Nezaželeno aroma, sprememba barve, rumenjaka, zmanjšana viskoznost tekočega beljaka in trdnosti lupine (a).

Kemijske spremembe, ki jih sevanje povzroča v živilih, lahko vodijo v opazne spremembe v okusu.

Najpogostejša kemijska reakcija med obsevanjem živil je pretvorba vode v vodikov peroksid.

Ta kombinacija lahko vodi k uporabi nižje sevalne doze, ker višja temperatura naredi mikroorganizme občutljivejše na učinke sevanja. Visoke doze sevanja lahko povzročijo nezaželene organoleptične spremembe v okusu ali teksturi [8]. Doza, ki je dovoljena, variira glede na vrsto živila in glede na učinek, ki ga želimo doseči.

VPLIV OBSEVANJA NA ŽIVILA

Spremembe senzoričnih lastnosti

Za obsevanje živil se lahko uporablja tudi izraz "hladen proces", saj so željeni učinki doseženi z majhnim dvigom temperature v živilih. Lahko se pojavi majhna sprememba v strukturi ali barvi, podobno kot pri živilih, ki so obdelana z vročo pasterizacijo, zamrzovanjem ali konzerviranjem. Kemijske spremembe, ki jih sevanje povzroča v živilih, lahko vodijo v opazne spremembe v okusu [9]. Zgornje doze za obsevanje sadja in zelenjave so določene glede na učinke, saj lahko povzročajo manjšo čvrstost tkiva. Ta učinek ni ravno direkten rezultat sevanja, je fiziološki odgovor razpada membrane v celici z akcijo encimov. Mehčanje ni takoj opazno, lahko se začne pojavljati ure ali dneve po obsevanju.

Kemijske spremembe v živilih

Rezultati raziskav več kot petdeset letnega spremljanja učinkov obsevanja na živila kažejo, da so spremembe v živilih zelo podobne spremembam, ki se pojavijo pri navadnem kuhanju. Obsevanje ne povzroča toksičnih ali mutagenih učinkov in ne pušča kemijskih ostankov v živilu [1]. Najpogostejša kemijska reakcija med obsevanjem živil je pretvorba vode v vodikov peroksid. Približno 90 % teh radiolitičnih produktov je znanih, da so naravne sestavine živil (maščobne kisline, aminokisline) ali pa so prav takšne, kot jih najdemo pri kuhanju in pečenju mesa. Radiolitični produkti so bili kritično testirani na toksičnost in ugotovljeno je bilo, da ni nobenega dokaza o nevarnosti [9].

Spremembe prehranske vrednosti obsevanih živil

Obsevanje temperaturo živila rahlo dvigne, zato je izguba hranil majhna in ponavadi manjša kot pri ostalih metodah obdelave živil. Izgube hranil so odvisne od doze, vrste živila, temperature, odsotnosti ali prisotnosti zraka idr. [1,8].

Če ni prekoračena dovoljena doza, ionizirajoče sevanje ne povzroča bistvenih sprememb beljakovin, tako da hranilna vrednost živila ni prizadeta. Lahko pride do sprememb sekundarne in terciarne strukture beljakovin (npr. poslabšane sposobnosti beljaka na stepanje), tvorbe malih količin maščobnih kislin in merkaptanov, ki vplivajo na senzorične lastnosti živil. Spremembe, ki jih sevanje povzroči na encimih in v DNK, so nepopravljive [10].

Obsevanje ogljikovih hidratov (OH) povzroči nastanek velikega števila različnih produktov, vendar njihov vpliv na kakovost živil ni pomemben. Najbolj značilen učinek obsevanja je razpad glikozidne vezi, kar povzroči spremembo funkcionalnih lastnosti škroba, zmanjša čvrstost, npr. sadja in krompirja. Trdnim OH se po obsevanju lahko spremeni tališče, optična sučnost, lahko pride do tvorbe vodika, ogljikovega monoksida (CO) ali ogljikovega dioksida (CO₂), formaldehida, acetaldehida, acetona, malonaldehida in vodikovega peroksida. Čisti OH v kristalni obliki so zelo občutljivi. Nizkomolekularni sladkorji v vodni raztopini so pri obsevanju podvrženi oksidativni razgradnji (nastanejo kisline in keto kisline). Pri polisaharidih je najpomembnejša posledica obsevanja cepitev glikozidne vezi. Pri škrobu, pektinu, celulozi to pomeni oblikovanje manjših enot ter mehčanje in spremembo teksture rastlinskega tkiva [3].

