



Élelmiszertudományi Kar

Mikrobiológiai és Biotechnológiai Tanszék

BESUGÁRZOTT ÉLELMISZEREK TÁROLÁS ALATTI VÁLTOZÁSAINAK VIZSGÁLATA

TDK Dolgozat

DEÁK BERNADETT

Élelmiszermérnök Bsc IV.



TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0005

TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0023

Témavezetők: Nyirő-Fekete Brigitta,

PhD hallgató

Mohácsiné dr. Farkas Csilla,

egyetemi docens

Budapest

2012

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	3
2. Irodalmi áttekintés.....	4
2.1. Besugárzás helyzete az élelmiszeriparban.....	4
2.1.1. A besugárzás rövid története	4
2.1.2. Magyarországi szabályozás.....	5
2.2. Ionizáló sugárkezelés hatása az élelmiszerekre	5
2.2.1. Alkalmazott dózisok	6
2.2.2. Hatása a mikrobiológiai stabilitásra.....	8
2.2.3. Beltartalmi jellemzők változása	9
2.3. A technológia előnyei és hátrányai	10
3. Célkitűzés	13
4. Anyag és módszer	14
4.1. Minták előkészítése	14
4.2. Besugárzás	15
4.3. Tárolás	15
4.4. Mikrobiológiai vizsgálatok	15
4.4.1. Kísérlet leírása	15
4.4.2. Alkalmazott tápközegek és módszerek.....	15
4.5. Érzékszervi vizsgálat	17
5. Kísérleti eredmények és az eredmények értékelése	18
5.1. Mezofil aerob mikroorganizmus szám meghatározása	18
5.2. Aerob spóraszám meghatározása	21
5.3. Anaerob spóraszám meghatározása.....	21
5.4. Koliformok kimutatása	22
5.5. Élesztőgomba szám	24
5.6. Penészgomba szám.....	26

5.7. <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Salmonella</i> spp. és <i>L. monocytogenes</i> kimutatása	28
5.8. Érzékszervi vizsgálatok eredményei	29
6. Összefoglalás	31
Referenciák	33

1. Bevezetés

Napjaink növekvő élelmiszer igénye mellett egyre nagyobb szerepet kap az eltarthatóság növelésének kérdése. A világ minden táján állandó küzdelmet folytatnak az élelmiszert fertőző, vagy szennyező tényezők ellen. Jelentős élelmiszer-veszteséget jelentenek a rovarok, valamint a romlást okozó mikroorganizmusok is. A patogén baktériumok által okozott élelmiszereredetű megbetegedések növekvő tendenciája is kulcsproblémát jelent, különösen a legyengült immunrendszerű emberek számára. Mindezek elkerülésére és visszaszorítására évszázadok során kifejlesztett különböző tartósító eljárásokat alkalmaznak. A számos jól ismert technológia, mint a hőkezelés, fagyasztás, szárítás, sózás, fermentáció, füstölés és a kémiai szerek mellett sikeresen alkalmazott technológia az élelmiszerek ionizáló sugárzással történő tartósítása is. Bár a módszer a köztudatban nem elterjedt, széles körben alkalmazzák Európa és Amerika szerte, élelmiszerek, orvosi és laboratóriumi eszközök kezelésére.

Az eljárás abból áll, hogy a kezelendő élelmiszert meghatározott módon és ideig ionizáló sugárzás hatásának teszik ki. Ez a sugárzás éppen olyan elektromágneses sugárzás, mint a mindennapi életből jól ismert fény, röntgensugárzás vagy a mikrohullámok. A besugárzás hatását számos alkalommal vizsgálták és vizsgálják a mai napig. Ezek mindegyike alátámasztja azt az álláspontot, miszerint ez egy biztonsággal és gazdaságosan alkalmazható módszer.

Hatása az élelmiszerekre és élelmiszer-összetevőkre a többi tartósító eljáráshoz képest kedvező. Az ionizáló sugárzással kezelt termékek az élelmiszer tulajdonságaitól függően közel az eredeti, kezelés előtti állapotukban maradnak meg hosszabb idejű tárolás alatt is, valamint mikrobiológiai stabilitásuk, ami bár a tárolás ideje alatt csökken, kedvezőnek mondható.

A besugárzással tartósított élelmiszerek romlása az alkalmazott sugárdózisok függvényében változik. Mindemellett egy bizonyos dózison felül az élelmiszer jellege megváltozhat, ami az érzékszervi tulajdonságait ronthatja. Ezeknek vizsgálata fontos, hiszen ez az eljárás jelentős szerepet játszhat az élelmiszerveszteségek és kémiai tartósító szerek csökkentésében.

2. Irodalmi áttekintés

2.1. Besugárzás helyzete az élelmiszeriparban

2.1.1. A besugárzás rövid története

A besugárzás alkalmazása napjainkban már nem számít új technológiának. Több éve alkalmazzák orvosi eszközök fertőtlenítésére mindemellett az élelmiszerek besugárzása is több mint 100 éves múltra tekint vissza, és mint megbízható eljárást a XX. század második felétől alkalmazzák (Patterson, Loaharanu, 2000). Először 1905-ben az Egyesült Királyságban adtak ki szabadalmat, ami az élelmiszerek besugárzással történő stabilitását volt hivatott biztosítani. Ezt követően 1921-ben az Egyesült Államokban alkalmaztak röntgensugarakat az emberi parazita *Trichinella spiralis* inaktiválására, melyet a disznóhús izomzata tartalmazott. Az 1940-es években felélénkültek a nemzetközi kutatások, majd 1950-es években mikor nagyobb mennyiségű mesterséges rádióizotóp vált elérhetővé ez a folyamat folytatódott. 1987-ben az Európai Gazdasági Közösség kivéve Nagy-Britanniát és Nyugat-Németországot elfogadta a besugárzási eljárást néhány meghatározott élelmiszerre. Európa szerte kezdeményezték alapos vizsgálatát ennek ellenére itt vált a legkevésbé elfogadottá. (Molins, 2001).

Számos nemzetközi vizsgálatot végeztek és végeznek még ma is melyben részt vesz a Mezőgazdasági és Élelmezési Világszervezet (FAO), a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (IAEA), és az Egészségügyi Világszervezet (WHO) is. A sok éves kutatási eredmények ellenére, melyek teljes mértékben biztosítanak e módszer élelmiszereken történő alkalmazásának veszélytelenségéről, az ellenzők csoportja félreinformálással megalapozatlan félelmet kelt, és ez akadályozza a módszer elterjedését, legfőképpen Európában. Napjainkban több mint negyven ország több mint 100 fogyasztásra alkalmas élelmiszerén alkalmazzák az eljárást, a legtöbb esetben, fűszereken történő baktérium-és penészölő hatása miatt (Farkas, Mohácsi-Farkas, 2011).

2.1.2. Magyarországi szabályozás

A Magyarországon érvényben lévő besugárzott élelmiszerek és élelmiszer-összetevők kezelésére és forgalmazására vonatkozó előírásokat a Magyar Élelmiszerkönyv 1-2-1999/2 (2. kiadás) tartalmazza. E szerint az ionizáló energiával való kezelésre engedélyezett élelmiszerek a szárított aromás növények, a fűszerek és a fűszerkeverékek, melyekre a megengedett maximális teljes átlagos elnyelt ionizáló energia 10 kGy. Ezekről eltérő élelmiszereknél az ionizáló energiával való kezelést a Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium az Egészségügyi Minisztérium egyetértésével engedélyezi.

A megengedett elnyelt ionizáló energia-dózist - a megengedett érték túllépése nélkül - részdózisokban is szabad alkalmazni. Az ionizáló energiával való kezelés nem alkalmazható semmiféle olyan kémiai kezeléssel kombinálva, amelyet az ionizáló energiával való kezeléssel azonos célból végeznek. Mindemellett az élelmiszerek ionizáló energiával való kezelését csak engedéllyel rendelkező létesítményben szabad végezni. Továbbá akkor szabad ionizáló energiával kezelni, ha arra technológiai okokból szükség van, az nem jelent veszélyt az egészségre, azt a javasolt feltételek mellett a fogyasztók érdekében végzik, valamint ha azt nem a jó higiéniai és gyártási gyakorlat helyettesítésére alkalmazzák. Fontos az is, hogy az ionizáló energiával kezelendő élelmiszerek csomagolására használt eszközöknek a célnak megfelelőnek kell lenniük. Az élelmiszerek ionizáló energiával való kezelését csak az alább felsorolt meghatározott célok érdekében lehet alkalmazni:

- az élelmiszerből származó megbetegedések előfordulásának csökkentése a kórokozó szervezetek elpusztításával,
- élelmiszerek romlásának csökkentésére a romlási folyamatok késleltetésével vagy megállításával és azon organizmusok elpusztítása, amelyek ezt a folyamatot előidézik,
- csirázásból, kihajtásból eredő élelmiszer-veszteségek csökkentése,
- élelmiszerek mentesítése növényekre és növényi termékekre káros szervezetektől.

2.2. Ionizáló sugárkezelés hatása az élelmiszerekre

A besugárzott élelmiszerek alatt az ionizáló sugárzással kezelt termékeket értjük. A sugárforrás ⁶⁰Co vagy ¹³⁷Cs lehet. Európában és Magyarországon csak fűszereknél és bizonyos gyógykészítményeknél használják, míg az Egyesült Államokban a fűszerek mellett alkalmazzák gyümölcsökhöz, zöldségekhez, húsokhoz és szárított készítményekhez is (Farkas, 2006).

A besugárzással kezelt élelmiszeren fel kell tüntetni az erre megállapított jelölést. Az Európai Unióban a termékre kell kerülni a „Besugárzással kezelt” felirat, és emellett nem kötelezően, de használható a besugárzással kezelt termékekre vonatkozó nemzetközileg ismert piktogram is, ami az 1. ábrán látható.



1.ábra: Besugárzott élelmiszerek jelölésére szolgáló piktogram (forrás: WHO)

Az ionizáló sugárzást az eltarthatóság növelése érdekében alkalmazzák, mely úgy fejt ki hatását, hogy jelentős DNS károsító hatása révén inaktíválja az élő sejteket, így a mikroorganizmusokat, a rovarok ivarsejtjeit, megakadályozza a növények osztódó szöveteinek újratermelődését mindezzel kedvező tartósító hatást nyújtva a sugárzott dózistól függően. Ugyanakkor a sugárzás által kiváltott kémiai és fizikai hatások minimálisak az élelmiszerekben (Thayer, 2004).

A besugárzás során az élelmiszer nem kerül kapcsolatba a sugárforrással, így nem is szennyeződhet azzal.

