

Význam radioaktivního ozáření pro zdravotní nezávadnost potravin

(The Role of Irradiation in Food Safety)

Osterholm Michael T., Norgan Andrew P.

N Engk J Med, Vol. 350, April 29, 2004, s. 18981901.

Volně přeložil a zkrátil MUDr. Vladimír Plesník

Každý rok dochází v USA asi ke 76 milionům případů alimentárních infekcí, z toho víc jak 325 tisíc vyžaduje hospitalizaci a 5 tisíc je smrtelných. Hlavní cestou přenosu původců alimentárních nákaz je kontaminované jídlo a nedostatky v přípravě, tepelné úpravě a zacházení s masem a drůbežími produkty. Surveillance a preventivní opatření v masném a drůbežářském průmyslu snižují, ale neeliminují mikrobiální kontaminaci masa a drůbeže. Přes všechna opatření dochází následkem této kontaminace jídla u konzumentů k řadě nemocí, kterým je možno předcházet. Incidenci alimentárních nákaz může dramaticky snížit ozáření potravin radioaktivními paprsky (radiace). Tento názor zastává řada mezinárodních a národních organizací lékařů, vědců a hygieniků, stejně jako podniků, podílejících se na výrobě a distribuci potravin. V současnosti se však možnosti ošetření potravin radiací málo využívá. V USA je tímto způsobem ošetřeno jen 10 % rostlin a koření, a méně než 0,002 % ovoce, zeleniny, masa a drůbeže.

Malý zájem o radiaci může mít několik příčin. Již samotný pojem „radiace“ konzumenty mate nebo děsí jeho nápadnou, ale neexistující spojitostí s radioaktivitou. Veřejnost není dostatečně informovaná o příčinách a možnostech prevence alimentárních infekcí. Sami zdravotníci i sdělovací prostředky zpravidla neznají přednosti ozařování potravin. Nelze přehlédnout vliv kampaní proti „ozařování potravin“, vedených některými aktivisty, majícími nedůvěru k takovému postupu, k jaderné energii a k ekonomice zemědělství vůbec.

Technologie ozařování potravin

Radiace je energie šířící se prostorem v podobě elektromagnetických vln, které je možné mít za paprsky, nebo za částice. K radiaci potravin se užívá vysokoenergetického záření v kterékoli osvědčené podobě : gamma paprsky, rentgenové záření, nebo paprsek elektronů. Gamma paprsky může poskytovat některý ze dvou osvědčených zdrojů radionuklidů (kobalt-60 nebo cesium-137), kdežto rtg-záření a elektronové paprsky se získávají působením elektřiny.

Velikost dávek radiace se při ozařování potravin měří v gray-jednotkách (Gy nebo kGy). (*1 gray /čti grej/ je dávka záření absorbovaná tělesem o hmotnosti 1 kg, odpovídající absorbované energii radioaktivního záření rovné 1 jaulu*). 1 Gy odpovídá 100 rad. Obvykle se dávky řadí podle velikosti do tří tříd: méně než 1 kGy, tj. malá dávka užívaná k dezinfekci a prodloužení trvanlivosti; 1-10 kGy (tzv. pasterizační dávka) slouží k pasterizaci masných a drůbežích produktů i jiných potravin; dávky nad 10 kGy (tzv. vysoké dávky) se užívají ke sterilizaci, nebo k redukci počtu mikrobů v koření.

Průmyslové ozařování masných a drůbežích produktů je v podstatě shodné s pasterizací mléka. Pasterizace je definována jako podstatné snížení patogenů v mléce (i jiných tekutinách), při němž za určité teploty a doby dochází ke zničení cílových mikrobů bez větších změn chemického složení mléka. Jako pasterizace se označuje také podstatná redukce patogenů v potravinách s krátkou skladovatelností (např. ovoce, ryby), dosahovaná ozářením paprsky gamma. Pasterizace teplem vede k likvidaci nebo inhibici dalšího růstu patogenů v syrovém mléce. Přeživší nepatogenní mikrobi však někdy mohou u déle skladovaného pasterizovaného mléka, nebo při špatném zacházení s ním, způsobit jeho zkažení. Obdobně

pasterizace zářením nemá za účel zničit všechny mikroby v masných či drůbežích produktech, ale především likvidovat všechny patogenní mikroby.

