

## SÚHRN POZNATKOV RADIAČNEJ KONZERVÁCIE POTRAVÍN

JOZEF BIRTOK

Za najmodernejšiu metódu úchovy potravín sa v súčasnosti považuje sterilizácia pomocou ionizujúceho žiarenia. Prvé praktické skúšky tejto metódy sa konali len v roku 1943, ale napriek tomu jestvuje o tomto spôsobe konzervácie už veľmi rozsiahla literatúra.

Z tohto hľadiska môže prísť do úvahy žiarenie dvojakého druhu, a to beta a gama žiarenie z rádioaktívnych látok alebo žiarenie z elektrických zdrojov. Rôzne živočíchy majú veľmi rozdielnu odolnosť proti žiareniu. Kým pre človeka je 0,8 krep smrteľnou dávkou, hmyz znesie dávku 25, baktérie 50—500, spóry 1000—4000, vírusy, toxíny a enzýmy 5000 a viac krep.

Predpokladom praktického použitia tejto metódy konzervácie je dokázanie jej zdravotnej bezchybnosti. Výsledky výskumných prác a všetky doterajšie skúšky, ktoré boli urobené skoro so 100 druhmi potravín, dosvedčujú, že pri ožarovaní potravín nevznikajú žiadne toxické látky. Na žiadosť zdravotníckych orgánov sa ďalej pokračuje s pokusmi v tomto smere, najnovšie takými vysokými dávkami ožarovania, ktoré činia 5—10 násobok potrebnej sterilizačnej dávky. So zvláštnou starostlivosťou sa skúma karcinogénny účinok na potkanoch, kŕmených potravinami ožiarenými dávkou o 10 000 krep. Doterajšie výsledky nepotvrdili vznik karcinogénnych látok.

Robili a robia sa veľmi vyčerpávajúce výskumy zamerané na vysvetlenie vzniku organoleptických zmien vznikajúcich pri ožarovaní niektorých potravín. Čo sa týka farby, u mäsa nastávajú slabé až značné zmeny, a to podľa toho, o aký druh zvierata ide, mlieko zhnedne, višne zblednú atď. Konzistencia mäsa sa zhorší, zmäkne, jablká i niektoré ďalšie druhy ovocia zmäknú aj pri dávke 100 krep. Viskozita šťavy z ovocia a zeleniny sa znižuje (napr. u višňovej šťavy sa viskozita znížila z pôvodných 60 cpoise na 11.) U mlieka naopak viskozita sa zvyšuje, ba niekedy sa tvorí gél. Často dochádza k zmene vône. Z hovädzieho mäsa sa všeobecne uvoľňujú merkaptány, sírovodík a vznikajú rôzne iné zlúčeniny; oleje žltnú atď.

V dôsledku ožiarenia mení sa z viacerých hľadísk aj nutričná hodnota potravín. Napriek tomu, že počiatočné pokusy vzbudili optimistické názory, treba na základe výsledkov výskumných prác počítať s poklesom nutričných hodnôt. Tieto výsledky všeobecne nasvedčujú tomu, že pokles nutričných hodnôt v ožarovaných potravinách je menší ako pokles nutričných hodnôt pri sterilizácii teplom a väčší ako pri konzervovaní zmrazením. Napr. u mäsa pri dávkach okolo 500 krep stúpa pH, klesá množstvo rozpustných bielkovín, znižuje sa obsah glykogénu a vzniká sírovodík a metylmerkaptány. Pri ožarovaní za normálnych teplôt miera vznikajúcich zmien je funkciou priamo úmernou veľkosti dávky. Zmeny vznika-

júce pri ožarovaní za nízkych teplôt, ale hlavne zmeny pri hlbokých teplotách sú oveľa menšie a tak sa ožarované potraviny z hľadiska organoleptických vlastností vyrovnávajú, ba aj predstihujú potraviny konzervované mrazením. Napr. pri ožarovaní mäsa za normálnych teplôt tvorí sa na povrchu zelenkasté zafarbenie pozostávajúce zo sulfomioglobínu, pri ožarovaní za nízkych teplôt sa táto vrstva na povrchu mäsa nevytvára.

