
MŰSZAKI FEJLESZTÉS — GYAKORLATI KÖZLEMÉNYEK

Radióaktív sugárzás és élelmiszerek (II. rész)*

GÁL ILONA

Budapest Főváros Vegyészeti és Élelmiszervizsgáló Intézete.

III.

Élelmiszerek konzerválása ionizáló sugarakkal

A radioaktív, élettanilag feltétlenül káros hatású élelmiszerektől élesen megkülönböztetendők a tartósítás céljából ionizáló sugarakkal kezelt élelmiszerek. Az ilyen eljárással tartósított tápszer használhatóságának alapvető feltétele természetesen az alkalmazott sugarak energia-tartalmának előzetes gondos ellenőrzése, nehogy az atommag alkatrészeinek kötési energiáját (8 MeV) túlhaladva, maguk az élelmiszerek is sugárzókká váljanak.

A nagyenergiájú sugarakkal való tartósítás gondolata nem új, rövid idővel a röntgensugarak felfedezése (1895) után már megpróbálták csírá-
ölő tulajdonságaikat hasznosítani. Mégis csak a legutóbbi évtizedben, az atomreaktorok fejlődésével párhuzamosan fogtak hozzá komolyan a kérdés megoldásához, mégpedig elsősorban az Egyesült Államokban, de Angliában és Kanadában is.

Milyen körülmények tették indokolttá újfajta sterilizációs eljárás bevezetését?

1. A jelenlegi tartósító módszerek tökéletlensége. A négy, nagyüzemi méretekben is alkalmazható konzerválási módszer: hűtés, hevítés, vízelvonás és kémiai tartósítás. Ezek közül a hűtést és hevítést használják legelterjedtebben.

A hűtött, különösen pedig a *mélyhűtött* élelmiszerekben lelassulnak a fizikai, kémiai és biológiai folyamatok. Az eljárás fő előnye az élelmiszerek természetes sajátosságainak messzemenő megóvása, ezzel szemben hűtőberendezések létesítése és fenntartása, valamint az üzemtől a kereskedelmen át a fogyasztóig érő hűtőlánc biztosítása költséges és nehézkes.

Hőkezeléssel a mikroorganizmusok elpusztulnak és az enzimek inaktívvá válnak. Különösen elterjedt a konzervdobozokban történő sterilizálás. Az eljárás hátránya egyrészt az, hogy bizonyos húsfeleségek és hűskészítmények csírátlanításukhoz annyi hőt igényelnek, amennyi érzékesszervi tulajdonságaikat már kedvezőtlenül befolyásolja, másrészt és főképpen a nagyarányú fémfelhasználás, amelyet más megfelelő eljárás bevezetésével ki lehetne küszöbölni.

2. Az atomreaktorok hulladékainak hasznosítása. Ezek a hulladékanyagok nagy intenzitású sugárforrások. Az USA-ban állítólag annyi van belőlük felhalmozva, amennyi több tonna rádium aktivitásának felel meg, paragon hevertetésükkel tehát óriási energiamennyiségek mennek veszendőbe. Ha módot lehetne találni hasznosításukra, úgy különböző iparágak jutnának új energiaforráshoz. Ezen az alapon érthetővé válnak az e téren tett nagyarányú erőfeszítések.

* A dolgozat I. részét az „Élelmiszervizsgálati Közlemények“ közölte (IV. 122, 1958.) (Szerk.)

Ionizáló sugarak hatása a mikroorganizmusokra. Sugársterilizálás és sugárpasztörizálás.

Élelmiszerek besugárzására konzerválás céljából gyakorlati okokból csak β - és γ -sugarak alkalmasak. Ezek iránt az élőlények érzékenysége — mint már említettük — rendkívül különböző. A VI. táblázat (Kuprianoff összeállítása nyomán) tartalmazza azokat a megközelítő sugáradagokat, amelyek β - vagy γ -sugarakból bizonyos hatások kiváltása érdekében szükségesnek mutatkoznak.

VI. táblázat

Tervbevett hatás	adag r-ben ill. rep-ben
Ember és magasabbrendű állatok, letális adag.....	1000
Kártevők irtása gabonában	25000
Rovarok és rovartojások elpusztítása	100000
Baktériumok vegetatív alakjainak elpusztítása	500000
Élesztők és penészgombák elpusztítása	1000000
Baktériumspórák elpusztítása	2000000
Enzimek inaktiválása	10000000-ig

A táblázatból látható, hogy a halálos sugáradag annál nagyobb minél, kisebb maga a besugárzott élőlény. A sterilizáló adagok millió rep-megarep nagyságúak.

Hogyan történik fentiek alapján a tartósítás a gyakorlatban?

