

## RIADAČNÁ KONZERVÁCIA POTRAVÍN Z HĽADISKA ZDRAVOTNÍCKEHO

M. BARTOŠKOVÁ A J. BIRTOK

Prv než sa budeme zaoberať rozborom radiačnej konzervácie potravín z hľadiska zdravotného, poukážeme krátko na plyn ionizujúceho žiarenia na živý organizmus.

Pri ožarovaní živého organizmu rozhodujúcim faktorom je jeho radiačná citlivosť.

Tabuľka 1

Organizmus	Dávka	Poznámka
Človek	25 r	Maximálna dovolená prahová dávka ešte bez škodlivých následkov.
	75 r	Kritická dávka, po prekročení ktorej môže dôjsť k ochoreniu z ožarovania.
	150 r	Po tejto dávke ochorenia 50 % jednotlivcov.
	400 r	L D 50/30
	7—800 r	L D 100
Ošipaná	400 r	L D 50/30
Morča	400 r	
Myš	500 r	
Krysa	600 r	
Netopier	15 000 r	
Hmyz	10 000 r	L D 50/12
Bakterie vegetatívne	5—100 000 r	L D 90
Spóry	3 000 000 r	L D 100

Z uvedených údajov je jasné, že človek, ktorý jedine vie aplikovať ionizujúce žiarenie, je naň práve najcitlivejší. Napriek tomu nemusíme mať prílišný strach pred žiarením, veď je mu vystavený od praveku

každý živý organizmus na zemi. Niet pochyby, že práve žiarenie okolia je jedným z najdôležitejších faktorov, ktoré ovplyvňovali kmeňový vývoj a taktiež vývoj človeka. Nepretržite na nás pôsobí kozmické žiarenie i žiarenie v našom okolí vždy prítomných rádioaktívnych izotopov, ktoré sa nachádzajú aj v našom organizme. Tieto žiarenia dovedna určujú hladinu stáleho žiarenia, ktoré zachytáva tabuľka 2.

Tabuľka 2

Zdroj žiarenia		Intenzita žiarenia
Vonkajší	kozmicke žiarenie	33—37 mr/rok
	žiarenie okolia	40—240 mr/rok
Vnútorný	K 40	19 mr/rok
	C 14	1 mr/rok
	Ra (v kostiach)	50 mr/rok
	Štiepne produkty	
	radónu (v pľúcach)	22—250 mr/rok
Hodinky ca 40 mr/rok.		

V porovnaní s dávkami používanými pri röntgenovej diagnostike, prirodzené žiarenie okolia je zanedbateľné. Pri práci s izotopmi sa t. č. povoľuje dávka 300 mr za týždeň. Niektorí autori považujú túto dávku už za škodlivú a dovolenú dávku stanovujú na 100 mr za týždeň.

Tabuľka 3

Dávky pri rtg snímkovej diagnostike	
Orgán	Dávka
Žalúdok	1,5—3,0 r
zuby	3,0—5,0
čelná dutina	až 75 r
pľúca — štítkovanie	0,2—0,5 r

Pri konzervovaní potravín ionizujúcim žiarením vynára sa zo zdravotného hľadiska celý rad problémov. Keď sa ich podarí vyriešiť, splní táto revolučná metóda svoje poslanie. V pokusoch sa dosiahli výsledky, ktoré čiastočne tlmili príliš optimistické názory niektorých autorov, chcúcich riešiť všetky problémy konzervovania potravín pomocou radiačnej sterilizácie. Dnes je už známe, že tento spôsob nevytlačí doteraz používané technologické postupy, avšak v rôznych odboroch konzervovania potravín nahradí alebo doplní klasické metódy, čím sa dosiahnu významné hospodárske výsledky.

Otázky použitia tejto metódy v budúcnosti sú v podstate otázky zásadne, práve preto majú veľký psychologický význam. Myslíme tu na rôzne protichodné zprávy hlavne v dennej tlači, kde sa uverejňujú z neinformovanosti jednak dogmatické predpovede, jednak obchodno-reklamné články.