Nad dávkou 3000 krep vznikajú zmeny aj vo väčšine aminokyselín, a sú to takéto úbytky: kyselina glutamínová (44 %), serín, treonín, arginín, kyselina asparagínová, metionín (14 %). U mlieka sa dokázalo, že zníženie biologických látok bielkovín súvisí s čiastočným rozkladom obsahu cystínu. Ožarovaním dávkou 3000 krep sa vo väčšej miere rozložil serín a metionín; malý rozklad bol pozorovaný u treonínu. Pri veľkých dávkach — 10 000 krep rozklad kyseliny glutamínovej je 49 %-ný, zatiaľ čo metionín, izoleucín, serín, histidín, glycín a kyselina asparagínová sa rozkladajú v 30 %-nom množstve. Pri takej vysokej dávke niektoré enzýmy už deaktivizujú. Pri ožarovaní niektorých zelenín, ako zelený hrášok, fazuľka atď., nastávajú určité zmeny aj v obsahu aminokyselín, ale už v omnoho menšej miere. Bielkoviny kukurice a pšenice zostávajú bez zmien aj pri dávkach 10 000 krep.

Aplikovaním ionizujúceho žiarenia klesá aj obsah vitamínov v potravinách. Napr. u mlieka pri dávkach 600—800 krep je rozklad vitamínov A, C, E 70 až 80 %-ný. U hovädzieho mäsa sa účinkom 3000 krep gama žiarenia rozkladá 10 % obsahu riboflavínu, 25 % pyridoxínu, zatiaľ čo niacín značne odolával rozkladnému účinku žiarenia aj pri dávke 400 krep. Tak isto vykazoval veľkú odolnosť aj inozit. Pri dávke 3000 krep. tiamín podliehal 55 %-nému rozkladu. Pri ožarovaní za normálnych teplôt rozkladá sa polovica obsahu kyseliny askorbovej už pri dávke 500 krep. Tokoferol je taktiež citlivý na ožarovanie. Vitamín K je dostatočne odolný. Všeobecne možno konštatovať, že pri ožarovaní za normálnych teplôt rozklad vitamínov má ten istý ráz ako pri sterilizovaní teplom. Výsledky najnovších prác z rokov 1956—1957 svedčia o tom, že pri ožarovaní za nízkych teplôt je rozklad vitamínov oveľa menší, hlavne vtedy, keď sa vitamíny nachádzajú v prirodzenom prostredí definovanom v danej potravine.

Zmeny nastávajúce účinkom ožarovania značne závisia od okolitého prostredia. Jednotlivé hodnotné biologické látky potravín sa ľahšie porušujú v stave in vitro, izolovane, ako v prirodzenom prostredí danej potraviny. Tak napr. vitamín B<sub>12</sub> v mlieku veľmi dobre odoláva rozkladnému účinku žiarenia, zatiaľ čo v stave čistom a rozpustenom vo vode sa veľmi rýchle rozkladá. Podobná situácia je aj u aminokyselín, čo sa dá presvedčivo dokázať u rybieho mäsa, kde sa obsah esenciálnych aminokyselín neznižuje ani pri 900—2700, ba ani pri veľmi vysokej dávke 5700 krep. Podľa najnovších správ stabilizujúci účinok prirodzeného prostredia sa dá podstatne zvýšiť jednak tým, že sa zníži obsah voľnej vody v ožarovanej potravine sušením (prípadne lyofilizovaním — o tom ešte neboli uverejnené správy), jednak zmenou skupenstva obsahu voľnej vody potravín mrazením na skupenstvo tuhé.

Na zabránenie vzniku organoleptických a iných zmien nastávajúcich účinkom ionizujúceho žiarenia vykonalo sa už mnoho pokusov. Poznáme už viaceré metódy, pomocou ktorých sa dajú znížiť, resp. obísť nežiadúce vedľajšie účinky aj pri väčších dávkach radu 1000 až 10 000 krep. Pomocou tzv. akceptorov možno vo veľkej miere obmedziť účinok voľných radikálov. Tak napr. hnedému sfarbe-

niu i zmenám vo vône a chuti ožarovaného mäsa možno zabrániť pridaním kyseliny l- a d- askorbovej (0,5—1,0 %), pečeňového preparátu atď. Pri niektorých potravinách sa veľmi dobre osvedčilo primiešanie kyseliny l-askorbovej, ktorá zvýšila aj obsah vitamínu C v ožarovanej potravine. Tieto metódy na zabránenie vzniku vedľajších nežiadúcich účinkov môžeme považovať už za klasické. Z moderných metód okrem ožarovania za nízkych i hlbokých teplôt veľa možno očakávať hlavne u mäsa, od jeho predošlej prípravy na ožarovanie v stave in vivo, teda pred usmrtením zvierata. Podstata tejto metódy spočíva v tom, že nepriamou cestou zabráňuje vzniku postmortálneho stavu svalového tkaniva, teda autolýzy, a to tak, že pred usmrtením sa zieraťu dá adrenalínová injekcia. Takto pripravené a ožiarené mäso si zachováva skoro bez zmien svoju prirodzenú farbu a vznikajúce organoleptické zmeny sú kladné. Pri ožarovaní mlieka a niektorých mliečnych výrobkov sa najlepšie osvedčilo zabránenie organoleptických zmien za súčasného odstránenia nežiadúcich vedľajších produktov pomocou vákuovej destilácie počas ožarovania. U ovocných štiav je zaujímavou skutočnosťou, že organoleptické zmeny vznikajúce ožarovaním ich vhodných zmesí sú podstatne menšie ako zmeny vznikajúce pri ožarovaní jednotlivých komponentov. Tento jav ešte nie je vysvetlený.