Pasterizace pomocí radiace nenahrazuje nezbytné zdravotně nezávadné zacházení s potravinami a jejich tepelné zpracování. Spíše pomáhá snížit nebezpečí představované primární kontaminací surovin a zkříženou kontaminací prostředí při jejich zpracování.

Sterilizace pomocí radiace vyžaduje dávky asi 10-30krát vyšší než pasterizační dávka. Sterilizace je definována jako redukce spor *Clostridium botulinum* minimálně o 12 log, což je standardní hladina redukce vyžadovaná při průmyslové konzervaci potravin.

Zkušenosti s ozařováním potravin

Podrobnou historii ozařování potravin publikoval v r. 1983 Josephson (J Food Saf 1983;5:161-89). Již r.1958 Kongres aktualizoval federální zákon (Food, Drug, and Cosmetic Act) z roku 1938 a zařadil radiaci potravin do Dodatku o potravinových aditivech, v němž ji klasifikoval jako potravinový přídatek. To však není správné, protože při radiaci není do potravin nic hmotného přidáno. Důvodem pro uvedenou klasifikaci bylo to, že radiace navozuje v potravinách chemické změny. Ale pečení, mražení, grilování, sušení, lyofilizace a ošetření mikrovlnami také vyvolávají podobné změny a jsou řazeny mezi výrobní postupy.

V USA je radiace potravin schválena k eliminaci nebo ke sterilizaci v nich přítomných škůdců, k prodloužení životnosti potravin, ke kontrole patogenů a parazitů a k inhibici předčasného klíčení zeleniny. Mezi potraviny, které je dovoleno ozařovat, patří hovězí a vepřové maso, drůbež, ovoce a zelenina, léčivé rostliny, koření, semena, enzymové přípravky, vejce a zrní. Jedná se dosud o schválení radiace u korýšů a masných výrobků.

Radiace potravin a bezpečnost pro veřejnost

Bezpečnost a výhodnost radiace potravin hodnotila Světová zdravotnická organizace a Evropská vědecká komise pro potraviny (ECSCF). Mimo to je téma ozařování potravin častou náplní vědeckého bádání. Standardní postup potravinářského průmyslu k zajištění zdravotní nezávadnosti potravin sestává z rozboru výrobních postupů a předpokládaných rizik kontaminace potravin v kritických fázích výroby a manipulace s potravinami. Radiace je účinné opatření proti většině bakteriálních patogenů, včetně *Escherichia coli* O157:H7, salmonelám, kampylobakterům a listeriím, stejně jako proti parazitům jako jsou toxoplazmy a trichinely. Americké Centrum kontroly a prevence nemocí odhaduje, že bylo-li by radiací ošetřeno 50 % masa a drůbeže, které Američané snědí, měli by ročně méně o 900.000 případů alimentárních nákaz a o 352 méně úmrtí na ně. Protože velká část těchto onemocnění není zjištěna nebo hlášena, skutečný úbytek alimentárních nákaz by byl ještě větší.

Nemocnice a léčebny využívají radiaci ke sterilizaci jen v omezené míře k tomu, aby zajistily imunokompromitovaným pacientům mikrobiologicky bezpečná jídla, která mohou být pestřejší a kvalitnější než jídla připravovaná pomocí sterilizace teplem. Národní úřad pro lety do kosmu použil ke sterilizaci jídel pro kosmonauty radiaci. Stejný postup sterilizace se užívá také k zajištění delší požitelnosti jídel pro vojáky a cestovatele.

Radiace umožňuje vyhnout se použití toxických a pro životní prostředí nebezpečných chemických fumigantů jako je etylenoxid, propylenoxid a metylbromid. Umožňuje také prodloužit expiraci některých potravin a snížit jejich ztráty působené skladištními škůdci a plísněmi. Omezení těchto ztrát je zvláště důležité v souvislosti s distribucí potravin do vývojových zemí a s jejich skladováním. Cena hromadně ozářených potravin se pro konsumenta podle odhadu zvýší o méně než 5 centů na půl kg masa nebo drůbeže,