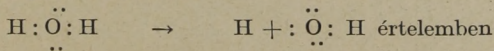
Kereskedelmi szempontból sterilnek tekintenek valamely készítményt, ha maximálisan 10^{-8} mikroorganizmust tartalmaz (Commercial sterility). Nagy energiájú sugarakkal elérhető a teljes csiramentesség is (*Sugársterilizáció*, radiosterilization). Az ehhez szükséges sugáradag, mint a táblázatból is látható, legalább 2 megarep. Kisebb adagokkal való besugárzást nevezik *sugárpasztörizálásnak*. Ennek hatékonyabb formája a nagy dóziszú pasztörizálás (high radiopasteurization). Igényelt sugáradag 1 megarep, ez elpusztítja a baktériumok vegetatív alakjainak zömét. A csekély adagú pasztörizálás (low radiopasteurization), legfeljebb 100 000 rep-pel dolgozik. Baktériumokat ezzel a sugáradaggal csak kis részben lehet elpusztítani, de az eljárás alkalmas burgonya és hagyma csírázásának meggátolására, rovarok kiirtására gabonában, trichina roncsolásra sertéshúsban stb.

A besugárzás minden esetben szobahőmérsékleten történik. Elégtelen besugárzásnál a legnagyobb veszélyt a *botulizmus* jelenti. Az anaerob *Clostridium botulinum* termelte toxinnak már 0,0084 mg-ja is halálos a felnőtt emberre. Ionizáló sugarakkal szemben igen ellenálló. Vegetatív sejtjei már 1 megarep révén elroncsolódnak ugyan (ez a dózis egyébként staphylococcusok, streptococcusok és salmonellák elpusztítására is elegendő), de ha a spórák nem pusztulnak el (ami csak 4—5 megarepnél következik be), folytatódik a toxintermelés. Minthogy aerob körülmények a spóráknak nem kedveznek, Brownell azt ajánlja, hogy besugárzott élelmiszereket — némi levegőt átengedő — polietilén dobozokban tartósítsanak.

Besugárzás kiváltotta változások a kémiai összetételben.

Élelmiszerek sugárhatások iránti érzékenysége lényegileg kémiai összetételüktől függ. A legfontosabb változások a vizes fázisban, valamint a zsírokban és lipidokban mennek végbe.

A vízmolekulák radioliziskor:



H és OH gyökökre hasadnak szét. A keletkező atomos H redukáló, az OH gyök oxidáló hatású. Oldott anyag tehát radiolízis után kémiai természetének megfelelően oxidálódik vagy redukálódik. Így tönkremegy a könnyen oxidálódó aszkorbinsav, néhány B vitamin (tiamin), egyes aminosavak, telítetlen zsírsavak (poliénsavak) stb. bizonyos része.

Ezenkívül egyes vegyületek közvetlenül is elváltoznak sugárhatásra, legtöbbször hőhatással analog módon. Így pl. aminosavak dezaminálódnak illetve decarboxilálódnak. *Fehérjék* szabad, reaktív csoportjainak (pl. SH csoportok) száma megnövekedik, hidrogénkötéseik részben elszakadnak, peptidkötések felbomlását azonban nem tudták kimutatni. Hidrogénhidak elszakadása következtében egyes polipeptidláncok megnyúlnak és így sor kerülhet a molekula alakjának megváltozására. Új keresztkötések létesülhetnek polipeptidláncok között. Molekulaaggregáció révén polidiszperz rendszerek is keletkezhetnek, ami oldékonyságbeli, viszkozitásbeli tulajdonságok, az ultracentrifugálásnál vagy elektroforézisnél tanúsított magatartás megváltozásával jár. Megfigyelték reakciókat is különböző fehérjék között. Sugárhatás révén fehérjék érzékenyebbé válnak egy későbbi hődenaturálódás iránt: a hődenaturálódás alacsonyabb hőmérsékleten következik már be.

További összetételbeli változásokat figyeltek meg a *nukleinsavaknál*, mégpedig lábilis foszfátkötések hidrolízisét, hidrogénkötések felszakadását, dezaminálásokat stb. Következmény: viszkozitásváltozások, aggregációk, dezaggregációk.

Érdekes jelenség, hogy sok *enzim* rendkívüli mértékben sugárrezisztens és néhány megarep hatására sem inaktíválódik, vagy csak részben. Így besugárzásal sterilizált húspan még jelentős proteázaktivitás volt kimutatható. Ezt a jelenséget védőanyagok jelenlétével magyarázzák.