Obsevane maščobe razvijejo žarek okus in vonj. Spremembe v maščobah in proteinih, ki vsebujejo žveplo, so prepoznane kot vir najbolj nezaželenih sprememb v obsevanih živilih. Problem z maščobami je tako velik, da večina mlečnih izdelkov, olj in maščobnih živil ni bilo niti predlaganih za obsevanje [11]. Obsevanje maščob povzroči cepljenje molekul maščobnih kislin in nastanek večjega števila zelo reaktivnih prostih radikalov. Ti radikali v nadaljnjih reakcijah, posebno, če je med ali po obsevanju prisoten kisik, povzročijo antioksidacijo maščob [3].

Obsevanje povzroča poškodbe na strukturi mnogih vitaminov. Vitamin E, ki je znan, da varuje nenasičene maščobne kisline, je tako močno poškodovan, da je v večini primerov celo uničen, če ga vstavimo v živilo kot aditiv po obsevanju. Če govorimo na splošno, bolj kot je živilo kompleksno, manjšo izgubo utrpijo vitamini med obsevanjem. Sadni sokovi bodo utrpeli večjo izgubo kot sveže sadje in le-ta bolj kot zelenjava, žito in mesni izdelki [11]. Na vrsto in količino mineralov v živilih, ionizirajoče sevanje, če ga uporabljamo za podaljšanje obstojnosti živil, ne vpliva [10].

Veliko živil je neprimernih za obsevanje. V to skupino sodijo sadje in zelenjava, ki naj bi jih užili sveže in surove. Primerjava obsevanja s kuhanjem in shranjevanjem ni primerna. Namen obsevanja je daljšanje časa skladiščenja in s tem obdržanje izgleda svežine, tako da bodo izgube med shranjevanjem manjše kot tiste, ki se normalno zgodijo. Živila lah-

Najbolj značilen učinek obsevanja je razpad glikozidne vezi, kar povzroči spremembo funkcionalnih lastnosti škroba, zmanjša čvrstost, npr. sadja in krompirja.

Namen obsevanja je daljšanje časa skladiščenja in s tem obdržanje izgleda svežine, tako da bodo izgube med shranjevanjem manjše kot tiste, ki se normalno zgodijo.

Obsevanje lahko povzroči nevarnost za zdravje ljudi v primerih, če mikroorganizmi mutirajo in postanejo rezistentni na sevanje.

ko utrpijo izgube pri obsevanju, pospešene izgube med skladiščenjem oziroma shranjevanjem, dodatne izgube zaradi dolgega časa shranjevanja in potem nadaljne izgube vitaminov pri kuhanju [11].

Vpliv na mikroorganizme

Z obsevanjem lahko uničimo mikroorganizme (tabela 5). Če se je pokvarljivost živila že začela, obsevanje ni učinkovito. Kakšen delež mikrobov bo z obsevanjem uničen, je odvisno tudi od drugih dejavnikov, kot so višja temperatura, višja vlaga v živilu, itd. Obsevanje lahko povzroči nevarnost za zdravje ljudi v primerih, če mikroorganizmi mutirajo in postanejo rezistentni na sevanje [1,8]. Smrtnost mikroorganizmov se pojavi, ko so le-ti obsevani z obhodom ionskih delcev ali kvantne energije skozi ali v občutljiv del celice. Direktni udarec na "tarčo" povzroči ionizacijo na tem občutljivem mestu, na organizmu ali celici in kasnejšo smrt. Bakterijske spore so bolj odporne na ionizirajoče sevanje kot vegetativne celice. Prav tako so gram-pozitivne bakterije bolj rezistentne kot gram-negativne bakterije.

Bakterijska učinkovitost na prejeto dozo sevanja je odvisna od več dejavnikov (vrste in podvrste organizma, števila prvotno prisotnih organizmov ali spor, sestave živila, prisotnosti ali odsotnosti kisika, fizičnega stanja živila med obsevanjem in stanja organizmov).

Tabela 5:

Priporočene doze ionizirajočega sevanja za uničenje bakterij [1].