A különböző élelmiszerekben eltérő dózisok mellett megállapítható az az optimális mennyiségű sugárzás, ami az érzékszervi jellemzőket, színt, állományt, illatot még nem befolyásolja ugyanakkor mikrobiológiailag megfelelően stabilá teszi az élelmiszert.

2.2.1. Alkalmazott dózisok

A dózisok nagyságát kilogray-ben (kGy) adják meg, ahol $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$ -al. Nagy dózissal számít a 25 kGy, amit általában orvosi eszközök és polimerek kezelésére alkalmaznak. Közepes dózis 1-10 kGy, ami az élelmiszerek besugárzásának tartománya. Az alacsony 1 kGy-es dózist csírázást gátló és rovarölő hatása miatt is alkalmazzák (Kilcast, 1990). A romlást okozó mikrobákat az 1-3 kGy dózis elpusztítja. A dózisok nagyságának hatását az 1. táblázat is mutatja.

1. táblázat: Élelmiszereken alkalmazott sugárdózisok és azok megfigyelt hatásai (WHO, 1988)

Funkció	Dózis (kGy)	Példa
<i>Alacsony dózis (1kGy-ig)</i>		
Csírázás gátló	0.05-0.15	Burgonya, hagyma, fokhagyma
Fertőtlenítés rovartól és parazitától	0.15-0.5	Gabonafélék, szárított gyümölcsök, sertéshús
Érés késleltetés	0.5-1	Friss zöldség és gyümölcs
<i>Közepes dózis (1-10kGy)</i>		
Romlást okozó mikroorganizmusok csökkentése	1-3	Hal, eper
Nem spórák patogén mikroorganizmusok csökkentése	2-7	Pulyka, rákfélék
Mikrobaszám csökkentésszáritott termékekben	7-10	Gyógynövények, fűszerek
<i>Nagy dózis (10-50kGy)</i>		
Sterilizálás	25-50	Steril ételek

Szójababon végzett vizsgálatok kimutatták, hogy különböző 1.0, 3.0, 5.0 és 10 kGy-es dózisokkal történő besugárzások hatására a kezelt élelmiszeren csökkent élesztő és penészgomba valamint az aerob mikroorganizmus szám. Mindemellett szignifikánsan nem csökkent a kezelt szójababban az izoflavonok száma, de nőtt a tokoferol tartalma. A kísérletben végzett érzékszervi vizsgálatok azt is kimutatták, hogy 5 kGy-es dóziséig az illata, íze és textúrája sem változott a kezeletlen élelmiszerhez képest (Park, et. al. 2009).

Hasonló vizsgálatot végeztek darabolt paradicsomon is, amit 0.39, 0.50, 0.56, 1.24, 1.82 és 3.70 kGy-es dózisokkal sugároztak be. Az aerob mikroorganizmusokat figyelve a legnagyobb alkalmazott dózisonál 12 nap után még nem volt növekedés tapasztalható és 15 nap eltelté után sem volt jelentős a változás, míg az élesztő és penészgombák számában a 12-dik nap után két nagyságrendnyi csökkenés mutatkozott. A paradicsom szöveti keménysége csökkent, ahogy a dózisok emelkedtek, de ez a tárolás során nem változott (Prakash et al., 2002).

Állati eredetű terméken, szárnyas belsőségeken végzett kísérletekkel kimutatták, hogy a 20 kGy-es dózisú γ sugárzással fertőtlenített terméknel az érzékszervi, mikrobiológiai és biokémiai

változások mellett, az eltarthatóság 62 napra növekedett. A sugárzást nem kapott minták 26°C-on tárolva viszont 1 nap alatt megromlottak szagokat és gázokat bocsátva ki magukból, ahogy azt Borch és munkatársai (1996) leírták. Az 5 kGy-el kezelt minták 5 valamint 10 napig voltak megfelelő minőségűek 26°C-on és 4°C-on tárolva. 10 kGy-es értéknél az eltarthatósági napok száma a hőfokoknak megfelelően 20 valamint 10 napra emelkedett (Jamdar, et. al, 2008).

2.2.2. Hatása a mikrobiológiai stabilitásra

A szennyeződések elkerülésére tett óvintézkedések ellenére számos élelmiszer okozta megbetegedés történik még manapság is, melyeknek leggyakoribb okozói a nem spórás patogén baktériumok. Jó higiéniai körülményekkel csökkenthetők a nemkívánatos mikrobaszámok, de a legnagyobb gondot jelentő patogéneknél ez nem mondható el, és különösen figyelni kell akkor, ha az adott élelmiszer nyersen kerül fogyasztásra. Ilyen esetben kifejezetten előnyös megoldás a besugárzás alkalmazása.

A különböző mikroorganizmusok különböző mértékben érzékenyek a sugárzásra, kémiai és fizikai felépítésüktől függően. Az adott dózison besugárzott baktériumok pusztulása függ azok belső érzékenységtől, a növekedési szakaszának fázisától, attól, hogy mekkora károsodást okozott a sugárzás és hogy azt milyen mértékben képes a mikroorganizmus helyreállítani. Az élelmiszerekben leggyakrabban előforduló Gram negatív romlást okozó és enterobaktériumok- a patogén baktériumokat is beleértve - általában a legérzékenyebbek a sugárzáskor fellépő hatásokra. Náluk valamivel ellenállóbbak a Gram pozitív baktériumok és penészek, utánuk következnek a spórák és élesztőgombák és a legellenállóbbnak a vírusok bizonyultak a kutatások során.

A 2-7 kGy sugárdózis az élelmiszertől függően, megfelelően képes megszüntetni a nem spórás patogén baktériumok veszélyét, mint a *Salmonella*, *Staphylococcus aureus*, *Campylobacter*, *Listeria monocytogenes*, vagy az *Escherichia coli* O157:H7, és mindezt az érzékszervi és táplálkozási tulajdonságok megváltoztatása nélkül. A 0.15-0.17 kGy közötti dózisok megfelelőek az élelmiszer eredetű paraziták visszaszorításához. A kis- és közép nagyságú sugárdózisok alkalmasak arra, hogy a nemkívánatos mikrobákat különböző stressz hatásokra érzékenyebbé tegyék, ami a további feldolgozáskor a pusztulásukat eredményezheti (Barbosa-Cánovas et. al., 1998). Ezen dózis értékek viszont élelmiszertől függően változhatnak.

Befolyásoló hatással bír a termék hőmérséklete, azon belül is, hogy fagyasztott állapotában történik-e a besugárzás. A besugárzás hatásossága kifejezhető a hőkezelésnél is használatos tizedelési idővel (D érték) (WHO, FAO 1988).

Húsoknál és baromfinál a patogének pusztulásához szükséges pontos dózis értékeket a 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat: Élelmiszer eredetű patogének 99.9%-ának elpusztításához szükséges sugárdózisok hús és baromfi termékekben (Thayer, 2004)

Élelmiszer eredetű pathogen baktériumok	Sugárdózis (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</i> spp.	1.98-2.22
<i>Staphylococcus aureus</i>	1.32-1.44

Az élelmiszereken maximálisan alkalmazott 10 kGy-es dózis nem elegendő a vírusok teljes mértékű inaktiválásához. Ez nem egyedülálló jelenség, hiszen egyéb nem sterilizálással történő tartósítás, mint például a fagyasztás, sem zárja ki vírusok jelenlétét a kezelt termékben. A besugárzás vírusokra gyakorolt hatását megfelelően megtisztított és UV-val is csíráatlanított salátaleveleken és eperdarabokon is kipróbálták. Ezeket oltották be HAV-val (hepatitisz A vírus). A mintákat különböző sugárdózisokkal kezelték (1-10 kGy). A vírusok inaktivitása és a sugárdózisok között lineáris kapcsolat alakult ki. Sem a saláta sem az eper textúrája, külseje nem mutatott változást még a legnagyobb, 10 kGy dózis után sem (Bidawida, Farbera, és Sattarb, 2000).

2.2.3. Beltartalmi jellemzők változása

A besugárzás bizonyos mértékű változtató hatással bír a kezelt termék lipideire, fehérjéire és vitaminjaira. A beltartalmi jellemzők változása elsősorban az alkalmazott dózisok nagyságával hozható összefüggésbe. Alacsony 1 kGy-nél kisebb dózisu kezelésnél az élelmiszerek táplálkozás élettani hatása változatlan marad. 1-10 kGy-es dózisu kezelésnél csekély mértékű vitamin veszteség tapasztalható, még 10-50 kGy-es kezelésnél alacsony hőmérséklet és légmentes környezet szükséges a sugárzás és tárolás alatt is a vitaminok megőrzéséhez (Farkas et al, 1997).

Néhány vitamin, mint a riboflavin, niacin és D vitamin érzéketlenek a besugárzással szemben, míg az A, B₁, E, és K vitaminok könnyen roncsolódnak (FAO, WHO, 1988).

A Kanadai Besugárzó Központ különböző kutatásokat végezt citrussfélék sugárkezelését egyéb tartósítási eljárásokkal összehasonlítva. Egyik alkalommal meleg vízzel mosott majd viasszal kezelt mandarinokat hasonlítottak 0.3kGy-el besugárzott ugyanilyen gyümölcsökhöz. Megfigyelhető volt, hogy tárolás során a C-vitamin tartalma szignifikánsan magasabb volt a besugárzott termékeknek. (Lacroix és Ouattara, 2000)

A vitaminok mellett az élelmiszerben jelenlévő telítetlen zsírsavak gyorsan oxidálódnak, ezzel számolni kell a besugárzás megkezdése előtt. Oxidatív és nem oxidatív változások is megfigyelhetők. Az ionizáló sugárzás a termékben lévő vizet bontja, így szabad $\bullet\text{OH}^-$ és H^+ keletkezik ami a többi élelmiszeralkotóval reakcióba léphet (Farkas, J. 1998). A szabadgyökök által legkönnyebben támadható helyek a telítetlen zsírsavak egymásmelletti kettőskötései.

A lipidekhez hasonlóan a fehérjék sérülése is bekövetkezhet a vízátkötők hatására. (Stefanova et al., 2011). A sugárzásra legérzékenyebbek a kén tartalmú fehérjék, nevezetesen a cisztein a metionin és a triptofán. Az ionizáló sugárzással kezelt aminosavaknál és fehérjéknél a kéntelenítés a leginkább előforduló jelenség (Chouliara et. al., 2006).

