

Současný stav ozařování odpadů a potravin

P. HORÁČEK

Biologické účinky ionizujícího záření jsou známy již od konce minulého století, kdy Minch v roce 1896 poprvé pozoroval inaktivaci bakterií X-paprsky. K průmyslovému využití tohoto jevu však dochází až v r. 1956, kdy byla uvedena do provozu první průmyslová stanice pro sterilizaci zdravotnického materiálu s pomocí urychlovače elektronů.

K významnému rozšíření průmyslové sterilizace zdravotnického materiálu dochází ve světě v šedesátých letech. O spolehlivosti a ekonomické výhodnosti této metody nejsou dnes žádné pochybnosti. Důkazem je existence více než 60 průmyslových stanic pro radiační sterilizaci v celé řadě států. V ČSSR byla uvedena v r. 1972 do provozu ozařovna Státního výzkumného ústavu textilního — pobočky pro výzkum a využití ionizujícího záření ve Veverské Bitýšce. Stále rostoucí požadavky výrobních organizací na služby této ozařovny si vynutily zvyšování aktivity kobaltového zdroje. Celková hmotnost sterilizovaného materiálu se zvýšila ze 122 190 kg v roce 1973 na 532 350 kg v r. 1977. V nejbližší době se připravuje další zvýšení výkonu této ozařovny.

V oblasti průmyslového využití ionizujícího záření v potravinářství a v ozařování odpadů je současný stav ve světě mnohem komplikovanější a je proto potřebné se této problematice věnovat podrobněji. Cílem tohoto článku je podat stručný a pokud je to možné i objektivní pohled na stav výzkumu a průmyslové zavádění těchto radiačních technologií ve světě.

Radiační ošetření potravin

Pokusy o využití ionizujícího záření k prodloužení účhovy potravin se začaly provádět již na počátku čtyřicátých let. Širšímu využití zpočátku bránil nedostatek velkých radiačních zdrojů. Tato překážka však byla překonána již v padesátých letech. Jako důkaz může sloužit např. výše zmíněný rozvoj radiační sterilizace. V padesátých letech se začíná zkoumat možnost využití radiačního ošetření potravin také v ČSSR. V mnoha státech se v této době věnuje velká pozornost studiu zdravotní nezávadnosti radiačně ošetřených potravin. Jako první na světě vydává Sovětský svaz v r. 1959 povolení k ra-

diačnímu ošetření brambor s cílem retardace klíčení. Od této doby do r. 1977 byla vydána povolení k ozařování celkem 26 druhů potravin v devatenácti zemích. V r. 1976 uznal výbor expertů Světové zdravotnické organizace, Organizace pro zemědělství a výživu OSN a Mezinárodní agentury pro atomovou energii 5 druhů ozářených potravin za zcela bezpečné pro lidskou výživu (brambory, pšenici, kuřata, papayu a jahody). Další 3 druhy byly schváleny prozatímně) rýže, cibule, ryby (a to s tím, že o jejich definitivním schválení bude rozhodnuto na příštím zasedání tohoto výboru).

Obrovské úsilí bylo věnováno v mnoha laboratořích velkého počtu států výzkumu nejružnějších aspektů radiačního ošetření potravin. Přehled možných aplikací radiačního ošetření potravin podává tabulka 1. Uvedené účinky ionizujícího záření byly pozorovány v mnoha pokusech, nezávisle prováděných v různých laboratořích, a proto o jejich správnosti neexistují žádné pochybnosti.

Problematická je však odpověď na otázku, zda a v kterých případech je tato radiační technologie vhodná pro průmyslové zavádění. Dnes nezbyvá než konstatovat, že optimistické prognózy z padesátých let, které počítaly s rychlým průmyslovým zaváděním této metody se nesplnily. Pokrok v posledním desetiletí se značně zpomalil.