Vrsta bakterij	Radiacijska doza / kGy
Vegetativne oblike	
<i>Aeromonas hydrophila</i>	0,14–0,19
<i>Bacillus cereus</i>	0,17
<i>Brucella abortus</i>	0,34
<i>Campylobacter jejuni</i>	0,08–0,20
<i>Clostridium perfringens</i>	0,59–0,83
<i>Escherichia coli</i> (O157:H7)	0,23–0,35
<i>Lactobacillus</i> spp.	0,30–0,90
<i>Listeria monocytogenes</i>	0,27–1,00
<i>Moraxella phenylpyruvica</i>	0,63–0,83
<i>Pseudomonas putida</i>	0,06–0,11
<i>Salmonella</i> spp.	0,30–0,80
<i>Clostridium sporogenes</i>	1,50–2,20
<i>Streptococcus faecalis</i>	0,65–1,00
<i>Staphylococcus aureus</i>	0,26–0,60
<i>Vibrio</i> spp.	0,03–0,12
<i>Yersinia enterocolitica</i>	0,04–0,21
Bakterijske spore	
<i>Bacillus cereus</i>	1,60
<i>Clostridium botulinum</i> types A and B	1,00–3,60
<i>Clostridium botulinum</i> type E	1,25–1,40

Z uporabo visokih sevalnih doz v kombinaciji z nekaterimi drugimi tehnikami, kot npr. s segrevanjem in zamrzovanjem, zagotovo uničimo rezistentne parazite. Prav tako lahko s sevanjem učinkovito uničimo plesni. Plesni rodu *Aspergillus* in *Penicillium* s toksičnimi vrstami sodita na sevanje med najbolj občutljive plesni [12].

Vpliv obsevanja na varnost živil

Študije na krmnih živalih so pokazale, da obsevana živila nimajo toksičnega, mutagenega ali teratogenega učinka. Prav tako ni kemičnih ostankov v živilih. Pred odobritvijo obsevanja z niskimi dozami je FDA opravila preko 400 študij, ki vključujejo tudi študije na krmnih živalih. Prav tako je vojaški medicinski oddelek v ZDA (U. S. Army medical department) hranil z obsevanimi živali 41 prostovoljcev. V 15-dnevnem testu ni uživanje takih živil pokazalo nobenih nezaželenih učinkov. Podobne študije so izvajali tudi na Kitajskem, in sicer na 439 prostovoljcih. Njihovi obroki hrane so vsebovali 60 % sestavin, ki so bile obsevane pri dozah 0,1 do 8 kilo-Gray-ev (kGy). Med in po teh poskusih ni bilo signifikantnih razlik v kliničnem, fiziološkem in biokemičnem vrednotenju med tistimi, ki so uživali obsevana živila in tistimi, ki so uživali neobsevana živila [9].

Obsevalni čas, gostota živila in količina sprejete energije z obsevalnikom določajo količino doze radiacijske energije, kateri so živila izpostavljena.

Regulacijske doze so nastavljene na minimalne nivoje, kar je pomembno za doseg specifičnih namenov koristnosti in dobrodejnosti [13].

PROCES OBSEVANJA

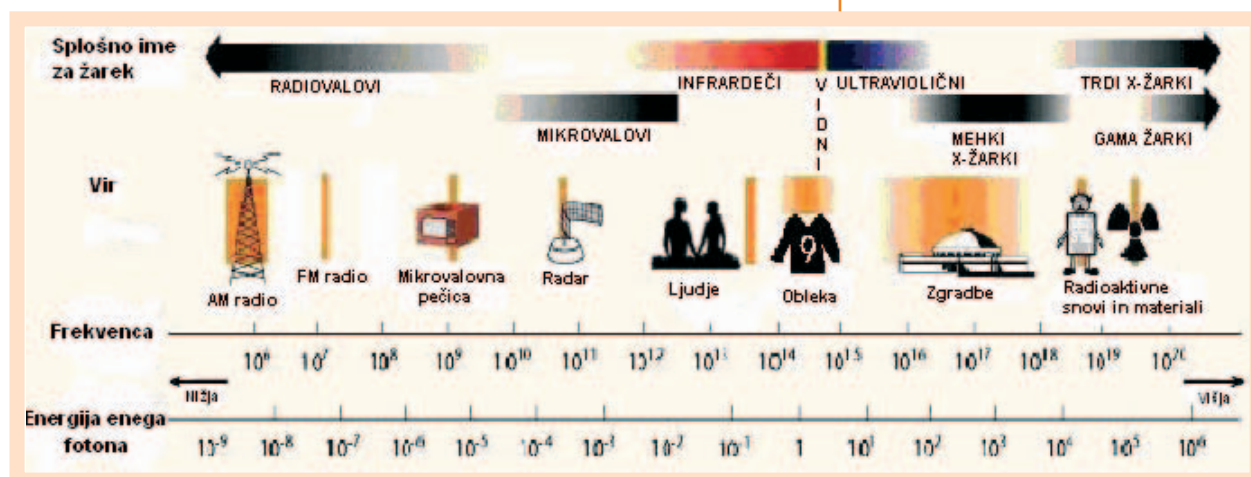
Za obsevanje živil se uporabljajo visokoenergetski gama žarki, njihovi bližnji sorodniki X-žarki ter pospešeni elektroni. Vse tri vrste spadajo v kategorijo ionizirajočega sevanja. Njihova energija je tolikšna, da so sposobni odstraniti enega ali več elektronov iz atomov oz. molekul v snovi.