2.3. A technológia előnyei és hátrányai

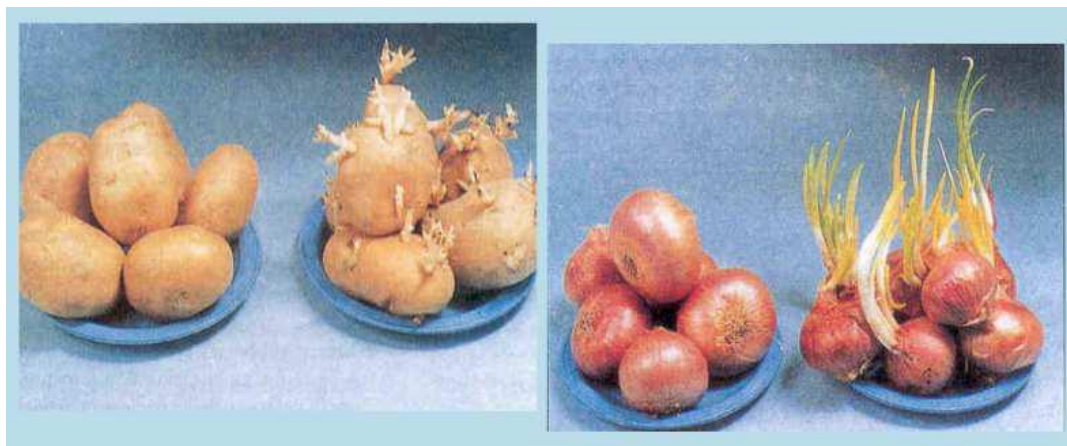
Más tartósító eljárásokkal összevetve a besugárzás számos előnnyel rendelkezik. Lévéen tartósító eljárásról van szó, az élelmiszerek tárolhatósági idejének növelése alapvető szempont. Nyers élelmiszerek tartósítására kiválóan alkalmas, hiszen azt sem hőkezeléssel, sem mélyhűtéssel nem lehet eredeti állapotában megőrizni. A besugárzás, ezzel szemben alkalmazható húsok, halak, gyümölcsök és zöldségek nyers, szinte változatlan állapotú megőrzésére.

A baromfihúsban előforduló *Salmonella* és *Campylobacter* széleskörű problémát jelent. Napjainkban a besugárzás szinte az egyetlen fizikai tartósítási módszer a hőkezelésen kívül, amellyel biztonságos élelmiszert lehet előállítani a fertőzött szárnyas húsból. Hasonló a helyzet egyéb húsoknál és húskészítményeknél is, azt kivéve, hogy itt több patogén baktériummal, mint a *Yersinia* és az *E. coli* O15 és parazitákkal, mint a *T. gondii*, és a *Trichinella spiralis* is számolni kell. Leginkább ezek akkor jelentenek gondot, ha a húst olyan élelmiszer készítésére szánják, ami nincs, vagy nem elégségesen van hőkezelve az étel jellegéből adódóan. Ezekhez a termékekhez is megfelelő megoldást kínál az alacsony dózissal történő sugárkezelés.

A zöldségeket, gyümölcsöket gyakran fogyasztják nyersen, amiknek fertőzöttségét alapos megmosással ki lehet küszöbölni. Itt besugárzással a patogének, mint a *Salmonella*, *E. coli*, *V. cholerae*, *L. monocytogenes*, vagy paraziták pusztítása a nem megfelelő ivó vízzel ellátott területeken, a fejlődő országokban kulcsfontosságú.

Az ionizáló sugárzás alkalmazásával tehát megnövelhető különböző termékek, zöldségfélék, gyümölcsök, húsok eltarthatósági ideje, úgy hogy a kezelés az érzékszervi tulajdonságokban nem, vagy csupán elhanyagolható mértékű változást okoz.

Mindemellett kiválóan használható a nyers zöldségek és gyümölcsök nem kívánatos hajtásainak, mint például a burgonya csírázásának kiküszöbölésére is (2. ábra).



2.ábra: Ionizáló sugárzással kezelt és kezeletlen tárolt burgonya és hagyma képei (Fotó: WHO)

Az eljárás jellemzője továbbá, hogy a besugárzás során elhanyagolhatóan csekély hőmérsékletnövekedés lép fel, ami az élelmiszerekben, így hasznos tápanyagaikban hő károsodást nem okoz.

Miután fizikai eljárásról van szó, nincsenek egészségre ártalmas szermaradványok, tartósítószeres. A termék maga- a hiedelmekkel ellentétben- nem válik radioaktívvá.

A besugárzást használják a rovarkártevők elleni kezelésként is, ami hozzájárul a zöldségek és gyümölcsök biztonságosabb nemzetközi kereskedelméhez.

Kedvezőnek tekinthető továbbá az is, hogy a besugárzás terminális kezelésként is alkalmazható, azaz csomagolt élelmiszerek esetében is alkalmazható, így az utólagos rovar-, mikrobiológiai-, stb. szennyeződés, fertőzés kizárható.

Egy másik fontos előnye, hogy ugyanazon kedvező hatás elérése ionizáló sugárzással egy-két nagyságrenddel kevesebb energiát igényel, mint az egyéb tartósítási eljárások esetében.

A sugárzás nem okoz hőmérsékletemelkedést, így fagyaszott élelmiszereknél is használható.

Több évtizedes kutatás és fejlesztés után a FAO/WHO szervezeteknek köszönhetően a besugárzás, mint az élelmiszerek csíraszámát csökkentő korszerű eljárás több mint 40 országban elfogadott, és nemzetközi, Codex Alimentarius dokumentumok segítik a technológia használatát. A

besugárzás olyan mértékre csökkenti a mikroorganizmusok számát, mely által az ételmérgezés kiküszöbölhető.

Az élelmiszerek ionizáló energiával történő kezelése során keletkezhetnek szabadgyökök épp úgy, mint más eljárásoknál, amilyen például a sütés vagy a liofilizálás. Ám hasonlóan az élelmiszerek természetes oxidációs folyamata során is keletkeznek szabadgyökök. Ezek nem élelmiszer idegenek és mennyiségük elhanyagolható. A kezelést követően rövid időn belül eltűnnek, így a fogyasztóra nézve ártalmatlanok.

Hátrányai közül a legnagyobb, a módszer el nem ismertsége a fogyasztók körében. A szélesebb körű elfogadottságot a vásárlók megfelelő tájékoztatásával lehetne elérni, hogy megértsék, ez a módszer nem nukleáris technológiát takar (Jamdar és Harikumar 2008). Tesztekkel kimutatták, hogy ha a folyamatról megfelelően vannak tájékoztatva a fogyasztók, akkor az ilyen termékek iránti vásárlási hajlandóságuk is nő (Mexis et al., 2009).

3. Célkitűzés

A gyümölcsfélék között az alma (*Malus x domestica* Borkh.), fogyasztását tekintve az első között áll, hiszen ez az a gyümölcsünk, melynek termesztése hazánkban nagy hagyományokra tekint vissza. Szinte az év bármely szakaszában megtalálható a piacokon, és kedvező tárolhatóságának köszönhetően a téli hónapok legfontosabb, bárki számára elérhető gyümölcsének egyike. Értékes anyagai, könnyű emészthetősége megengedi, hogy a csecsemőkortól az idős korig mindenki fogyaszthatja. Kedvező táplálkozás-élettani hatása vitaminjainak, rosttartamának, valamint ásványi elemösszetételének köszönhető.

A gyümölcsöket gyakran fogyasztják nyersen, mely szoros összefüggésbe hozható a patogén baktériumok okozta megbetegedésekkel, amely különösen veszélyes a legyengült immunrendszerű emberekre nézve.

Mindemellett fontos az adott ételkészlet jó érzékszervi tulajdonsága, külső megjelenése valamint beltartalmi értékei.

A kutatómunkám célja annak vizsgálata, hogy nyers, csomagolt gyümölcssaláta ilyen hőhatás- és vegyszer-mentes pasztörözése milyen sugárdózissal valósítható meg, amellyel mikrobiológiailag biztonságos ételkészlet állíthatunk elő.

Továbbá vizsgálni kívánom azt is, hogy a besugárzás hogyan befolyásolja a termék eredeti mikrobiotájának összetételét és az hogy változik a tárolás során.

Miután fontosak a fogyaszthatóság szempontjából a termék megfelelő érzékszervi paraméterei (íz, szín, illat, állomány), így erre irányuló vizsgálatokat is szerettem volna elvégezni.

4. Anyag és módszer

A piacon vásárolt Golden, Granny Smith és Idared almafajtákkal kapcsolatos méréseimet a BCE Élelmiszertudományi Kar Mikrobiológiai és Biotechnológiai Tanszék kísérleti laboratóriumában végeztem.

A minták megfelelő érzékszervi jellemzőkkel (kellemes zamatú, megfelelő színű, stb.) álltak a rendelkezésemre (3. ábra). A gyümölcsöket a vizsgálat napján szereztem be.



3 ábra: A vizsgálat anyagát képező Idared, Granny Smith és Golden almafajták

4.1. Minták előkészítése

Laboratóriumi körülmények között az almákat megmostam, meghámoztam majd $1 \times 1,5$ cm-es darabokra vágtam. Ezekből fajtánként külön, 40 grammos adagokat 125 ml űrtartalmú fedeles műanyagdobozokba mértem ki, melyben a termék ionizáló sugárkezelése történt (4. ábra).



4. ábra: Besugárzáshoz előkészített minták

4.2. Besugárzás

A besugárzás helyszíne a budapesti AGROSTER Besugárzó Zrt. volt. A kontroll minták kivételével négy különböző 0.5, 1, 1.5 és 2 kGy-es dózissal történt a kezelés. A mintákat mindvégig hűtött körülmények között szállítottam és tároltam. A sugárforrást 7.4kGy/h dózisértékű ^{60}Co -as γ -sugár biztosította.

4.3. Tárolás

A besugárzott tételeket a kontrol mintákkal együtt a vizsgálat időpontjáig illetve a kezelést követően 8 napig 5°C-on, hűtőszekrényben tároltam.

4.4. Mikrobiológiai vizsgálatok

4.4.1. Kísérlet leírása

A vizsgálat során a gyümölcsökből első lépésben törzsoldatokat készítettem. Minden esetben 10g gyümölcshöz 40ml steril hígító-folyadékot (8,5g NaCl, 1g pepton, 1000ml desztillált víz) mértem be, ezt követően 1 percen keresztül Stomacher készülékben rázattam. Így kaptam egy ötszörös hígítású minta-szuszpenziót, ezt követően hígítási sort készítettem, melyből a leoltásokat végeztem adott táptalajokra.

Az almákat a 8 napos tárolás alatt többször vizsgáltam. Először a besugárzás napján, tehát a 0. tárolási napon végeztem el az alább felsorolt vizsgálatokat. Majd ugyan így jártam el a tárolás 2., 6., és 8. utolsó napján is.