Pri ožarovaní potravín zaujímajú nás hlavne tieto otázky:

1. či sa nestanú aktívnymi,
2. či sa nestanú toxickými alebo karcinogénnymi,
3. či sa neznižuje ich nutričná hodnota.

#### Ad 1. Indukovaná rádioaktivita

Je známe, že pri výbuchu atómových bômb vznikajú rôzne rádioaktívne štiepne produkty, ktoré môžu znečistiť priamo alebo nepriamo aj potraviny. Riešenie tejto otázky je stredom pozornosti rôznych výskumných prác na celom svete. Tak isto sa skúma aj sekundárna aktivita ožarováných potravín. Táto otázka je už dôkladne preštudovaná a vyriešená.

Skutočnosť, že žiarenie o veľkých energiách je schopné vyvolávať jadrové reakcie, môže vyvolať v ožarovanom materiáli aktivitu. Vznik aktivity teoreticky závisí od druhu a energetickej hladiny žiarenia, od účinného prierezu materského prvku a od relatívneho výskytu izotopu. Minimálna energia potrebná na vyvolanie jadrovej reakcie je funkciou charakteru ožarovaneho chemického prvku.

Minimálnu energiu (prahové hodnoty) a poločas rozpadu aktívnych produktov podľa prvkov v potravinách rastlinného a živočíšneho pôvodu uvádza tabuľka 3.

Tabuľka 3

Prvok		Prahová energia MeV	Poločas aktívneho produktu
C	12	18,7	21,0 min
O	16	16,3	2,1 min
N	4	10,65	10,0 min
P	31	12,35	25,0 min
K	39	13,2	7,5 sek
S	32	14,8	3,2 sek
Ca	40	15,9	1,0 sek
Fe	54	13,8	8,9 min
Mg	24	16,2	11,6 sek
Mg	25	11,5	14,8 hod
Mg	26	14,0	62,0 sek
Cu	63	10,9	10,0 sek
Cu	65	10,2	12,8 hod
J	127	9,3	13 dní
Br	81	10,7	6,4 min
Al	27	14,0	7,0 sek
Si	28	16,8	5,0 sek
Li	7	9,8	0,85 sek
Be	9	1,67	veľmi krátky
H	2	2,2	veľmi krátky

Z týchto údajov vidieť, že indukovanie aktivity u prvkov obsiahnutých v potravinách ani teoreticky nie je možné u tých zdrojov žiarenia, ktorých energia nedosiahne aspoň 9–10 MeV. V praxi použiteľné zdroje gama žiarenia (napr. Co 60) majú maximálnu energiu 1,33 MeV, teda omnoho menšiu ako prahové energie a tak nemôžu indukovať sekundárnu aktivitu. Elektrické zdroje žiarenia, ako sú urýchľovače elektrónov, sú schopné dodávať žiarenie o veľmi veľkých energiách, majú veľký význam v atómovej fyzike; pri ožarovaní potravín sa však nedajú použiť napriek tomu, že by z hľadiska technického mali veľký význam, lebo na pasterizáciu a sterilizáciu stačí žiarenie o energii 2 MeV. Aktívne izotopy vznikajúce v potravinách pri použití beta žiarenia majú veľmi krátky poločas a tak ich aktivitu za krátky čas možno celkom zanedbať. Možno vypočítať, že ani u potravín, ktoré majú vysoký obsah jódu, napr. ryby, nedá sa dosiahnuť biologicky nebezpečná aktivita ani pasterizačnými, ba ani sterilizačnými dávkami. Takáto sekundárna aktivita by dávala omnoho menšie dávky žiarenia ako kozmické žiarenie a ostatné žiarenie z pozadia. Podľa rôznych údajov možno vypočítať, že osoba, ktorá by konzumovala výlučne potraviny ožarované pomocou urýchľovača o energii 24 MeV, dostala by maximálnu dávku 3 mr/rok. Keďže pozadie pôsobí u nás na človeka dávkou okolo 150 mr/rok, uvedená prepočítaná hodnota činí len 2 %.