Na sliki 1 je prikazan elektromagnetni spekter, ki ga gama žarki in x-žarki tvorijo skupaj z radiovalovi, mikrovalovi in vidno svetlobo.

Pred odobritvijo obsevanja z niskimi dozami je FDA opravila preko 400 študij, ki vključujejo tudi študije na krmnih živalih.

Med in po teh poskusih ni bilo signifikantnih razlik v kliničnem, fiziološkem in biokemičnem vrednotenju med tistimi, ki so uživali obsevana živila in tistimi, ki so uživali neobsevana živila

Slika 1:
Elektromagnetni spekter [14].



Viri, ki jih uporabljajo za obsevanje, vključujejo žarke gama, snope elektronov in rentgenske žarke.

Viri, ki jih uporabljajo za obsevanje, vključujejo žarke gama, snope elektronov in rentgenske žarke. Gama žarke dobimo z radioaktivnimi izotopi, kot npr. kobalt-60. Snopi elektronov nastanejo v linearnih pospeševalnikih, ki jih poganja električna energija. Izbor posameznih virov omejuje zahteva, da mora biti energija sevanja tako nizka, da sama po sebi ni sposobna v kakršnikoli snovi inducirati radioaktivnosti [2]. Obrati za obsevanje živil se razlikujejo glede na obliko in fizično ureditev ter glede na namen uporabe [8].

ZAKONODAJA IN NADZOR OBSEVANIH ŽIVIL

Za nadzor nad objekti za obsevanje in obsevanimi živali je pristojen Zdravstveni inšpektorat Republike Slovenije.

V avgustu leta 2002 je izšel Pravilnik o živilih, obsevanih z ionizirajočim sevanjem, ki pa dovoljuje obsevanje le posušenih aromatičnih zelišč, začimb in vrtnih zelišč [4]. Omenjeni pravilnik določa tudi pogoje za proizvodnjo, promet in uvoz živil in živilskih sestavin, ki so obsevane z ionizirajočim sevanjem. Pravilnik povzema zahteve Evropske zakonodaje na tem področju: EC Directivo 1999/2 of the European Parliament and of the Council of 22 February 1999 on the approximation of the laws of the member states concerning foods and food ingredients treated with ionising radiation [15] in EC Directivo 1999/3 2 of the European Parliament and of the Council of 22 February 1999 on the establishment of a community list of foods and food ingredients treated with ionising radiation [16] ter Kodeksa splošnih standardov za obsevanje živil [17]. Za nadzor nad objekti za obsevanje in obsevanimi živali je pristojen Zdravstveni inšpektorat Republike Slovenije.

Postopki detekcije

Metode detekcije lahko razdelimo na kvantitativno dozimetrijo ter metode za ugotavljanje obsevanosti živil.

Pred začetkom obsevanja živil se določi mesto najnižje in najvišje doze tako, da se doze izmerijo skozi celotno prostornino proizvoda. Te validacijske meritve morajo biti nekajkrat ponovljene (npr. 3 do 5 krat), da se določi toleranca sprememb gostote in geometrije proizvoda. Meritve je treba ponoviti vedno, kadar se spremenijo proizvod, njegova geometrija ali pogoji obsevanja. Med postopkom se izvajajo meritve doze, ki zagotovijo, da meje doze niso presežene. Meritve doze je potrebno izvajati v rednih časovnih presledkih med proizvodnjo vsake serije. Kadar gre za obsevanje sipkega, neembaliranega blaga, mesta najnižje in najvišje doze ni mogoče določiti. V takem primeru je najbolje uporabiti naključno dozimetrično vzorčenje, da se ugotovijo skrajne vrednosti doze. Med obsevanjem je treba določene parametre objekta za obsevanje nadzirati in jih nenehno beležiti [4].