Do současné doby byly uvedeny do provozu pouze dvě průmyslové ozařovny potravin. První z nich byla v provozu v Kanadě na počátku šedesátých let. Asi po jedné sezoně byla uzavřena. Příčinou prý bylo to, že byly ozářeny brambory nevhodné pro skladování, které do jara zcela shnily. Žádné oficiální nebo alespoň písemné informace o osudu této ozařovny však nejsou k dispozici.

V r. 1973 zahájila činnost ozařovna brambor v Japonsku na ostrově Hokkaido, kde se ročně ozařuje 30—40 tisíc tun brambor. Náklady na její výstavbu byly ze 2/3 uhrazeny japonskou vládou. Cena ozařování není započítávána do maloobchodní ceny produktu. Neexistují žádné informace o efektivnosti provozu této ozařovny. Na posledním symposiu o ozařování potravin, které organizovaly v listopadu 1977 v Holandsku společně Mezinárodní agentura pro atomovou energii, Organizace pro zemědělství a výživu OSN a Světová zdravotnická organizace, nebyly podány o zkušenostech s provozem této ozařovny žádné informace.

Současný stav v průmyslovém zavádění radiační technologie ošetření potravin neodpovídá dosavadnímu množství prostředků, které byly věnovány na její výzkum ani intenzivní podpoře ze strany Mezinárodní agentura pro atomovou energii a národních atomových komisí. Články publikované v odborných časopisech, vystoupení vědeckých pracovníků i oficiálních představitelů např. Mezinárodní agentury pro atomovou energii nejsou podle autorova mínění vždy dostatečně objektivní.

Jaké jsou naděje na průmyslové využití této metody u jednotlivých produktů?

1. Maso: a) sterilizační dávky zhoršují při ozařování za pokojové teploty organoleptické vlastnosti. Je proto nutné provádět ozařování při teplotě —30 °C, případně při teplotě kapalného dusíku a v dusíkové atmosféře. Ani vysoké dávky radiace řádu několika desítek kilogreyů nejsou dostatečné k inhibici aktivity proteolytických enzymů, a proto je nutné kromě ozáření maso ještě zahřát na teplotu 70 °C. Z toho vyplývá, že konečným produktem

Tabulka 1. Možné aplikace radiačního ošetření potravin*

Druh potraviny	Hlavní cíl ozařování	Způsob dosažení cíle	Aplikovaná dávka (kGy)
maso, drůbež, ryby a jiné potraviny podléhající zkáze	prodloužení doby úchovy při chlazení	snížení počtu mikroorganismů a zpomalení jejich množení	0,5—3
mražené maso, drůbež a jiné potraviny a krmiva obsahující pathogenní mikroorganismy	zabránění přenosu infekčních chorob a toxinů	zabránění růstu a množení <i>Salmonellae</i>	5—7
maso a další potraviny, které přenášejí pathogenní parazity	prevence parazitárních onemocnění	zabránění růstu a množení <i>Trichinella spiralis</i> a <i>Taenia saginata</i>	0,1—1
obilí, mouka, sušené ryby, čerstvé a sušené ovoce napadené hmyzem	dezinfekce	zničení nebo pohlavní sterilizace škůdců	0,15—1
ovoce a některé druhy zeleniny	prodloužení doby úchovy (snížení potřeby použití chemikálií)	omezení růstu plísní a dalších mikroorganismů anebo zpomalení dozrávání	0,5—3
brambory, cibule	prodloužení doby úchovy	inhibice klíčení	0,02—0,15
koření	snížení kontaminace potravin	snížení mikrobiální kontaminace	5—20
hovězí maso, šunka, drůbež, ryby	neomezené prodloužení doby úchovy bez chlazení	inaktivace a zabránění množení mikroorganismů působících kažení potravin a patogenních mikroorganismů zvláště <i>Cl. botulinum</i>	23—57

* Podle J. G. van Kooij, Proceedings of VIIIth Annual Meeting of the European Society of Nuclear Methods in Agriculture, Uppsala 1977, s. 98.