Ako príklad možno uviesť, že v Combridge, Mass., USA ožarovali potraviny beta žiarením o 10 MeV, dávkou až 400 Mrep. U týchto potravín prakticky nebolo možno vykazovať žiadnu aktivitu napriek tomu, že bola použitá dávka vyššia ako dvestonásobok potrebnej sterilizačnej dávky.

## Ad 2. Otázka toxicity

Omnoho ťažšie sa dá odpovedať na tú zásadnú otázku, či následkom ožarovania vzniknú v potravinách látky škodlivé zdraviu.

Kým sa táto otázka nevyjasní, nie sú utvorené predpoklady pre predaj ožarovaných potravín. Riešenie tohto problému má byť základom priemyselného využitia tohto druhu konzervovania potravín.

Otázka toxicity ožarovaných potravín sa vynára na základe ich komplikovaného zloženia. Je jasné, že na túto otázku nemožno odpovedať iba špekulatívne; len výsledky pokusov môžu odôvodniť kladné alebo záporné stanovisko. Keď predpokladáme, že v ožarovaných potravinách vzniknú jedovaté látky, je zrejmé, že ich existenciu treba dokázať. Priamou analytickou metódou sa to sotva dá zistiť. Problém možno najspôľahlivejšie vyriešiť pokusne. Treba vyjsť z predpokladu, že jedovatá látka, akej by sa vyskytovala v potravinách len v nepatrnom množstve, predsa by sa po dlhodobom konzume v organizme akumulovala a vyvolávala rôzne poruchy, čím by sa prítomnosť jedovatých látok dala nepriamo dokázať. Takéto pokusy sú veľmi zdĺhavé a veľmi nákladné. Napriek tomu súčasné pokusy na dokázanie toxicity ožarovaných potravín sú tak rozsiahle, že v dejinách potravinárstva nemajú obdobu. Už vopred môžeme povedať, že doteraz sa ani v jednom prípade nedala dokázať toxicita ožarovaných potravín.

Kŕmne pokusy sa všeobecne robia tak, že potraviny ožarujú veľmi vysokými dávkami (2–10 krát toľko, koľko treba na sterilizáciu), a len týmto alebo vo vyhovujúcom pomere zmiešané s neožarovanými potravinami kŕmia väčší počet pokusných zvierat. Pokusné zvieratá sa podrobujú rôznym biochemickým, histologickým a anatomickým vyšetrením a takto získané výsledky sa porovnávajú s výsledkami získanými pri kontrolných zvieratách.

Aplikovanie viacnásobných sterilizačných dávok sa považuje za potrebné preto, aby sa dosiahla čím väčšia koncentrácia toxických látok a aby chorobné príznaky objavovali čo najvýraznejšie. Tento predpoklad však môže mať apriori dva zdroje chýb a zvýšenie dávok ožarovania nemusí zlepšiť okolnosti a podmienky pokusov. Teoreticky je možné, že zvyšovanie dávky ožarovania nemá za následok len zvyšovanie obsahu určitej toxickkej látky, ale môžu sa vytvoriť aj také škodlivé látky, ktoré by sa pri normálnej dávke ináč neobjavili. Z druhej strany sa dá zase predpokladať, že niektoré toxické látky vzniklé pri nízkych dávkach môžu byť tiež citlivé na ožarovanie a pri vyšších dávkach sa môžu rozkladať alebo sa v dôsledku rôznych indukovaných reakcií zneškodňujú.

Ako prvé boli uverejnené výsledky rozsiahlych amerických pokusov, ktoré trvali dva roky. V pokusoch bolo používané hovädzie mäso ožarované dávkou 2–3 Mrep. Biele krysy boli kŕmené tak, aby ožarované potraviny predstavovali  $\frac{2}{3}$  celkového množstva krmiva (prepočítané na sušinu 45 %) a 60 % kalorickej spotreby. Počas pokusov skúmali na 3 generáciách rast a váhu zvierat, spotrebu a zužitkovanie krmiva, množenie a odumieranie, vznik nádorov a zmeny v krvnom obraze. Namáhavosť týchto pokusov vidno z toho, že bolo pod dozorom vyše 3000 zvierat a že sa urobilo až 35000 histologických, patologických a iných vyšetrení. Štatistické vyhodnotenie pokusov jednoznačne potvrdilo, že biologická hodnota ožarovaných potravín sa nelíšila od kontrolnej potravy a nemala nijaký škodlivý účinok na zdravie. Podobné výsledky priniesli aj pokusy s krysami, kŕmenými ožarovaným mliekom na univerzite v štáte Michigan.