Metode detekcije lahko razdelimo na kvantitativno dozimetrijo ter metode za ugotavljanje obsevanosti živil. V kvantitativni dozimetriji, se med samim procesom obdelave živila ter za nadzor nad obsevanostjo, uporabljajo standardne metode merjenja ionizirajočih sevanj. Večji tehnološki izziv pa je bil vsekakor razvoj metod, ki dajejo odgovor na vprašanje, ali je bilo določeno živilo obdelano s sevanjem ali ne. Tako lahko živilom, ki vsebujejo večjo količino maščobe, določimo obsevanost s plinsko kromatografijo ogljikovodikov ali pa z masno spektrometrijo 2-alkilciklobutanona. V suhih živilih (žitih, začimbah) in tistih, ki vsebujejo kosti ali

celulozo, se obsevanost ugotovi z elektronsko paramagnetno resonanco. Če pa iz živila lahko izoliramo silikatne materiale, je najuporabnejša metoda termoluminescence [2].

Nobena od detekcijskih metod še ni bila razvita kot test za rutinsko uporabo [11]. Ni enostavne metode detekcije, ali so bila živila obsevana, in če so bila, kolikokrat ali s katero dozo. Edina učinkovita metoda je spremljanje le-tega med procesom samim. Doze in pogoji, kot so temperatura, pakiranje, atmosfera, morajo biti stalno nadzorovani, če želimo preprečiti neželjene učinke. Zato je učinkovit notranji nadzor najboljše zagotovilo za varnost obsevanega izdelka [18].

Označevanje

Način označevanja obsevanih živil je določen v Pravilniku o splošnem označevanju predpakiranih živil [19] in poenoten z evropsko zakonodajo. Obsevana živila, ki so namenjena končnemu potrošniku in obratom javne prehrane morajo imeti besedno oznako "obsevano" ali "obdelano z ionizirajočim sevanjem", ki se navede na embalaži živila. Kadar gre za obsevana živila, ki se prodajajo v razsutem stanju, se omenjeno oznako navede skupaj z imenom živila na označbi. V primerih, ko se živilo uporablja kot sestavina, mora biti oznaka navedena poleg sestavine v seznamu sestavin. Kadar pa se obsevano živilo uporablja kot sestavina živila, ki se prodaja v razsutem stanju (četudi predstavljajo manj kot 25 % končnega proizvoda), je potrebno oznako prav tako navesti poleg sestavine v seznamu sestavin.

V nekaterih državah je v povezavi z navedbo "obsevano", zahtevana tudi uporaba mednarodno priznanega simbola (radura) za živila, obdelana z obsevanjem.

Kadar so živila nepakirana in so prodajana za neposredno potrošnjo (npr. v restavracijah), mora biti navedba, da so živila obsevana, označena ali labirana na meniju tako, da jo stranka vidi, ko izbira živila [4]. Označevanje uporabljamo tudi na živilih, prodajanih v maloprodaji in na živilih, ki se prodajajo kot vzemi s sabo ("take-away") [20].

ZAKLJUČEK

Novejša metoda v tehnologiji ohranjanja živil je uporaba ionizirajočega sevanja, ki ima nekaj prednosti v primerjavi z običajnimi metodami. Z obsevanjem lahko obdelamo že zapakirana živila, tako se zniža verjetnost okužbe po predelavi. Živila ostanejo sveža in imajo daljši rok trajanja, brez vidnega nazadovanja v kvaliteti. Obsevanje živil ne pusti nobenih ostankov, spremembe hranilne vrednosti so primerljive s tistimi, ki nastanejo tudi pri drugih metodah. Obsevanje je proces, kjer se dovaja veliko energije snovem kot so živila, je proces sterilizacije, uničenja vseh mikroorganizmov, žuželk in škodljivcev v njih, ali pa proces podaljšanja roka trajanja. Tako lahko ostanejo dalj časa na policah v trgovinah. Najpomembnejši dejavnik procesa je uporabljena doza. Pri visokih dozah so živila v osnovi sterilizirana kot v konzervah.

Nobena od detekcijskih metod še ni bila razvita kot test za rutinsko uporabo

Obsevana živila, ki so namenjena končnemu potrošniku in obratom javne prehrane morajo imeti besedno oznako "obsevano" ali "obdelano z ionizirajočim sevanjem", ki se navede na embalaži živila.

Obsevanje živil ne pusti nobenih ostankov, spremembe hranilne vrednosti so primerljive s tistimi, ki nastanejo tudi pri drugih metodah.

Samo osveščen, dobro informiran in kritičen potrošnik je lahko tekmeč v boju z novostmi na področju živilstva.