Meze možností radiace potravin

Radiace potravin není všemocná. Spóry bakterií jsou mnohem odolnější vůči záření než vegetativní formy bakterií a proto je nutné užít podstatně vyšších dávek než při pasterizaci. Také inaktivace virů vyžaduje větší dávky radiace než jsou běžné dávky pro rostlinolékařská opatření (tj. snahy o eliminaci nebo sterilizaci škůdců v rostlinné potravě), nebo pro pasterizaci. Záření se užívá u potravin, které nelze před konzumací vařit, ani jinak tepelně

zpracovat (syrové produkty). Nejdůležitější metoda předcházení virových alimentárních nákaz po konzumaci těchto produktů je prevence jejich fekální kontaminace. Standardní dávky radiace nelikvidují toxiny a priony. Ozáření potravin nezabrání jejich pozdější kontaminaci potravináři nebo konsumenty.

Vliv ozáření na barvu, vůni a strukturu potravin je různý a závisí na dávce, teplotě, hladině kyslíku a způsobu balení. Při některých chuťových testech ozářených potravin konstatovali zhoršení jejich chuti, barvy nebo vůně, zatím co jiní zkušební komisaři uváděli jen malé, nebo žádné rozdíly sensorických charakteristik mezi ozářenými a neozářenými potravinami. Nové, dokonalejší techniky radiace asi zmírní, nebo zcela vyloučí vliv záření na sensorickou kvalitu potravy. Některé ovoce, zelenina a mléčné výrobky mají po ozáření kratší uchovatelnost a proto se ošetřují radiací zřídka.

Argumenty odpůrců radiace

Proti radiaci potravin jsou nejčastěji uváděny tři důvody:

- 1) v ozářených potravinách vznikají 2-alkylcyklobutanony (2-ACBs), které jsou v pokusech na zvířatech onkogenní a mutagenní a pro lidi-konzumenty těchto potravin mohou být škodlivé. Tvrzení se opírá o výsledky evropských výzkumů z roku 2002. Autoři výzkumných studií (Burnouf et al., Raul et al.) však nesledovali zdravotní nezávadnost ozářených potravin. Referovali, že chemické sloučeniny 2-ACBs v koncentracích asi 1000x vyšších než jsou v ozářených potravinách, mají in vitro genotoxické a cytotoxické vlastnosti a že u potkanů, exponovaných známým karcinogenům, může tak vysoká koncentrace 2-ACBs navodit vývoj nádorů. Autoři speciálně upozornili na to, že jejich nálezy nelze užít k odmítání radiace potravin. Evropská vědecká komise pro potraviny prověřila tento výzkum a obnovila podporu usnesení WHO o bezpečnosti radiace potravin. Uzavřela své stanovisko tím, že známky genotoxicity nebyly standardními metodami prokázány a že výsledky autorů nejsou relevantní pro hodnocení zdravotní bezpečnosti ozařovaných potravin. Řada studií, včetně podávání ozářených potravin zvířatům a lidem, ověřovala de facto nezávadnost 2-ACBs a žádná z nich neprokázala, že jsou toxické nebo onkogenní. Navíc Amesův test (testy reverzní mutace na histidin-závislém serovaru typhimurium *Salmonella enteritica*) a testy reverzní mutace 2-ACBs na *E. coli* neprokázaly genotoxicitu. S ohledem na dostupné informace postrádá každé odvolávání se na výše uvedené studie o 2-ACBs hodnověrnost.
- 2) Radiace zničí výživnou hodnotu potravin. Další přísun jakékoli energie do potravin může narušit molekuly a živiny v ní přítomné. Pravdou je, že makromolekuly jako jsou uhlovodíky, bílkoviny a tuky nejsou ozářením nějak více pozměněny. Thiamin, vitamin B₁, je ze všech vitamínů nejcitlivější na radiaci, ale ozařování potravin se nepovažuje za rizikové pro vznik avitaminózy. Zpráva FDA a nezávislá studie Narvaize et al. uvádí, že radiace nepřestavuje větší riziko pro kteroukoliv složku potravin. Totéž stanovisko zaujímá Americká dietetická asociace.
- 3) Radiace je rychlé řešení technologického problému zajištění bezpečnosti potravin. Ozáření se veřejnosti vykresluje jako snadný postup pro průmysl a stát jak pokrýt nebo ignorovat úroveň sanitace v provozech zpracovávání masa a drůbeže. Při zajištění zdravotní nezávadnosti jídel mají mít hlavní roli tradiční bezpečnostní opatření. Ty však úplně nevyloučí každou kontaminaci, zvláště v prostředí jatek. Například vyšetřování jatečního masa na přítomnost *E. coli* O157:H7, vedené orgány Zemědělského odboru bezpečnosti a inspekce potravin roku 2003 ukázalo, že kontaminováno je jen 0,32 % vyšetřených vzorků. Protože se v USA ročně vyrobí asi 3,6 milionu tun syrového masa i tak velice malé procento kontaminovaných vzorků znamená roční produkci asi 116.000 tun masa kontaminovaného *E. coli* O157:H7.