Najrozsiahlejšie kŕmne pokusy robia vo Výskumnom ústave americkej armády. S pokusmi sa začalo r. 1954; neskôršie ich rozšírili na všetky druhy potravín. Experimentovalo sa s krysami, myšami, sliepками, psami a opicami; používali dávky 3–6 Mrep. Ožarované krmivo sa pred použitím skladuje za normálnej teploty minimálne 3 mesiace — aby sa mohol skúmať aj vznik toxických látok. Na kontrolu sa používa neožarovaná potrava. Obsah vitamínov v potrave, ktorý klesne v dôsledku ožarovania, dopĺňa sa na pôvodné množstvo. Pozorovania sa robia asi na 40 000 krysiach — ak do toho nepočítame ostatné pokusné zvieratá —, ale doteraz toxické účinky neboli vykázané.

Pokusy na ľuďoch — dobrovoľníkoch —, samozrejme v malom počte začali sa r. 1955. O exaktných výsledkoch tu, pravda, vzhľadom na obmedzený počet pokusných objektov nemožno hovoriť, ale ani v tomto prípade neboli zaznamenané vo výmene látok a v iných vyšetreniach nežiadúce zmeny. Z celkového množstva stravy ožarované potraviny reprezentovali 25–100 %

Tabuľka 4. Váha prvej generácie kryš za 14 dní v gramoch

Dávka ožarovania Mrad		Ožarovaná potravina			
		bravčové mäso	broskyne	mrkva	džem
Samičky	0	230,0	231,7	227,8	216,7
	2,79	227,0	226,2	214,2	217,7
	5,58	230,0	321,8	219,0	211,0
Samci	0	362,0	350,1	361,0	333,2
	2,79	366,0	366,1	329,0	347,0
	5,58	356,0	358,9	334,0	340,4

35 % sušiny celkového množstva potravy.

Tabuľka 5. Životnosť pokusných zvierat v dňoch

Dávka ožarovania Mrad	Samci	Samičky
0	624	619
2,79	630	606
5,58	608	625

Aj vo Veľkej Británii robia rozsiahle pokusy s kŕmením kryš, ošípaných a sliepok. Čo sa týka toxicity ožarovaných potravín, dostávali tiež negatívne výsledky. Význam pokusného kŕmenia ošípaných ožiarenými zemiakmi má značný hospodársky efekt, keďže sa dokázalo, že retardované zemiaky sa hodia na kŕmenie a tak toto dôležité krmivo možno používať celý rok.

Pri dlhodobých kŕmnych pokusoch možno sledovať aj karcinogénny vplyv. Teoreticky sa dá predpokladať, že niektoré zložky potravín (napr. steríny) môžu sa stať karcinogénnymi. Aj keď sa v doterajších dlhodobých pokusoch nevykazujú štatisticky významné odchýlky v počte vzniku nádorov ani u kryš ani u myší, nemožno tieto pokusy považovať za ukončené. Počas týchto pokusov zvieratá nielen kŕmia ožarovanými potravinami, ale im vstrekujú ožarované sterínové preparáty priamo do krvi alebo skúmajú ich karcinogénny vplyv vtieraním do pokožky.

### Ad 3. Nutričná hodnota ožarovaných potravín

V úvode našej štúdie sme spomenuli, že sa študujú aj zmeny nutričnej hodnoty v ožarovaných potravinách. V tejto tematike je dnes už veľmi rozsiahla a podrobná literatúra.