4.4.2. Alkalmazott tápközegek és módszerek

Mezofil aerob mikroorganizmus szám meghatározása

A mezofil aerob mikroorganizmus számot TGE agarral történő lemezöntéssel határoztam meg.
TGE agar készítése:

A TGE agar az összes aerob mikrobaszám meghatározására alkalmas táptalaj, melynek összetétele a következő:

- 5g pepton
- 1g glükóz
- 2,5g élesztőkivonat
- 15g agar

Ezeket az összetevőket pontosan kimértem, 1l desztillált vízben feloldottam, majd 121°C-on 15 percig autoklávoztam.

A TGE agarral párhuzamos lemezöntéseket végeztem a fent említett különböző hígítási tagok 1 ml-éből, majd 30°C-on 48 órán keresztül inkubáltam. Ezt követően leszámoltam a kinőtt telepeket, a párhuzamos eredményekből pedig átlagot számoltam. Minden esetben három párhuzamossal dolgoztam.

Hasonlóképpen jártam el a többi mikroba meghatározásnál is.

Aerob spóraszám meghatározása

A homogenizált törzssuszpenzióból 5 ml-t steril kémcsőbe pipettáztam majd 80°C-on 10 percig tartó hőkezelést követően lemezöntést végeztem TGE agarral. Az inkubálás ebben az esetben is 30°C-on 48 órán keresztül történt.

Anaerob spóraszám meghatározása

A vizsgálat első lépései megegyeztek az aerob spóraszám meghatározásnál alkalmazott hőkezelési és lemezöntési lépésekben. Azonban ez esetben a lemezöntés RCM agarral történt, amit 30°C-on 72 óráig inkubáltam.

Koliformszám meghatározása

A koliformszám meghatározáshoz Chromocult Coliform Agart (Merck 1.10426) használtam. A már előre kiöntött és megszilárdult agarra 0,1ml szuszpenziót pipettáztam, amit ezután üvegbot segítségével szélesztettem. Ezután 37°C-on 24 órás inkubálás következett.

Élesztő és penészgombaszám meghatározása

Az élesztő és penészgombaszám meghatározása Dichloran Rose-bengal Chloramphenicol agaron (Merck 1.00466) történt, melyet szélesztést követően 25°C-on 3-5 napig inkubáltam.

***Staphylococcus aureus* számának meghatározása**

Staphylococcus aureus számát MSZ EN ISO 6888-1:1999 szabvány alapján határoztam meg.

A ***Salmonella*** meghatározása MSZ EN ISO 6579:2002, míg a ***L. monocytogenes*** ISO 11290-1:2004 szabvány alapján történtek.

4.5. Érzékszervi vizsgálat

A kontrol és a sugárkezelt mintákat közvetlenül a besugárzást követően érzékszervi bírálatnak is alá vetettük. Az érzékszervi vizsgálatban 10 bíráló vett részt, melynek során a résztvevőknek minden mintát pontozniuk kellett illat, szín, állomány, és íz alapján. Egy hedonikus 9- pontos skálán kellett értékelniük az almákat, ahol a 9-es jelentette a kiváló az 1-es az eladhatatlan minőséget. Az eredmények kiértékelése Kramer- féle módszerrel történt.

5. Kísérleti eredmények és az eredmények értékelése

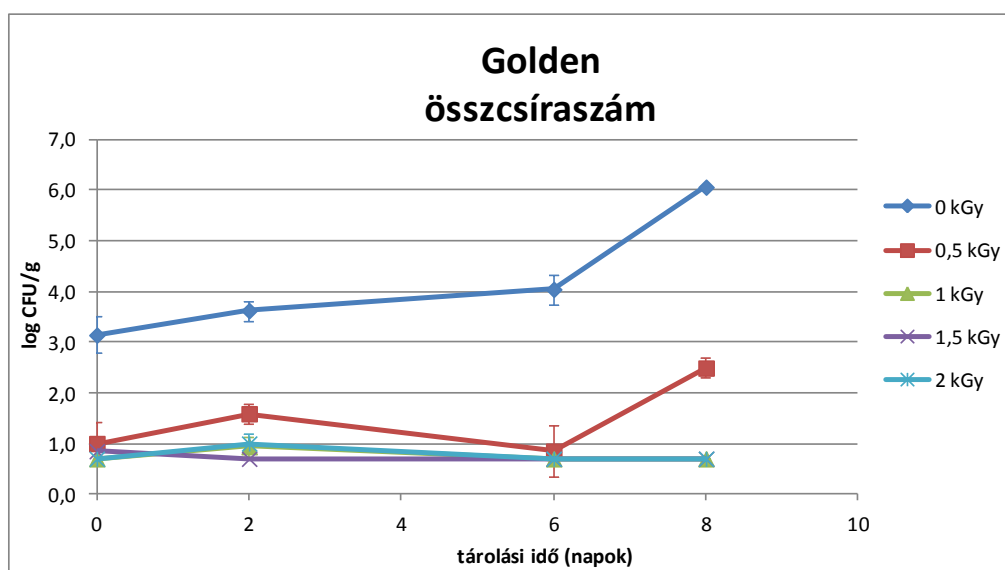
Az összcsíraszám, aerob-és anaerob mikroorganizmus szám, koliformszám élesztő-és penészgomba szám meghatározásakor hasonlóan, az alább leírt módon történt az értékelés. Az inkubációs időt követően megszámláltam a Petri-csészéken nőtt telepeket. Ezt az alaphígítás miatt megszoroztam 5-el, valamint 10 a hígításnak megfelelő hatványával majd a három párhuzamos minta eredményét átlagoltam. Így kaptam meg a mikroorganizmusok számát CFU (telepképző egység)-ban, 1g mintára vonatkoztatva, mely eredménynek a logaritmus értékét ábrázoltam.

A grafikonokon ábrázoltam a mikrobák sejtszámának változását az idő függvényében.

Azonos grafikonon ábrázoltam a különböző dózissal kezelt és tárolt minták eredményeit, így azok mikrobiológiai állapot változása jobban követhető.

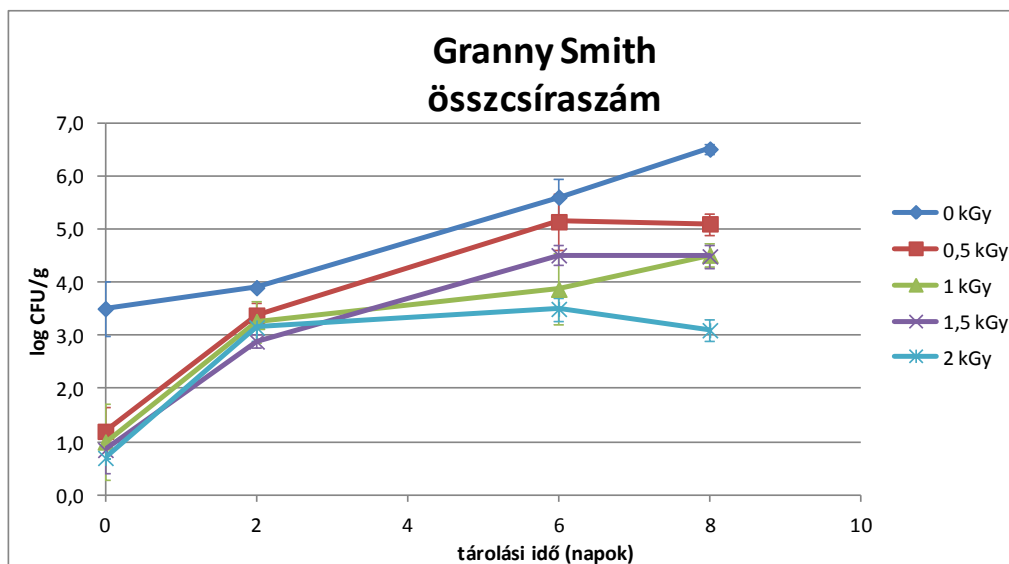
5.1. Mezofil aerob mikroorganizmus szám meghatározása

A Golden alma esetében kezelés nélküli (0 kGy) minták összcsíraszámuk kezdetben $1,47 \cdot 10^3$ CFU/g volt, mely a sugárzás hatására minden esetben két nagyságrendet csökkent. A 8 napos tárolási kísérlet során a mikrobák szaporodását szinte teljesen visszaszorították az alkalmazott kezelések. 1 kGy-nél és felette mindvégig közel állandó értéken, a kimutatási határ közelében maradtak a kapott eredmények. Még a 0,5 kGy-el kezelt minták összcsíraszámuk sem érte el a 10^3 -os nagyságrendet, a termék tehát még ekkor is fogyasztható maradt a kezeletlen mintákkal ellentétben, mely a 8. napon elérte a romlási határt, telepszámuk ekkor már 10^6 -os nagyságrend felett volt. (5. ábra).



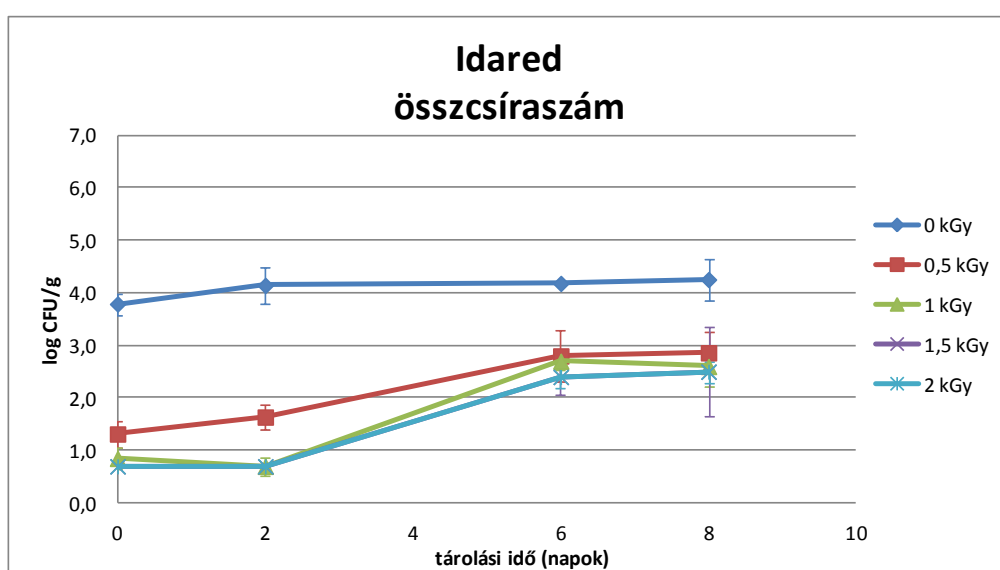
5. ábra: A különböző sugárdózisokkal kezelt, 5°C-on tárolt Golden alma szeletek összcsíraszámának alakulása

A Granny Smith alma minták összcsíraszámát tekintve a Golden almafajtához hasonlóan ez esetben is megfigyelhető a kezelés hatására történő, több mint két nagyságrendnyi csökkenés. Ennél az almafajtánál megfigyelhető az is, hogy bár valamelyest akadályozta a kezelés az összcsíraszám emelkedését, a tárolás során azonban folyamatos szaporodás mutatkozott mind a kontroll mind a besugárzott tételek tekintetében. A legnagyobb dózissal, azaz 2 kGy-el kezelt minta értéke is két nagyságrenddel emelkedett a nyolc napos tárolás során. Így az összes minta értéke meghaladta a 10^3 értéket, de a romlási határt egyik kezelt minta sem érte el (6. ábra).