Radiace nezabrání primární kontaminaci masa, ale může pomoci zajistit, aby se kontaminované maso nedostalo až na trh ke spotřebiteli.

Další možnosti

Ozařování potravin je v USA na rozcestí. Objevily se dobré možnosti pro zavedení radiace potravin ve velkém. Např. v lednu 2004 začal americký Odbor zemědělství nabízet ozářené syrové maso v rámci Národního programu školních svačin. V programu jsou podávána jídla asi 27 milionům dětí v celém státě. Dále se očekává, že FDA brzy schválí žádost o autorizaci radiace mražených kusů masa a masných výrobků. To podstatně zmenší nebezpečí závažných infekcí jako je listerióza.

Až se ozářené potraviny stanou dostupnější, rozhodnou požadavky veřejnosti a skupiny ochránců veřejného zdraví, zda se radiace potravin rozšíří z dosavadní úrovně tak, aby měla větší dopad na bezpečnost potravin. Ve 30. a 40. letech dvacátého století měli při prosazování konzumace pasterizovaného mléka u veřejnosti významnou úlohu lékaři a jiní zdravotničtí pracovníci. Nyní by se měli opět měli ujmout podobné role při podpoře radiace potravin. Je důležité, aby lékaři a jiní zdravotničtí pracovníci dokázali správně odpovídat na dotazy veřejnosti o radiaci potravin. Měli by doporučovat ozářené potraviny zejména osobám imunokompromitovaným, těhotným ženám, dětem a starým osobám. Bylo by záhodno vést místní a státní profesní organizace lékařů k podpoře užívání ozářených produktů., pobízet velkoobchod k nákupu a skladování ozářených potravin a podporovat využívání ozářených masných výrobků v programech školních svačin.

35 citací, kopie u překladatele.

Dodatek překladatele

Hysterie kolem atomové energie, u nás markantně zřejmá kolem stále se opakujících „Temelínských afér“, nedovoluje řadě lidí si přiznat, že radiace má i své kladné stránky. Nepříliš poučení (o vzdělání se nedá mluvit) horlivci dokážou využívat strachu veřejnosti z neznámého, neviditelného a běžně nezjistitelného „záření“ stejně, jako obav z posmrtné existence. Když v USA povolili nabízet jako školní svačinky radiací ošetřené hamburgery, hned se ozvali oponenti s tvrzením, že školáci slouží jako pokusní králíci. Pod vlivem takové propagandy zakázala některá vedení škol podávat na svačinu i toto zdravotně bezpečnější jídlo (Thayer DW: Irradiation of Food – Helping to Ensure Food Safety; N Engl J Med 350; 18, April 29, 2004, s. 1811-2).

V posledních padesáti letech došlo k velkému technickému pokroku ve výrobě a aplikaci radiačních aparatur. Byly získány další důkazy o zdravotní nezávadnosti radiace krmiv a potravin. Např. u myší, křečků, potkanů či králíků nebyly nalezeny žádné známky genetických nebo teratogenních změn, ač v jejich krmivových dávkách bylo 35-70 % radiací sterilizovaného kuřecího masa. Žádné abnormality nebo změny v souvislosti s až 35 % podílem radiací sterilizovaného kuřecího masa v krmivech nebyly prokázány během několika generačních studií u psů, potkanů nebo myší. Dávka 46-kGy sloužící v těchto studiích ke sterilizaci krmiv vysoce převyšuje dávky užívané k pasterizaci např. syrového masa, které nesmí podle FAD překročit 4,5 – 7 kGy.