Na základe doterajších výsledkov možno tvrdiť, že ani celková sterilizácia ionizujúcim žiarením nevyvoláva vo všeobecnosti zásadný pokles biologických hodnôt a celkový efekt tejto metódy je priaznivejší ako pri sterilizácii teplom.

Čo sa týka využiteľnosti ožarovaných uhľohydrátov, nezistil sa pokles v porovnaní s kontrolou ani u kryš ani u ľudí a využiteľná



energia ožarovaných potravín aj s 3–9 Mrad bola tá istá ako u čerstvých potravín.

Ožarovanie masti a mastných kyselín zdalo sa byť problematické nielen pre známy nepriaznivý biologický účinok, ale aj pre polymerizovaných mastí. Dokázalo sa, že peroxydové číslo ožarovaných potravín s dávkami 2,8–5,6 Mrad nedosahuje zo zdravotného hľadiska nebezpečnú hodnotu a tak výsledky ožarovania slaniny boli tiež vyhovujúce.

Na ožarovanie sú najcitlivejšie vitamíny, avšak keď sú v potravinách prítomné prírodné ochranné látky, sú menej citlivé ako izolovane. Už r. 1955 sa zistilo, že u sliepok kŕmených ožarovanými potravinami stúpala čas zrážania krvi a sliepky ochoreli na leukémiu, čo sa dá vysvetliť značným úbytkom vitamínu K. Keď k ožarovanej potravinám prímiešali látku s veľkým obsahom vitamínu K (napr. lucernu, špenát atď.) ochoreniu nedošlo. Pri pokusoch s krysami (hlavne u samcov), ktoré boli kŕmené mäsom ožiareným dávkou 3 Mrad, došlo k podobnému ochoreniu, ktoré sa však dalo likvidovať prímiešaním vitamínu K.

Mechanizmus tejto avitaminózy K vytvárajúci sa pri kŕmení veľkými dávkami ožarovaných potravín nie je ešte jednoznačne vysvetlený. Je však skutočnosťou, že sa uvedené príznaky ochorenia objavili aj vtedy, keď zvieratá boli kŕmené istým množstvom neožarovaného vareného mäsa, aj vtedy boli pozorované spomenuté symptómy. Príčinou ochorenia pokusných zvierat bola teda avitaminóza, ktorá by sa pri analogickom pokuse na ľuďoch pravdepodobne nevyskytla, pretože črevná mikroflóra človeka syntetizuje potrebné množstvo vitamínu v dostatočnom množstve.

Podľa niektorých správ použitie ožarovaných potravín spôsobilo u potomstva pokusných zvierat vrodenú slepotu, ale ani v kontrolných pokusoch sa nezistilo väčšie percento slepých potomkov, ako obvykle. Dodatočne sa vysvetlilo, že príčinou vrodenej slepoty neboli ožiarené potraviny, ale nejaká degenerácia skúmaného kmeňa kryš. Nie je smerodajne vykázané zníženie plodnosti niekoľkých psov, pretože pri pokuse robenom s väčším množstvom psov (100 psov) sa takýto vplyv ožiarenej potravy nezistil. Podľa názoru výskumníkov tu došlo v dôsledku ožarovania k rozpadu vitamínu E, čo by mohlo zapríčiniť určité poruchy v množení skúmaných zvierat. U ľudí by to však nebol nijaký problém, pretože u človeka nie je dokázaná potreba vitamínu E. V súbore skúmaných myši len v jednom prípade došlo k pretrhnutiu srdcovej komory. V opakovanom pokuse sa nič podobného nezistilo. Je to dôkazom toho, že toxický faktor nebol prítomný.

I keď je skutočnosťou, že ožiarovaním sa znižuje obsah vitamínov v potravinách, vhodnou kombináciou jedál možno ľudský organizmus saturovať potrebnými dávkami vitamínov.