Tako obdelani proizvodi se lahko hranijo na sobni temperaturi skoraj neskončno dolgo. V nekaterih državah je obsevanje sporna in prepovedana metoda.

Ali je obsevanje živil nuja ali ena izmed metod, ki jo prinaša tehnološki napredek, bo pokazal čas. Vsekakor je metoda namenjena podaljšanju obstojnosti in zagotavljanju varnosti živil. Ker gre za metodo, ki je v določenih državah prepovedana, gre za občutljivo področje, ki zahteva nadzor nad obsevanimi živili in njihovim pravilnim označevanjem. Potrošniki moramo imeti možnost izbire in odločanja, ali bomo obsevana živila sprejeli ali bomo rajši izbrali živilo, kjer so bile uporabljene tradicionalne, že uveljavljene metode podaljševanja obstojnosti živil.

Razvoja živilske tehnologije ni mogoče ustaviti, na kar potrošnik nima vpliva. Vendar ima možnost izbire. Samo osveščen, dobro informiran in kritičen potrošnik je lahko tekmeč v boju z novostmi na področju živilstva.

LITERATURA

- [1] Farkas. Irradiation for better foods. *Trends in Food Science and Technology*, 2006; 17: 148-152.
- [2] Zavrtanik M. Obdelava živil s sevanjem. *Meso in mesnine*, 2002; 4: 5–8.
- [3] Plestenjak A. Ionizirajoče sevanje in senzorične lastnosti živil. V: 18. Bitenčevi živilski dnevi, Moderne tehnologije predelave in kakovost živil: zbornik referatov, Ljubljana: Biotehniška fakulteta, 1997: 49–58.
- [4] Pravilnik o živilih, obsevanih z ionizirajočim sevanjem. Uradni list R Slovenije, št. 71/02, 86/03, 51/04.
- [5] Food irradiation today: <http://www.hi-tm.com/Documents/irrad.html> (1.12.2005).
- [6] Foundation for food irradiation education: http://www.food-irradiation.com/food_irradiation_.htm (1.12.2005).
- [7] A food irradiation timeline: <http://www.practicalhippie.com/cache/irradiation/primer.htm> (1.12.2005).
- [8] World Health Organization. Food irradiation: A technique for preserving and improving the safety of food. Geneva: WHO, 1988.
- [9] Food irradiation: <http://www.fcs-uga.edu/pubs/current/FDNS-E.htm> (1.12.2005).
- [10] Plestenjak A. Podaljšanje obstojnosti živil z uporabo ionizirajočega sevanja. V: 17. Bitenčevi živilski dnevi, Podaljšanje obstojnosti živil: zbornik referatov, Ljubljana: Biotehniška fakulteta, 1995: 67–76.
- [11] Webb T., Lang T. Food irradiation: The myth and the reality. Wellingborough: Thorsons Publishing Group, 1990.
- [12] World Health Organization. High-dose irradiation: wholesomeness of food irradiated with doses above 10kGy. Geneva: WHO, 1999.
- [13] American Dietetic Association, food and nutrition information: http://www.webdietetians.org/Public/GovernmentAffairs/92_adap0200.cfm (1.12.2005).
- [14] Food for food irradiation: <http://www.iaea.org/icgfi/data.htm> (1.12.2005).
- [15] Direktiva 1999/2/EC: [http://www.europa.eu.int/t/eu.int/eurllex/prien\(oj/dat/1999/l_066/l_06619990313-en00160022.pdf](http://www.europa.eu.int/t/eu.int/eurllex/prien(oj/dat/1999/l_066/l_06619990313-en00160022.pdf) (1.12.2005).
- [16] Direktiva 1999/3/EC: [http://www.europa.eu.int/eurllex/prien\(oj/dat/1999/l_066/l_06619990313en002_40025.pdf](http://www.europa.eu.int/eurllex/prien(oj/dat/1999/l_066/l_06619990313en002_40025.pdf) (1.12.2005).
- [17] Revised Codex general standard for irradiated foods: http://www.idsociety.org/Template.cfm?Section=Home&CONTENTID*5408&TEMPLATE*/ContentManagement/ContentDisplay.cfm (1.12.2005).
- [18] Webb T. Food irradiation in Britain? London: London Commission Promotions Ltd., 1985.
- [19] Pravilnik o splošnem označevanju predpakiranih živil. Uradni list R Slovenije, št. 50/2004.
- [20] Wilkinson V M, Gould G W. Food irradiation: A reference guide. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 1998.