Výzkum a vývoj nových metod stále pokračuje. Dnes se užívají jak k léčbě pacientů, tak ke sterilizaci různých léčiv, akcelerované elektrony, gamma záření a rtg paprsky. Řada lidí ani neví, že radiace se užívá ke sterilizaci mnoha produktů pro domácnost, např. dětských dudlíků, kosmetických a hygienických přípravků, obvazů, polymerizovaných podlahovin, pánví s teflonovým povlakem, nebo elektrických izolantů. Většina druhů koření je kontaminována bakteriemi v množství 1 milionu i větším na gram, proto většina výrobců užívá koření sterilizované radiací. Stejky pro americké astronauty jsou od roku 1960 sterilizovány dávkou 45 kGy, ale potraviny pro veřejnost jsou takto ošetřeny jen zřídkavě.

Možností ozařování potravin je mnohem méně než jaké jsou při radioterapii. K radiaci potravin bylo schváleno užití jen dvou zdrojů gamma paprsků, a to cobalt-60 a cesium-137. Energie elektronů smí být maximálně 10 MeV a u rtg paprsků, vznikajících bombardováním kovů (např. tungstenu) elektrony je energie omezena na nejvýš 5 MeV. Tyto způsoby radiace nevyvolávají radioaktivitu. Výběr optimální technologie záření velmi závisí na ozařovaném substrátu. Elektrony s maximální energií 10 MeV pronikají ve vodě a obdobném prostředí jen do hloubky 4,5 cm. Tím je omezeno jejich využití jen na poměrně tenké vrstvy, nebo na produkty o velmi malé hustotě. Na druhé straně je však požadovaná dávka radiace aplikovaná za extrémně krátkou dobu. Generování rtg paprsků není dost efektivní, protože jen 6-12 % energie elektronů se mění na rtg paprsky a ostatní ozařovaný substrát silně zahřívají a musí být odcloněny dříve, než dojde k jeho roztavení.

Absorpce elektronů nebo fotonů vede ke stejnému výsledku, k ionizaci. Po absorbování gamma.paprsků, nebo fotonů rtg záření, uvolní se elektron vyvolávající ionizaci. Hlavním cílem radiace je voda, protože je také největší součástí většiny potravin a mikrobů. Obvykle asi 70 % radiací navozené ionizace se projeví ve vodě v buňkách. Cílový organismus není inaktivován přímým působením na bakteriální DNA, ale následkem sekundárních reakcí. Stejná posloupnost jevů probíhá také ve zmražených produktech, ale protože struktura ledu omezuje migraci volných radikálů generovaných ionizací, je třeba při radiaci mražených potravin vyšších dávek. Možnost vzniku nežádoucích smyslových změn je proto větší u čerstvých, než u mražených potravin.

Velikost dávky, potřebné k inaktivaci 99,9 % několika vybraných původců alimentárních infekcí, kontaminujících maso a drůbež, je uvedena v tabulce. K inaktivaci 99,9 % zárodků *Escherichia coli* O157:H17 v syrovém mase stoupá od zhruba 0,90 kGy po 1,35 kGy při teplotě $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Radiace potravin může být mimo tepelné úpravy jediným spolehlivým způsobem kontroly patogenů v syrovém mase, nebo v drůbeži. Bohužel, velký podíl koupené drůbeže je stále kontaminován v tabulce uvedenými patogeny. Tepelná úprava jich většinu zničí, ale zůstává problém následné zkřížené kontaminace jiných potravin a prostředí.

Dávky radiace elektrony, gamma zářením nebo rtg paprsky, potřebné při teplotě $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ k inaktivaci 99,9 % původců alimentárních nákaz v mase nebo v drůbeži

Patogen	Dávka radiace v kGy
<i>Campylobacter jejuni</i>	0,48 – 0,60
<i>Escherichia coli</i> O157:H7	0,84 – 0,96
<i>Listeria monocytogenes</i>	1,26 – 1,44
<i>Salmonella species</i>	1,98 – 2,22
<i>Staphylococcus aureus</i>	1,32 – 1,44

Nelze opomenout, že mimo patogenních mikrobů patří k významným kontaminantům potravin také různé chemické látky (aditiva, zbytky postřiků, retardantů at) a toxiny. Dokonale zdravotně nezávadná potravina neexistuje, jaký to skvělý důvod pro hladovku a proti otylosti !