6. ábra: A különböző sugárdózisokkal kezelt, 5°C-on tárolt Granny Smith alma szeletek összcsíraszámának alakulása

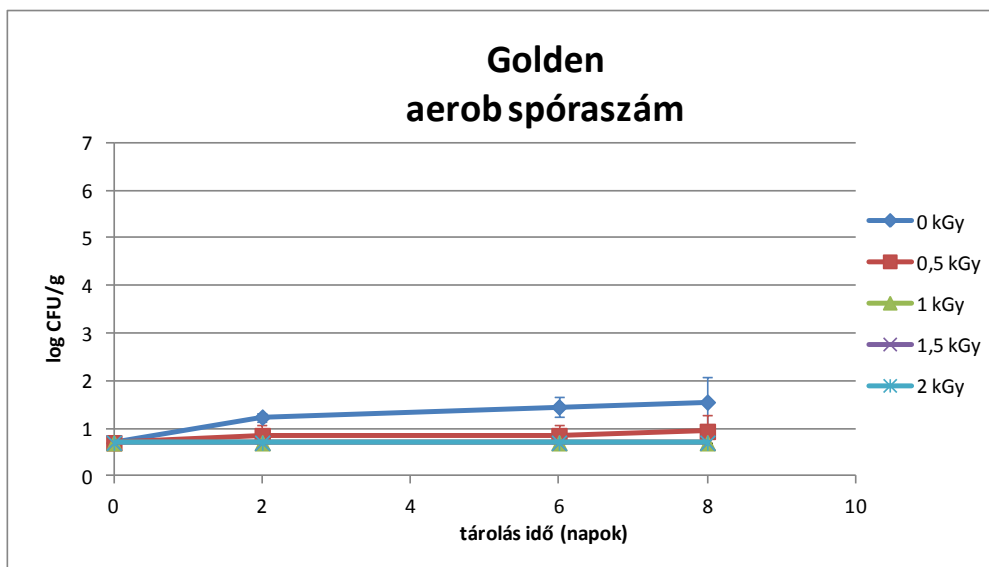
Az Idared almajtánál ismételten megfigyelhető a kezelés hatására az összcsíraszámokban bekövetkező több nagyságrendnyi csökkenés. A kontroll minták kezdeti $6,5 \cdot 10^3$ CFU/g értéke nem sokkal emelkedett a tárolás során, éppen átlépte a 10^4 -es értéket. A besugárzott minták mindegyikének összcsíraszama ezzel szemben a tárolás végére majdnem megduplázódott, de mindvégig alatta maradtak a kezeletlen minták értékeihez képest (7. ábra).



7. ábra: A különböző sugárdózisokkal kezelt, 5°C-on tárolt Idared alma szeletek összcsíraszámának alakulása

5.2. Aerob spóraszám meghatározása

Az aerob spóraszám meghatározásakor mindhárom almafajta esetében ugyanazt tapasztaltuk, így ábrán csak a Golden alma eredményeit szemléltetem (8. ábra). Az aerob spórák egyik vizsgált almafajtában sem érték el a kimutatási szintet a kiindulási napon. Az alacsony induló aerob spóraszám következtében a 8 napos hűtött tárolás végén is 100 alatt volt a számuk.



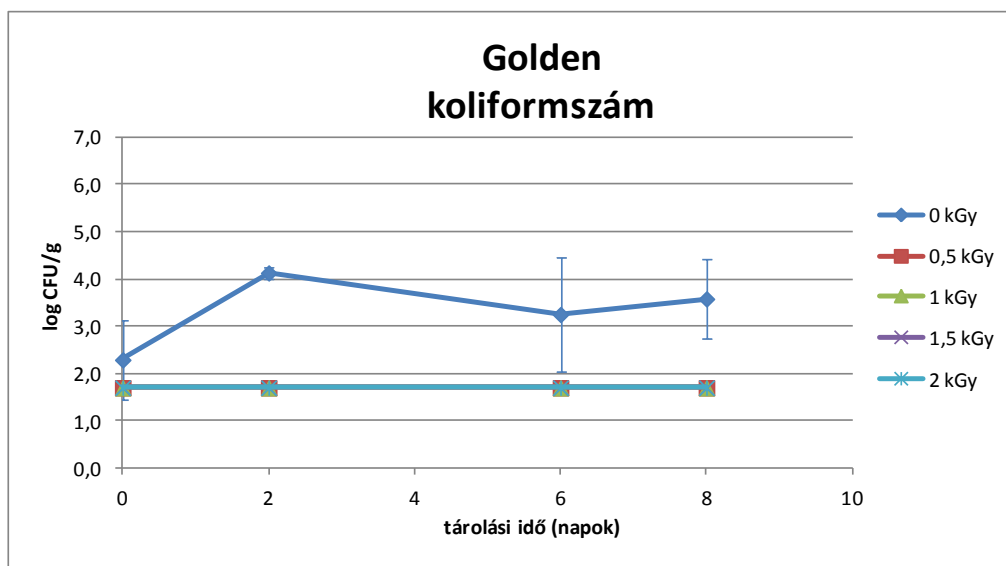
8. ábra: A különböző sugárdózisokkal kezelt, 5°C-on tárolt Golden alma szeletek aerob spóraszámának alakulása

5.3. Anaerob spóraszám meghatározása

A vizsgált almák anaerob spóraszámuk a 8 napos hűtött tárolás során <10 CFU/g értékű volt. Számuk nem érte el a kimutatható szintet, sem a kontroll sem a besugárzott minták esetében.

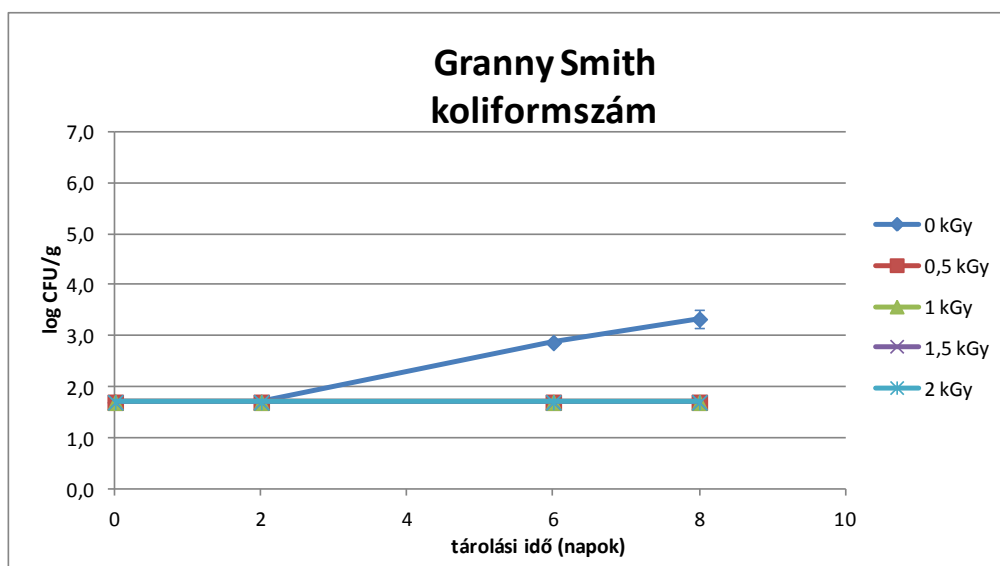
5.4. Koliformok kimutatása

A Golden alma alacsony kezdeti koliform számát már 0,5 kGy sugárdózis is kimutatási határ szint alá csökkentette (<15 CFU/g), és a 8 napos tárolás során mindvégig ezen határérték alatt maradt, míg a kontroll minta értékei ezzel ellentétben növekvő tendenciát mutattak (9. ábra).



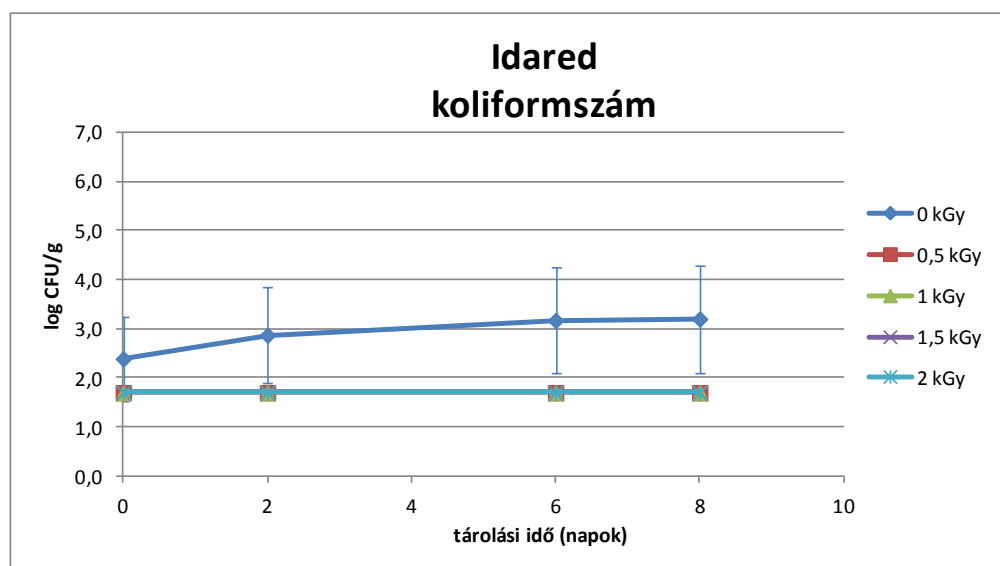
9. ábra: A különböző sugárdózisokkal kezelt, 5°C-on tárolt Golden alma szeletek koliformszámának alakulása

A kísérlet jól tükrözi, hogy a koliform baktériumok a Granny Smith alma mintákban már a 0,5 kGy-es kezelés hatására inaktiválódtak, és a tárolás utolsó napjáig a kimutatási határ alatt <15 CFU/g stagnáltak. A kezeletlen mintákban a fent említett eredményekhez hasonlóan szaporodást tapasztaltunk (10. ábra).