Výskum ožarovania potravín v SSSR v poslednom čase značne pokročil. Ministerstvo zdravotníctva SSSR ako prvé na svete povolilo r. 1958 dať na verejný konzum ožiarené potraviny. Išlo o zemiaky ožiarené dávkou 10 krad. Podľa najnovších správ Ministerstvo zdravotníctva SSSR povolilo už aj dezinfekciu cibulín, a to tiež dávkou 10 krad. V USA robia pokusy s ožarovanými potravinami na širokej báze: skúmaniu podrobujú 250 000 pokusných zvierat. Na pokusy robené pre vojenské účely menia poskytnúť na šesť rokov 900 000 dolárov.

V dôsledku pochopiteľnej opatrnosti zo strany zdravotníckych orgánov ako i z hospodárskych dôvodov dá sa očakávať, že ožiarené potraviny sa na trhu objavajú len o niekoľko rokov, avšak zavedenie tovaru ožiareného malými dávkami je už aj dnes najmä z hľadiska hospodárskeho opodstatnené.

## S ú h r n

V literatúre o tejto téme sa zisťuje, že klesania biologických hodnôt pri konzervácii potravín ožarovaním je zanedbateľné. Táto technológia úchovy potravín má budúcnosť, je výhodnejšia než sterilizácia teplom. Početnými pokusmi je potvrdené, že ožarované potraviny neobsahujú ani toxické ani karcinogénne látky.

## STRAHLUNGSKONSERVIERUNG DER LEBENSMITTELN VOM STANDPUNKT DES GESUNDHEITSWESENS

In der einschlägigen Literatur wird festgestellt, dass die Verminderung mit Strahlkonservierung bewirkte der biologischen Werte von Nahrungsmitteln vernachlässigt werden kann.

Diese Technologie der Konservierung der Lebensmittel ist vielversprechend, da sie günstiger ist, als Wärmesterilisation. Zahlreiche Versuche haben bewiesen, dass die bestrahlten Lebensmittel weder toxische noch karcinogene Stoffe enthalten.

## L i t e r a t ú r a

1. Farkas J., Kiss I., *Élelm. ip.* 15, 263, 1961.
2. Bubl, E. C., Butts J. S., *Proc. of the Int. Conf. on the Preservation of Food by Ionising Rad.*, Cambridge Mass., 1959.
3. Kraybil H. F., *Int. J. Appl. Rad and Isot.* 6, 1959.
4. Kraybil H. F., *Nucleonics*, 18, 1960.
5. Rogačev V. I., *Atomnaja energija* 135, 1960.
6. Horne T., Hickman J. R., *Int. J. Appl. Rad and Isot.* 6, 1959.
7. Birtok J., *Liter. štúd. k výsk. úlohe*, Bratislava 1961.
8. Ingram M., *Int. J. Appl. Rad and Isot.* 6, 1959.
9. Smith R., *Food Engng.* 5, 1960.
10. Kuprianoff J., *Strahlenkonservierung*, Darmstadt, 1960.

### Znižovanie výrobných nákladov pri lyofilizovaní potravín

(Costings indicate that dehydrated foods will be cheaper than quick frozen foods)

Vo Veľkej Británii sa zväčšuje počet tých, ktorí sú presvedčení, že o 10 rokov sa bude predávať viac lyofilizovaných ako mrazených potravín, pričom náklady na lyofilizáciu budú menšie ako pri mrazení potravín, ak sa prihliadne k nákladom na výstavbu a prevádzku chladiaresko-mraziarskych zariadení. — 1961, *Frozen Foods*, 14, č. 1, s. 34.

### O hneďnutí jabĺk a hrušiek za chladu

(Vie des sections de l' A. F. F.)

Zaujímavý referát o schôdzi sekcie pre ovocie a zeleninu Francúzskej spoločnosti pre chladenie, kde sa podrobne prebrala problematika hneďnutia jabĺk a hrušiek uchovávaných v chlade. Oplyvňujúce faktory sú tieto: sorta, klíma, čas zberu, skladovanie, kyslík. Preventívne opatrenia: výber sorty, optimálny čas zberu, vetranie skladu, vhodné obaly. — 1961, *Rev. gén. Froid*, 38, č. 1, s. 92—93.