není čerstvé maso a že celý proces je velmi nákladný. Podle dostupných pramenů se výzkumem v této oblasti zabývají pouze laboratoře armády Spojených států v Naticku. Radiačně sterilizované maso se prozatím používalo pouze pro speciální účely (lety do kosmu, zásobování speciálních vojenských jednotek, posádek atomových ponorek a pod.)

b) pasterizační dávky. O možnosti aplikace této metody pro civilní účely se uvažuje podle informací z literatury např. v Holandsku, USA a Israeli a to především pro snížení rizika nákazy salmonelózou. Technologie však dosud není zcela dopracována. Společný výbor expertů MAAE, SZO a FAO, o kterém byla již zmínka, doporučil ozařování kuřat dávkami 2—7 kGy, které podle některých pramenů [1] způsobují zhoršení kvality ozářených kuřat. Proti ozařování ryb pasterizačními dávkami mají někteří mikrobiologové rovněž vážné námitky, protože se může zvýšit riziko otrav botulotoxinem [2]. Takto ošetřené výrobky je nutné až do doby konzumace uchovávat při teplotě pod 3 °C, což je obtížné spolehlivě zabezpečit a kontrolovat.

V ČSSR se prováděl výzkum radiačního ošetření masa v letech 1971—1975 ve Výzkumném ústavu potravinářském v Bratislavě a Výzkumném ústavu masného průmyslu v Brně [3]. Během několikaletého řešení této problematiky se nepodařilo dosáhnout uspokojivých výsledků a potlačit negativní účinky ozařování (zhoršování sensorických vlastností). To vedlo k zastavení řešení této problematiky v ČSSR.

2. Obilí: K napadení obilí dochází hlavně při jeho skladování. Spolehlivě je možné tomu zabránit pouze jeho uchováváním ve dvojitéch obalech s insekticidní vložkou. To by však bylo neúměrně drahé. V našem klimatickém pásu se navíc škůdci začnou množit při jarním oteplení a v tomto poměrně krátkém období je nutné ošetřit většinu napadených zásob. To nelze podle výsledků studie Vrbenského [4] zabezpečit s náklady srovnatelnými s jinými alternativními metodami. Tato studie prokázala, že při současných cenách urychlovačů není radiační dezinfekce obilí v ČSSR z ekonomických důvodů vhodná pro průmyslové zavádění.

3. Ovoce: podle literárních údajů a výsledků řešení úkolu čs. jaderného programu, který koordinuje Výzkumný ústav potravinářský v Bratislavě, se ozařováním prodlouží doba uchovy o několik dnů při chladírenských teplotách. Bude potřebné prokázat, jaký význam bude mít toto prodloužení pro konzervařenský průmysl. Pro přímé zásobování čerstvým ovocem je nutné vzít v úvahu také prodloužení cesty ke spotřebiteli a význam ztrát vitamínu C po ozáření.

Využití ozařování urychlenými elektrony v průmyslovém měřítku (zkoumá se u druhů, které snášejí pouze povrchové působení ionizujícího záření) naráží na nevyřešené technické problémy [10].

4. Brambory, cibule, žampiony, česnek. Podle studie, která byla vypracována v r. 1974 [5] se předpokládalo, že ozařování prvních tří produktů má u nás naději na průmyslové zavedení. Do plánu jaderného programu na 6. pětiletku byla proto na základě oponentního řízení zařazena výstavba experimentální ozařovny brambor a dalších produktů v Bratislavě. Ani ozařování brambor však není bez problémů. Po ozáření se v sezonách 1976/77 a 1977/78 zvýšila citlivost k hnilobě několika sledovaných odrůd brambor. Poslední výsledky výzkumu ozařování brambor, které byly získány ve vzájemné spolupráci čtyř výzkumných ústavů (Výzkumný ústav potravinářský, Výzkumný ústav zemědělské techniky, Výzkumný ústav bramborářský, Výzkumné středisko 130), jsou velmi cenné a jistě významně přispějí k objektivnímu zhodno-

cení dosavadních výsledků a při navrhování dalšího postupu v této oblasti. Komplexnost získaných výsledků patří tento výzkum mezi nejvýznamnější práce, které byly o této problematice publikovány i v zahraniční odborné literatuře. Například ztráty hnitím nebyly zřejmě dosud sledovány ani v průběhu provozu výše uvedené japonské ozařovny, jak vyplývá z 6.