10. ábra: A különböző sugárdózisokkal kezelt, 5°C-on tárolt Granny Smith alma szeletek koliformszámának alakulása

Az Idared almafajta kezelés nélküli koliform száma kezdetben 530 CFU/g volt, mely a tárolás során jelentős mértékben nem változott. A különböző sugárkezelést kapott tételek értékei mindvégig a kimutatható szint alatt maradtak (11. ábra).

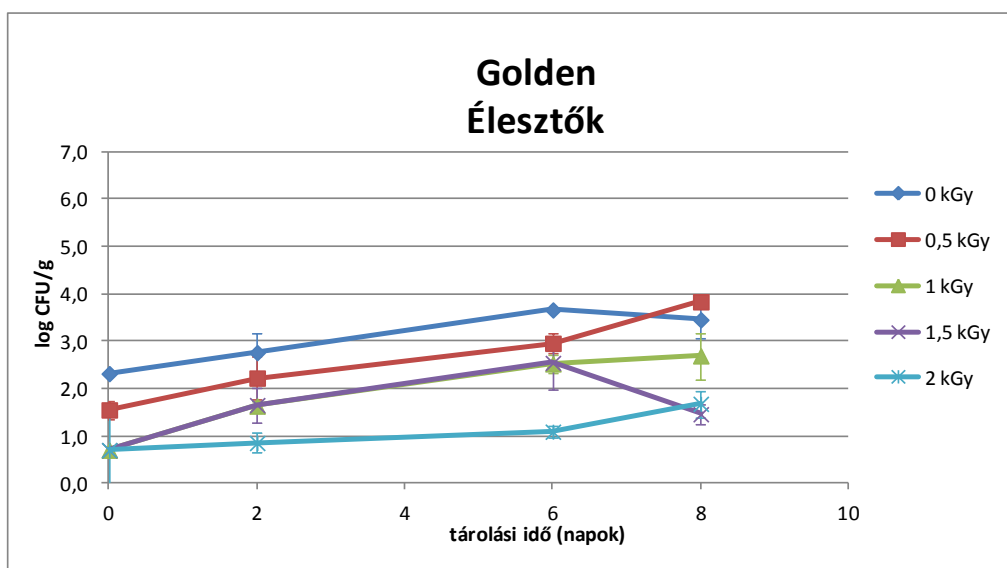


11. ábra: A különböző sugárdózisokkal kezelt, 5°C-on tárolt Idared alma szeletek koliformszámának alakulása

5.5. Élesztőgomba szám

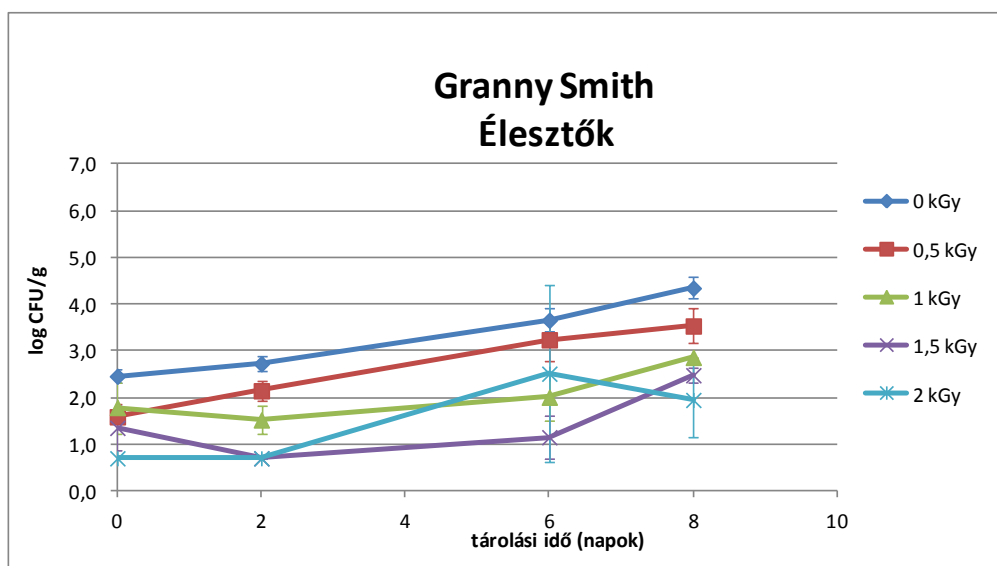
A következő ábrákon megfigyelhető, hogy az összcsíraszám nagy részét az élesztőgombák száma adta. Továbbá az is látható, hogy az élesztőgombák ellenállóbbak az ionizáló sugárkezeléssel szemben, mint a baktériumok.

A Golden almafajták élesztőgomba száma a kezdeti $2,1 \cdot 10^2$ CFU/g értékről a 0,5 kGy-es besugárzás hatására 1 nagyságrenddel, a nagyobb dózisok esetében pedig közel két nagyságrenddel csökkent. A tárolás 6. napjáig a kontroll és a kezelt mintáknál hűtött körülmények között lassú szaporodásuk volt megfigyelhető. A legnagyobb, azaz 2 kGy-el kezelt minták élesztőgombaszáma változott a legkevesbé, melyek 10^2 érték alatt volt a tárolás utolsó, 8. napján is (12. ábra).



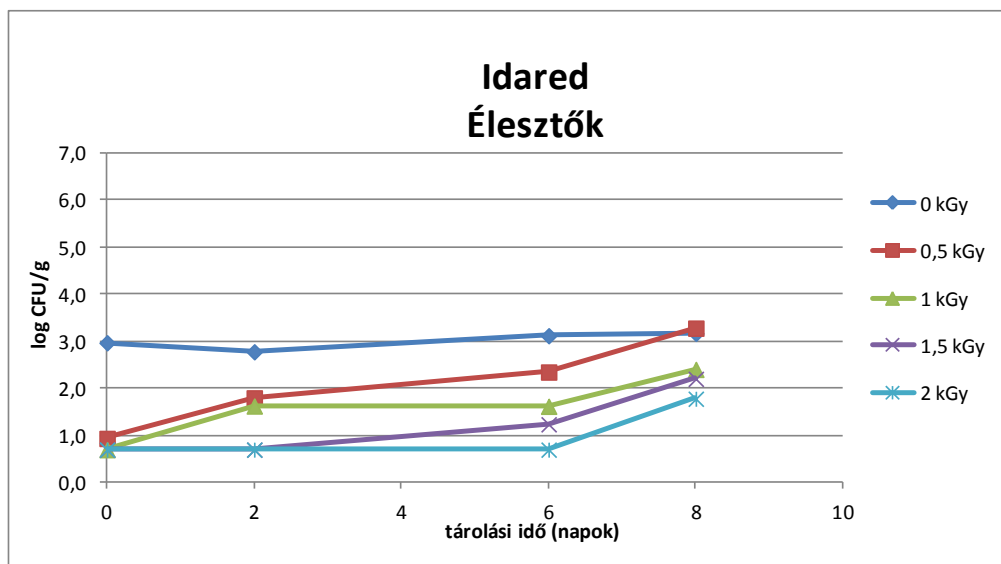
12. ábra: A különböző sugárdózisokkal kezelt, 5°C-on tárolt Golden alma szeletek élesztőgomba számának alakulása

A Granny Smith almák élesztőgomba számát mindegyik dózisú kezelés legalább egy nagyságrenddel csökkentette. A kontroll minta kiindulási $2,9 \cdot 10^2$ CFU/g értéke a tárolás végére közel két nagyságrenddel nőtt. Hasonló mértékben nőtt a legkisebb (0,5 kGy) dózissal kezelt minta élesztő száma is, de a 10^4 értéket nem érte el a kontroll értékekkel ellentétben (13. ábra).



13. ábra: A különböző sugárdózisokkal kezelt, 5°C-on tárolt Granny Smith alma szeletek élesztőgomba számának alakulása

Az előző almafajtákhoz viszonyítva az Idared almák élesztőgomba száma csökkent a legnagyobb mértékben a kezelések hatására. A kontroll minták kezdeti $1,03 \cdot 10^3$ CFU/g értéke minden dózisú kezelésnél két nagyságrendet csökkent. A kezeletlen minta élesztőszáma a tárolás során végig közel állandó volt, a tárolás utolsó napjára minimálisan haladta meg a kiindulási értéket. A legmagasabb dózissal kezelt minta kivételével a besugárzott minták értékei a tárolás során folyamatosan emelkedtek. Mint a legtöbb esetben itt is a 2 kGy-es kezelés bizonyult a leghatásosabbnak. A grafikonról leolvasható, hogy csak a 6. nap után voltak kimutatási határ felett az értékek, a tárolás utolsó napjára is ennek a mintának volt a legkedvezőbb paramétere (14. ábra).