Ako sme už spomenuli na ožarovanie potravín možno používať elektrické a rádioaktívne zdroje žiarenia. Vývoj elektrických zdrojov smeruje k produkcii elektrónov o vysokej energii a s vysokou ionizačnou schopnosťou. Napriek tomu ich použiteľnosť je značne obmedzená, odhliadnúc od povrchovej pasterizácie, keďže hĺbka preniku elektrónov o dovolenej energii je pomerne malá. Hĺbka gama žiarenia o rovnakej energii je oveľa väčšia. Ako zdroj gama žiarenia v prvom rade prichádza do úvahy izotop Co60, ktorý sa dá ľahko a lacno vyrábať v atómových reaktoroch bombardovaním neutrónov. Poločas izotopu Co60 je 5,2 rokov. Podobným zdrojom je aj izotop Cs137 s polčasom 37 rokov, ktorý získame tiež z reaktoru ako štepny produkt uránu.

Čo sa týka veľkosti aplikovaných dávok, je známe, že letálna dávka hmyzu a trichín je 10—100 krep, zatiaľ čo retardačná dávka a tzv. „brzdiaca dávka zrenia“ je do 10 krep. Dávka potrebná na zničenie mikroorganizmov — vegetatívnych foriem — teda pre pasterizáciu, je cca 500 krep a na zničenie spór, teda pre sterilizáciu je potrebné až 2000 krep. Na inaktivizáciu enzýmov treba aplikovať ešte väčšiu dávku, a to 10 000 a viac krep. Na základe týchto poznatkov a v dôsledku súčasne sa znižujúcich cien uvedených vhodných izotopov sa už pristúpilo k poloprevádzkovému, ba aj priemyselnému použitiu ionizujúceho žiarenia pri zabránení vyklíčenia zemiakov, dezinfekcii obilovín a múčnych výrobkov, pasterizácii vajčiek — zničenie salmonel — a pri zničení trichinel v mäse. Na zničenie patogénnych baktérií Salmonella u vaječnej melanže stačí pomerne malá dávka — 300 krep. Pri ožarovaní vaječnej melanže uvedenou dávkou už síce vzniká radiačná príchuť, ktorá však vyprchá, keď sa melanž spracováva ďalej rozprašovacím sušením na vaječný prášok; v budúcnosti možno považovať takúto výrobu za veľmi významnú. Z hľadiska hospodárnosti možno v uvedených príkladoch už dnes konštatovať, že sterilizácia a pasterizácia pomocou ionizujúceho žiarenia z rádioaktívnych zdrojov, ďalej boj proti škodlivému hmyzu pomocou urýchľovačov elektrónov vyžadujú asi rovnaké náklady ako doteraz používané iné postupy, ba v niektorých prípadoch, ako napr. dezinfekcia semien, sú aj lacnejšie.

Podľa niektorých autorov je veľmi výhodné používať krátkodobé, ale veľmi intenzívne žiarenie. Br asch a Hu ber odporúčajú ožarovanie za  $10^{-6}$  sekúnd o veľmi veľkej intenzite, ktoré sa vyvoláva pomocou kapacitrónu v podobe tzv. elektrónového blesku. Takéto krátkodobé ožarovanie má veľmi intenzívny mikrobiálny účinok, pričom sprievodné chemické zmeny sú minimálne. Tento poznatok sa zakladá na skutočnosti, že pre priebeh chemických reakcií je potrebná dlhšia doba ako  $10^{-6}$  sekúnd, takže nemôže prebiehať pre krátku dobu ožarovania.

Použitím ionizujúceho žiarenia možno vyriešiť sterilizáciu a pasterizáciu potravín, ako to vidno v predošlého obsahu tohto článku a ako to dosvedčujú štúdie vedeckého a praktického charakteru.