Az élelmiszereket alkotó vegyületek leírt elváltozásai természetesen az *érzékszervi tulajdonságokra* is hatással vannak. A képződő idegen szag- és ízanyagok részben illékonyak és a főzés folyamán később eltűnnek. Állati termékeknél a szükséges két megarep alkalmazása mellett általában jellegzetes besugárzási szag és íz lép fel. Főzelékek, gyümölcsök organoleptikus tulajdonságait a besugárzás kevésbé befolyásolja, bár itt is csökkenhet az aroma és felléphet enyhe jellegzetes szag, de megfigyelték szín intenzitásának csökkenését is.

A leírt érzékszervi elváltozások súlyos problémát jelentenek sugárzással tartósított élelmiszerek gyakorlati felhasználhatóságát illetőleg. Ezeket a kellemetlen mellékhatásokat — mint általában minden kémiai átalakulást — lényeges mértékben lehet csökkenteni azáltal, hogy az élelmiszereket fagyott állapotban, oxigén kizárása mellett és az oxidáló gyökök kikapcsolása céljából akceptorok hozzáadása után vetik alá sugárkezelésnek. A „*gyökakceptorok*” közül — amelyek tehát nagy sebességgel reagálnak a képződött oxidáló gyökökkel — eddig a legjobban az aszkorbinsav vált be. Aszkorbinsav hozzáadásával kellemetlen szag- és ízanyagok képződése meggátolható, úgyszintén telítetlen zsírsavak, könnyen oxidálódó aminosavak és vitaminok elroncsolódása is. A felmerült problémák megoldására jelenleg széles körben folynak a kísérletek. Élettani szempontból biztató körülmény, hogy az összes eddigi állatkísérlet, valamint emberekben szerzett tapasztalat szerint a besugárzás nyomán *mérgező anyagok nem* keletkeznek. *Karcinogén hatás nem* volt kimutatható, még az e tekintetben különlegesen gyanúkteltő vegyületek (zsírok, olajok, szterinkeverékek) besugárzás utáni etetése, injicálása vagy bőrre dörzsölése esetében sem. Éppoly kevésbé látszik ártalmosnak besugárzott táplálék etetése

szaporodás és öröklődés szempontjából, ahogy ezt állatok több generációján végzett kísérletek bizonyítják.

A világszerte kialakult helyzet a hazai fogyasztóközönség védelmére s szükségesség teszi. Ennek egyik alapvető feltétele az volna, hogy *minőségvizsgáló intézeteink ráterjenek az élelmiszerek radioaktivitásának rendszeres ellenőrzésére*. Fentiek alapján elsősorban tej, tejtermékek, gyümölcsök, főzelékfélék és hal jönnek tekintetbe. Idevágó vizsgálati módszerekben a szakirodalom bővelkedik, ismertetésükre folyamatosan visszatérünk.

IRODALOM

- Finkelburg, W.*: Einführung in die Atomphysik Berlin—Göttingen—Heidelberg, 1956.
- Hannan, R. S.*: Scientific and Technological Problems Involved in Using Ionizing Radiation for the Preservation of Food, Food Investigation, Special-Report Nr. 61. London, 1955.
- Lang, K.*: Radioaktivität und Lebensmittel D. L. Rundschau 53. 269, 1957.
- Kuprianoff, J.*: Zur Frage der gesundheitlichen Unbedenklichkeit der durch ionisierende Strahlen behandelten Lebensmittel D. L. Rundschau, 52. 1. 1956.
- Kuprianoff J.*: Lebensmittelkonservierung durch ionisierende β - und γ -Strahlen Z. U. L. 100, 275, 1955.
- Mchler, H.*: Behandlung von Lebensmitteln durch ionisierende Strahlen Mitt. Lebensmittelunters. Hyg. 47, 387, 1956.
- Proctor et al.*: Electromagnetic Radiation Fundamentals and their Application in Food Technology. Advances in Food Research, III, 119, 1951.
- Anderson, E. C., Schuch, R. L., Fisher, W. R., Langham, W.*: Science, 125, 1273, 1957.
- Clayton, C. G.*: Nature, 179, 829, 1957.
- Kulp, J. L., Eckelmann, W. R., Schulert, A. R.*: Science, 125, 219, 1957.

RADIOAKTIVE STRAHLUNG UND LEBENSMITTEL

I. Gál

Verfasserin fasst die durch Messung der natürlichen, sowie der infolge von Atombombenversuchen erhöhten Radioaktivität von Lebensmitteln erzielten Ergebnisse kurz zusammen und behandelt auch die mit der Frage der vermittels ionisierender Strahlen konservierten Nahrungsmittel verbundenen Probleme. Sie empfiehlt bei der Qualitätskontrolle von Lebensmitteln auch auf deren eventuell erhöhte Radioaktivität Rücksicht zu nehmen und entsprechende Messungen durchzuführen.