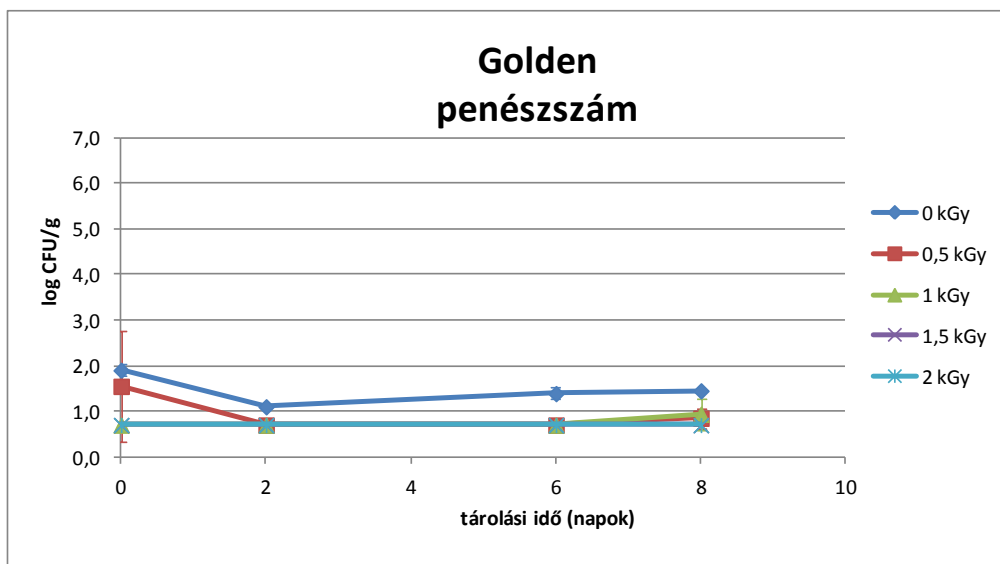


14. ábra: A különböző sugárdózisokkal kezelt, 5°C-on tárolt Idared alma szeletek élesztőgomba számának alakulása

5.6. Penészgomba szám

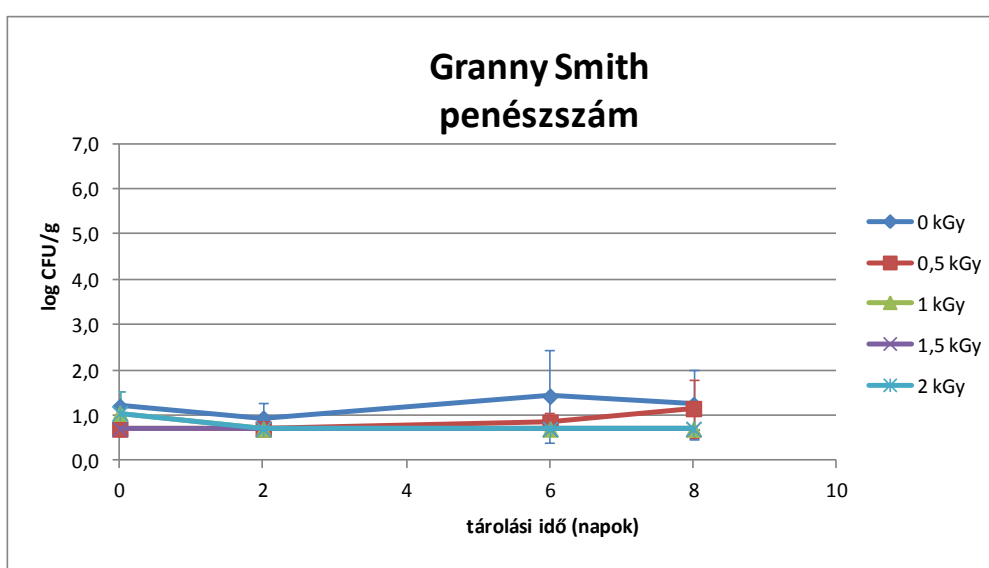
Mind három almafajtáról elmondható, hogy a kezdeti penészgomba számuk alacsony volt. A kezelések hatására egy esetben sem emelkedett 15 CFU/g fölé a besugárzott minták penészgomba száma a hűtött tárolás alatt.

A Golden almák kiindulási penészgomba száma <100 CFU/g alatt volt, amit már az 1 kGy-es dózis a kimutatási szint alá csökkentett és ez az érték a 1,5 és 2 kGy-el elátott almaszeletek esetében mindvégig stagnált. A tárolás utolsó napjaiban a két alacsonyabb dózissal 0,5 kGy-el és 1 kGy-el kezelt minták értékei minimálisan nőttek, de így sem érték el kontroll értékét (15. ábra).



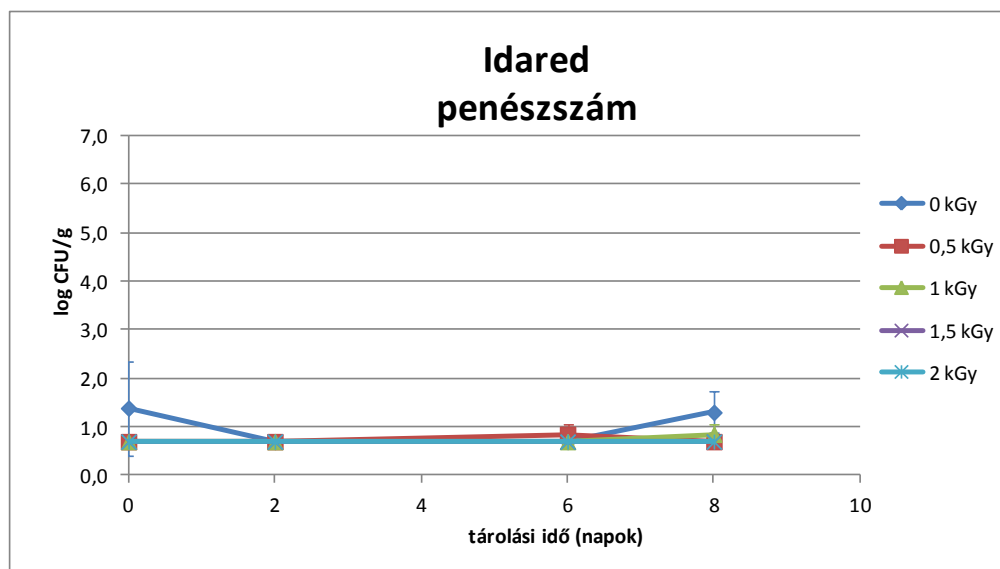
15. ábra: A különböző sugárdózisokkal kezelt, 5°C-on tárolt Golden alma szeletek penészgomba számának alakulása

A kezeletlen Granny Smith almák kiindulási penészgomba száma nem sokkal haladta meg a 10 CFU/g értéket, ami a tárolás végére sem változott. A besugárzott minták közül a 2. tárolási nap után kimutathatatlan értékre csökkent a 0,5 kGy-nél nagyobb dózissal kezelt almák penészgomba száma. A legkisebb dózist kapott minta penészgomba száma a tárolás utolsó, 8. napjára elérte a kontroll minta >10 CFU/g-os értékét (16. ábra).



16. ábra: A különböző sugárdózisokkal kezelt, 5°C-on tárolt Granny Smith alma szeletek penészgomba számának alakulása

Az Idared almák penészgomba számát a közel 50 CFU/g-hoz képest a besugárzás az összes kezelt almánál a kimutatási szint alá csökkentette. Ez a tárolás során nem változott a két nagyobb dózissal (1,5 és 2 kGy) besugárzott mintáknál, mind a két esetben a kimutatási érték alatt stagnált a minták penészgomba száma a 8. napon is. A kisebb dózissal kezelt minták telepszáma minimálisan nőtt a tárolás alatt, de nem érte el a kontroll minta tárolás végén mért 50 CFU/g-os értékét (17. ábra).



17. ábra: A különböző sugárdózisokkal kezelt, 5°C-on tárolt Idared alma szeletek penészgomba számának alakulása

5.7. *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp. és *L. monocytogenes* kimutatása

A mikrobiológiai vizsgálatok során vizsgálatra került a *Staphylococcus aureus*, a *Salmonella* spp., és a *L. monocytogenes* baktériumok jelenlétének kimutatása is. A 8 napos hűtött tárolás során egyik fajta almában sem voltak kimutathatóak ezek a baktériumok.

5.8. Érzékszervi vizsgálatok eredményei

Az érzékszervi vizsgálatok eredményei Kramer próbával értékelve azt mutatták, hogy nem volt szignifikáns eltérés a kezelt és kezeletlen minták között egyik almafajtánál sem (3-5. táblázatok).

3. táblázat: Granny Smith alma kockák érzékszervi vizsgálatának eredményei

Granny Smith alma kockák érzékszervi vizsgálata												
Sugárdózis (kGy)	Pontátlagok								Rangsorszám			
	Szín		Illat		Íz		Állomány		Szín	Illat	Íz	Állomány
0	4,40	±1,29	5,70	±1,43	5,90	±1,66	6,50	±2,01	30,00	35,00	28,50	28,00
0,5	4,40	±1,63	6,60	±1,29	5,80	±2,04	7,00	±1,30	29,00	23,50	28,50	22,00
1	4,40	±1,29	5,60	±1,63	5,60	±1,90	5,90	±2,43	30,50	31,00	31,50	33,00
1,5	4,30	±1,35	6,00	±1,90	5,70	±1,77	5,60	±2,10	32,50	29,00	33,50	37,50
2	4,50	±1,51	5,50	±2,11	6,00	±2,11	6,30	±2,02	28,00	31,50	28,00	29,50

* A rangsorszámok 18-42 tartományon belül $\alpha \leq 0.01$ valószínűségi szinten szignifikánsan nem térnek el egymástól

** A rangsorszámok 20-40 tartományon belül $\alpha \leq 0.01$ valószínűségi szinten szignifikánsan nem térnek el egymástól

4. táblázat: Golden alma kockák érzékszervi vizsgálatának eredményei

Golden alma kockák érzékszervi vizsgálata												
Sugárdózis (kGy)	Pontátlagok								Rangsorszám			
	Szín		Illat		Íz		Állomány		Szín	Illat	Íz	Állomány
0	6,40	±1,80	7,40	±1,12	6,10	±1,10	5,90	±1,08	29,50	25,50	26,00	26,50
0,5	6,20	±1,72	7,00	±1,45	6,10	±1,73	6,20	±1,51	34,50	30,00	23,50	22,50
1	6,60	±1,44	7,40	±1,95	5,40	±1,58	5,40	±1,29	28,00	27,00	35,00	35,50
1,5	6,70	±1,43	6,70	±1,63	5,50	±1,78	5,60	±1,51	31,50	32,00	30,50	27,00
2	6,90	±1,47	6,50	±1,57	5,20	±1,99	4,70	±1,50	26,50	35,50	35,00	38,50

* A rangsorszámok 18-42 tartományon belül $\alpha \leq 0.01$ valószínűségi szinten szignifikánsan nem térnek el egymástól

** A rangsorszámok 20-40 tartományon belül $\alpha \leq 0.01$ valószínűségi szinten szignifikánsan nem térnek el egymástól

5.táblázat: Idared alma kockák érzékszervi vizsgálatának eredményei

Idared alma kockák érzékszervi vizsgálata												
Sugárdózis (kGy)	Pontátlagok								Rangsorszám			
	Szín		Illat		Íz		Állomány		Szín	Illat	Íz	Állomány
0	6,00	±1,83	6,80	±2,23	6,40	±1,65	6,80	±1,90	23,00	32,50	29,00	28,00
0,5	5,70	±1,75	6,90	±1,72	6,80	±1,14	7,10	±1,51	28,00	30,00	21,50	24,00
1	4,90	±1,60	7,30	±1,45	6,20	±1,62	6,60	±1,57	40,00	23,00	30,00	28,50
1,5	5,70	±1,57	6,70	±1,43	5,70	±1,64	5,90	±2,00	30,00	33,00	36,50	37,50
2	5,60	±1,57	6,80	±1,36	5,90	±1,66	6,40	±1,36	29,00	31,50	33,00	32,00

* A rangsorszámok 18-42 tartományon belül $\alpha \leq 0.01$ valószínűségi szinten szignifikánsan nem térnek el egymástól

** A rangsorszámok 20-40 tartományon belül $\alpha \leq 0.01$ valószínűségi szinten szignifikánsan nem térnek el egymástól.