Pozitivní vliv radiace byl potvrzen při ozařování cibule, česneku a žampionů.

Radiačně se také sterilizují krmiva pro speciální laboratorní zvířata (prostá zárodků -GF a bez specifických patogenů -SPF). Dobré zkušenosti jsou s více než dvouletým provozem ozařovačem Issledovatel, kterým sterilizují krmivo a potřeby pro chov bezmikrobních zvířat v gnotobiologické laboratoři Mikrobiologického ústavu ČSAV. Před průmyslovým zavedením této metody je nutné ověřit její efektivnost pro diety používané v jiných ústavech a provést ekonomické zhodnocení.

Na závěr části o ozařování potravin bych chtěl zdůraznit, že v tomto krátkém příspěvku nebylo možné podat vyčerpávající přehled o této problematice. O radiačním ošetření potravin bylo publikováno obrovské množství odborné literatury, z níž uvádím alespoň sborníky 3 symposií, které organizovala Mezinárodní agentura pro atomovou energii [7—9].

Ozařování odpadů

Intenzivní výzkum v této oblasti se provádí např. v SSSR, USA, Francii, NSR, Holandsku. Cílem ozařování je umožnit využívání odpadů jako hnojiva případně jako přídavku do krmiv hospodářských zvířat.

Po ozáření vhodnými dávkami dochází k:

1. poklesu koncentrace mikroorganismů (bakterií, virů) a parazitů,
2. omezení zápachu,
3. zlepšení sedimentačních vlastností,
4. rozkladu toxických látek (např. pesticidů).

Od roku 1972 je v provozu gama ozařovna komunálních odpadů v Geiselbullach u Mnichova se současnou kapacitou 150 m³/den; poloprovozní ozařovny jsou dále v Burlingtonu (Kanada) a v Deer Island u Bostonu (USA). Další ozařovna má být dokončena koncem r. 1978 v Beltsville (USA). Bude se zde radiačně pasterizovat dávkou 10 kGy [11] 25 t. kompostovaného odpadu za den.

Městské odpady a odpady ze živočišné výroby se mohou stát hodnotným zdrojem dusíku, fosforu a organických látek. Při pokusech prováděných v Geiselbullach se podařilo dosáhnout stejných výnosů jako při obvyklém způsobu hnojení [12]. I po ekonomické stránce je radiační metoda přijatelná a náklady jsou přibližně na úrovni jiných pasterizačních metod [13].

Ozařování odpadů je nyní ve stadiu poloprovozního ověřování. Pro další vývoj bude velmi důležité stanovisko hygienické služby k používání neošetřených odpadů. Dosud není jednotný názor na to, jaká jsou rizika z kontaminace půdy patogenními organismy. Jedním z velmi vážných problémů je také obsah těžkých kovů [14]. Aplikace ionizujícího záření se v této oblasti nabízí jako jedna z alternativních metod, která může pomoci při vývoji bezodpadových technologií. V ČSSR byla vypracována studie [15] a experimentální výzkum se provádí v Ústavu jaderného výzkumu v Řeži.

Souhrn

Biologických účinků ionizujícího záření se využívá při radiační sterilizaci zdravotnických potřeb, snižování ztrát potravin při jejich transportu a skladování a pasterizaci komunálních a zemědělských odpadů. V průmyslovém měřítku se osvědčila radiační sterilizace, která se ve světě úspěšně rozšířila. Radiační ošetření potravin se přes intenzivní výzkum dosud v širším měřítku neprosadilo. Potřeba zamezit zhoršování životního prostředí iniciovala v posledních letech také výzkum ozařování odpadů. Tato oblast se v sedmdesátých letech rychle rozvíjí a budují se poloprovozní a provozní ozařovny.