Z mikrobiologického hľadiska je ešte viac problémov, ktorými sa bude musieť výskum v budúcnosti nevyhnutne zaoberať. Na základe viacerých štúdií sa zistilo, že životná aktivita kvasiniek sterilizovaných dávkou 1000 krep, zostáva neporušená z viacerých hľadísk, resp. je len málo zmenená. Také sú napr. dýchanie, zabudovanie aminokyselín, tvorba ergosterínu. Táto skutočnosť je v protiklade s činnosťou kvasiniek sterilizovaných teplom. Takáto mohutná, ale prirodzene patologicky zmenená výmena látok ožarovných kvasiniek môže zapríčiniť v potravinách v prípade dostatočnej koncentrácie buniek nežiadúce a škodlivé zmeny. Aby sa tomu zabránilo, odporúča sa okrem ožarovania použiť aj ďalšie doplnujúce postupy, ktoré súčasne znižujú aj potrebnú dávku ožarovania. Otázkou je aj vznik rezistentných mutant, ktoré svojím rozmnožením môžu vyvolávať ďalšie problémy hlavne po ožarovaní nižšími pasterizačnými dávkami. Mikrobiológovia a chemici, pracujúci na tomto poli sa musia snažiť, aby vhodným spôsobom zvýšili radiačnú citlivosť mikróbov, a tak znížili dávky, potrebné na sterilizáciu.

Vo výskume využitia ionizujúceho žiarenia pre úchovu potravín v spojení s mraziarstvom treba ďalej študovať potrebné dávky ožarovania v závislosti od teploty ožarovania a skladovania. Pri týchto pokusoch bude treba sledovať jednak vplyvy prostredia — umelá atmosféra, vákuový obal atď. — jednak akceptory voľných radikálov. Pri určení dávkovania treba skúmať i možnosti využitia kumulatívneho účinku prerušovaného ožarovania, keď sa medzi jednotlivé čiastkové dávky aplikuje určitý doplnujúci postup, napr. použitie antibiotík a tiež vplyv šokového, krátkodobého ožarovania.

Z doterajších výsledkov vyplýva, že treba sledovať organoleptické zmeny v ožarovných potravinách, a to v závislosti od rôznych parametrov ožarovania a od dĺžky skladovacej doby. Pri pokusoch so skladovaním bude treba sledovať vznikajúce fyzikálne a fyzikálno-chemické zmeny ožarovných potravín v zmrazenom stave, po rozmrazení a porovnávať ich — pre kontrolu — s nezmrazenými čerstvými potravinami. Počas týchto pokusov treba sledovať, aspoň orientačne, aj vplyv rôznych použitých obalov.

Za sústavného pokračovania v týchto pokusoch s ožiarenými potravinami začne sa súčasne výskum ich zdravotnej bezchybnosti a výskum iných potravín, použitých pri kŕmení pokusných zvierat. Pre úspešné riešenie tejto otázky treba nadviazať úzku spoluprácu s príslušnými orgánmi a výskumnými ústavmi.

Podľa najnovších literárnych údajov treba tu uviesť, že už teraz treba uvažovať o otázkach zavádzania tejto novej pokrokovej technológie do priemyslu, aspoň v poloprevádzkových rozmeroch. Predpoklady realizácie sú odôvodnené tým, že na konci III. 5 RP bude dokončená výstavba a dá sa do prevádzky prvá atómová elektráreň na Slovensku, ktorá by mohla slúžiť nielen ako zdroj elektrickej

energie, ale aj za zdroj ionizujúceho žiarenia priamym alebo nepriamym spôsobom. Výhodná je aj tá skutočnosť, že tento zdroj ionizujúceho žiarenia bude umiestnený v centre silnej poľnohospodárskej základne.

Perspektívne možno predpokladať vzhľadom na povahu rádioaktívnych materiálov, že ich využitie v potravinárskom priemysle z hľadiska studenej sterilizácie sa uskutočňuje vo forme komplexnej jednotky automatických liniek.

(Spracované na základe vlastnej literárnej štúdie k výskumnej úlohe: „Výskum využitia rádioizotopov pri úchove potravín v spojení s mraziarenstvom“.)

#### ZUSAMMENFASSUNG DER ERKENNTNISSE ÜBER DIE STRAHLUNGSKONSERVIERUNG VON LEBENSMITTELN

Bearbeitet vom Autor auf Grund der Literaturstudie zur Forschungsaufgabe: „Forschung der Radioisotopenausnützung bei der Strahlungskonservierung im Zusammenhang mit dem Gefrieren.“