6. Összefoglalás

Az élelmiszerek tartósításának nem új, bár kevésbé elterjedt módja az ionizáló energiával történő kezelés. Az eljárás lehetővé teszi biztonságos élelmiszerek előállítását, kevés energia felhasználásával. A módszer lényege, hogy DNS-t károsító hatása segítségével pusztítja el a nemkívánatos mikroorganizmusokat. Számos előnnyel rendelkezik, és lehetővé teszi nyers élelmiszerek hosszabb idejű eltarthatóságát feldolgozott vagy feldolgozatlan állapotukban.

A nyersen fogyasztott, minimálisan feldolgozott, hűtve tárolt zöldség és gyümölcsaláták az utóbbi évtizedekben egyre növekvő számban okoznak súlyos élelmiszer járványokat. Vizsgálataink célja ezért mosott és darabolt almák mikrobiológiai paramétereinek változásának nyomon követése különböző dózisu ionizáló sugárkezelés hatására. A kontroll és kezelt mintákat 8 napos hűtőtárolás során is vizsgáltam. Emellett a kontroll és kezelt minták érzékszervi összehasonlítására is sor került.

A vizsgálatokhoz három fajta (Golden, Granny Smith, Idared) almát használtam. A kontroll minták kivételével a kezeléshez 4 dózist alkalmaztam, amik a 0,5kGy, 1kGy, 1,5kGy, és 2kGy voltak. A mikrobiológiai vizsgálatok során ezeken a mintákon végeztem el az összcsíraszám, aerob és anaerob spóraszám, koliformszám, élesztő-és penészgomba szám tárolás alatti változásainak vizsgálatait, valamint a *Staphylococcus aureus*, a *Salmonella* spp., és a *L. monocytogenes* baktériumok esetleges jelenlétének kimutatását.

Az összcsíraszám vizsgálatánál TGE, a többinél a vizsgálatához megfelelő szelektív táptalajokat használtam, melyekre minden mintából három párhuzamos leoltást végeztem. A 8 napos hűtött tárolás során a 0., a 2., a 6. és a 8. napon végeztem a vizsgálatokat. A vizsgálatonként eltérő inkubációs hőmérsékletek és inkubációs idők letelte után a leolvasott telepszámok párhuzamosait átlagoltam, amiből megkaptam a minták grammonkénti CFU (telepképző szám) eredményeit. Az így kapott eredményeknek vettem a logaritmusát aminek az értékeit grafikonokon ábrázoltam. Fajtánként és vizsgálatonként külön grafikonokat készítettem, amelyről leolvashatóak a tárolás során bekövetkezett telepszám változások.

Az összcsíraszám vizsgálatokor kapott eredmények azt mutatták, hogy már a 0,5kGy-es besugárzás is körülbelül két nagyságrenddel csökkentette a mikrobaszámot a kezeletlen mintákhoz képest. A 8 napos hűtött tárolás során a mikrobaszám kisebb-nagyobb mértékű változása volt megfigyelhető a kontroll és a besugárzott mintákban egyaránt, de a kezelt minták mikrobaszámai mindvégig alatta maradtak a kontroll minták összcsíraszámának.

A kezdeti alacsony aerob spóraszám esetében a tárolás során számottevő változást nem tapasztaltunk.

Az anaerob baktériumspórák száma minden esetben a kimutatási határ, 10 CFU/g alatt volt a tárolás során.

A kezeletlen minták alacsony kezdeti koliform számát már a 0,5 kGy-es besugárzás kimutatási határ alá csökkentette minden vizsgált mintánál, mely a tárolás során szignifikánsan nem változott.

Az almák mikrobiotájának túlnyomó többségét az élesztőgombák tették ki. Az 1 kGy-es sugárzás hatására számuk 1-2 nagyságrendet csökkent. A hűtött tárolás során az élesztőgombák lassú szaporodása volt megfigyelhető.

A penészgombáknál alacsony kiindulási telepszámok voltak megfigyelhetőek. Mind a kezelt és kezeletlen minták értékei a 8 napos hűtött tárolás során végig 100 CFU/g alatt maradtak.

A vizsgálat során a *Staphylococcus aureus*, a *Salmonella* spp., és a *L. monocytogenes* egyik mintából sem volt kimutatható.

Az érzékszervi vizsgálatban 10 bíráló vett részt, akiknek feladata volt a kezelt és kontrol minták szín, illat, íz és állomány szerinti pontozása egy 9 pontos skálán. Az eredmények kiértékelése Kramer próbával történt.

Az érzékszervi vizsgálat eredményei azt mutatták, hogy 99%-os megbízhatósági szinten a bírálók nem tudtak különbséget tenni a kezelt és kezeletlen minták vizsgált tulajdonságai között.

A kísérleti eredményekből összességében megállapítható, hogy az alacsony dózissal kezelt friss és minimálisan feldolgozott gyümölcsök mikrobiológiai stabilitása kielégítőnek bizonyult és hűtött körülmények között legalább egy hétig eltartható terméket eredményez. Az érzékszervi tulajdonságokban sem történt jelentős változás a kezelés hatására, így megállapítható, hogy a módszer előnyösen alkalmazható hasonló élelmiszerek mikrobiológiai biztonságának garantálása, valamint az eltarthatóságuk növelése céljából.

További vizsgálatok javasolhatóak egyéb gyümölcsök és zöldségek tekintetében, minimálisan feldolgozott élelmiszerekként. Emellett a kezelést tejtermékekre is lehetne alkalmazni és hatását vizsgálni, mely által az immungyenge emberek számára is esetlegesen hozzáférhetővé válnának.

Referenciák

1. Andress, E. L., Delaplane, K., Schuler, G. (2010): Food Irradiation (2010.10.12.)
<http://www.fcs.uga.edu/pubs/current/FDNS-E-3.html>
2. Barbosa-Cánovas, G.V., Pothakamury, U. R., Palou, E., Swanson, B. G. (1998): Nonthermal Preservation of Foods, Marcel Dekker, Inc., New York, Basel, Hongkong, 161-213.
3. Bidawida, S., Farbera, J. M., Sattarb, S. A. (2000): Inactivation of hepatitis A virus (HAV) in fruits and vegetables by gamma irradiation, International Journal of Food Microbiology, 57, 91–97.
4. Chouliara I, Samelis J., Kakouri A., Badeka A., Savvaidis I.N., Riganakos K., Kontominas M.G. (2006): Effect of irradiation of frozen meat/fat trimmings on microbiological and physicochemical quality attributes of dry fermented sausages, Meat Science, 74, 303–311.
5. Farkas J., Sáray T., Mohácsi-Farkas Cs., Horti K., Andrásy É. (1997): Effects of Low-dose Gamma Radiation on Shelf-life and Microbiological Safety of Pre-cut/Prepared Vegetables, Advanced Food Science, Vol.19 No.3/4, 111-119.
6. Farkas, J. (1998): Irradiation as a method for decontaminating food, International Journal of Food Microbiology, 44, 189–204.
7. Farkas, J. (2006): Irradiation for better foods, Trends in Food Science & Technology, 17, 148–152.
8. Farkas J., Mohácsi-Farkas Cs. (2011): History and future of food irradiation, Trends in Food Science & Technology, 22, 121-126.
9. Jamdar, S.N., Harikumar P. (2008): Radiation decontamination of poultry viscera, Radiation Physics and Chemistry, 77, 467–472.
10. Kilcast, D. (1995): Food Irradiation: Current Problems and Future Potential, International Biodeterioration & Biodegradation, 279-296.
11. Lacroix, M., Ouattara, B. (2000): Combined industrial processes with irradiation to assure innocuity and preservation of food products, Food Research International, 33, 719-724.
12. Patterson, M. F., Loaharanu, P. (2000): Food irradiation
13. Mexis S.F., Badeka, A.V., Chouliara, E., Riganakos, K.A., Kontominas, M.G. (2009): Effect of γ -irradiation on the physicochemical and sensory properties of raw unpeeled almond kernels (*Prunus dulcis*), Innovative Food Science and Engineering Technologies, 10, 87-92.
14. Molins, R. A., Motarjemi, Y., Käferstein F.K. (2001): Irradiation: a critical control point in ensuring the microbiological safety of raw foods, Food Control, 12, 347-356.

15. Park, J.H., Choi, T.B., Kim, S.W., Hur, M.G., Yang, S.D., Yu, K.H. (2009): A study on effective extraction of isoflavines from soy germ using the electron beam, *Radiation Physics and Chemistry*, 78, 623-625.
16. Prakash, A., Manley, J., DeCosta, S., Caporaso, F., Foley, D. (2002): The effects of gamma irradiation on the microbiological physical and sensory qualities of diced tomatoes, *Radiation Physics and Chemistry*, 63, 387-390.
17. Stefanova, R., Toshkov, S., Vasilev, N. V., Vassilev, N. G., Marekov, I. N. (2011): Effect of gamma-ray irradiation on the fatty acid profile of irradiated beef meat, *Food Chemistry* 127, 461–466.
18. Thayer D. W. (2004): Irradiation of Food-Helping to Ensure Food Safety, *The New England Journal of Medicine*, 1811-1812.
19. WHO, FAO (1988): Food Irradiation, WHO, Switzerland

Képforrások

WHO: <<http://www.smebeam.com/potato.jpg>>, <<http://gaia-health.com/gaia-blog/wp-content/uploads/2012/05/Food-Irradiation-Symbol.jpg>> letöltve: 2012.10.02.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönetet szeretnék mondani témavezetőimnek Nyirő-Fekete Brigittának valamint Mohácsiné dr. Farkas Csillának szakmai tanácsaikért, a dolgozat elkészítésében nyújtott segítségükért, türelmükért.

Köszönet az AGROSTER Besugárzó Zrt.-nek és munkatársainak, hogy segítséget nyújtottak a vizsgálatok elvégzéséhez.

Köszönettel tartozom IAEA (kutatási szerződés száma 16243), valamint a TÁMOP 4.2.1./B-09/1/KMR-2010-005 projekteknek, akiknek az anyagi támogatás volt köszönhető.

Valamint köszönettel tartozom a Budapesti Corvinus Egyetem Mikrobiológiai és Biotechnológiai Tanszék összes munkatársának.

Köszönöm!