Literatura

- [1] KAHAN, R. S. — HOWKER, J. J.: Food Preservation by Irradiation. Vol. 2. Proc. Symp., Wageningen 1977, Vienna, IAEA 1978, s. 221.
- [2] INGRAM, M.: Přednáška na kurzu Mezinárodní agentury pro atomovou energii a ozařování potravin. Rio de Janeiro 1975.
- [3] RUSCZ, J.: Závěrečná zpráva úkolu P 09-329-056-06-02, Výzkumný ústav masného průmyslu. Brno 1975.
- [4] VRBĚNSKÝ, V.: Závěrečná zpráva úkolu P 09-159-209-09, Výzkumný ústav krmivářského průmyslu a služeb. Pečky 1977.
- [5] SALKOVÁ, Z. — VARGA, Š. — BURÁK, Š.: Technicko-ekonomická štúdia Návrh experimentálnej poloprevádzkovej stanice na radiačné ošetrenie potravinárskych surovín. Bratislava, SVTS 1974.
- [6] UMEDA, K.: Food Irradiation Newsletter, 1, 1977, č. 2, s. 11.
- [7] Food Irradiation. Proc. Symp. Karlsruhe. Vienna, IAEA 1966.
- [8] Radiation Preservation of Food. Proc. Symp. Bombay, 1972. Vienna, IAEA 1973.
- [9] Food Preservation by Irradiation. Proc. Symp. Wageningen, 1977. Vienna, IAEA 1978.
- [10] SPARENBERG, H.: Food Irradiation Newsletter, 1, 1977, č. 2, s. 10.
- [11] REMINI, W. C. — WAHLQUIST, E. J. — SIVONSKI, H. D.: Radiation for Pollution Control. Proc. 2nd International Conference of ESNA Working Group on "Waste Irradiation". Uppsala 1977, s. 57.
- [12] SÜS, A. — SCHURMANN, G. — HAUSER, M. — SCHMID, R.: Radiation for Pollution Abatement. Proc. 1st Int. Conf. of ESNA Working Group on Waste Irradiation. Munich 1976, s. 207.
- [13] LESSEL, L. — HENNIG, E.: *ibid.*, s. 165.
- [14] LINDSAY, D. G.: Possible health hazards from the Presence of persistent chemical residues in sewage sludge. Preprint. Conf. Utilization of Wewage Sludge on Land. Oxford, Keble College 1978.
- [15] STANĚK, M.: Využití ionizujícího záření ke zpracování exkrementů v živočišné velkovýrobě. Praha—Zbraslav, Ústřední informační středisko pro jaderný program 1977.

Горачек, Ф.

Современное состояние облучения отходов и пищевых продуктов

Выводы

Биологические действия ионизирующего облучения использованы при радиационной стерилизации медицинских принадлежностей, при понижении убытка пищевых продуктов во время транспорта и хранения и пастеризации коммуналь-

ных и сельскохозяйственных отходов. В промышленном масштабе оказалась пригодной радиационная стерилизация, которая в мире успешно распространилась. Радиационная обработка пищевых продуктов, несмотря на интенсивное исследование до сих пор не достигла более широкого применения. Необходимость предотвратить ухудшение жизненного окружения в последние годы дала толчок тоже к исследованию облучения отходов. Эта область в семидесятых годах быстро развивается и строятся полупромышленные и производственные рабочие камеры.

Horáček, P.

Irradiation of waste and food at the present time

Summary

Biologic effects of ionizing irradiation are utilized in radiation sterilization of sanitary utensils, lowering of food losses during transport and storage and in pasteurization of municipal and agrarian waste. On a industry-wide scale has proved competent the radiation sterilization, successful in the world extended. Radiation treatment of foods despite of intense research could not on a wider scale till now be of use. The need deterioration of living conditions to stop has supported in last years also research of waste irradiation. This area in seventieth years is quickly developing and pilot and operating irradiation plants are constructed.