

**SZENT ISTVÁN  
EGYETEM**

**SZENT ISTVÁN EGYETEM**

**Immunszupresszált egyének élelmiszerválasztékának bővítése  
besugárzással**

**Nyirő-Fekete Brigitta**

**Gödöllő**

**2018**

## **A doktori iskola**

**megnevezése:** Élelmiszertudományi Doktori Iskola

**tudományága:** Élelmiszertudományok

**vezetője:** Dr. Vatai Gyula, CSc  
egyetemi tanár  
Szent István Egyetem, Élelmiszertudományi Kar,  
Élelmiszeripari Műveletek és Gépek Tanszék

**Témavezető:** Mohácsiné Dr. Farkas Csilla, PhD  
egyetemi tanár  
Szent István Egyetem, Élelmiszertudományi Kar  
Mikrobiológiai és Biotechnológiai Tanszék

.....  
Az iskolavezető jóváhagyása

.....  
A témavezető jóváhagyása

## TARTALOMJEGYZÉK

RÖVIDÍTÉSEK	5
<b>1. BEVEZETÉS</b>	<b>6</b>
<b>2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS</b>	<b>8</b>
2.1. Immunszuppresszált betegek étkeztetése	8
2.2. A kutatás háttere és előzményei	9
2.3. A besugárzás technológiai alapjai	11
2.4. Az élelmiszer besugárzás rövid története	13
2.5. Az élelmiszer besugárzás jogszabályi háttere	17
2.6. Ionizáló sugárkezelés alkalmazása	19
2.6.1. <i>Alkalmazott sugárdózisok</i>	19
2.6.2. <i>Mikroorganizmusok sugártűrése és az érzékenységet befolyásoló tényezők</i>	20
2.6.3. <i>A besugárzás hatása az élelmiszerek kémiai paramétereire</i>	26
2.6.4. <i>Ionizáló sugárkezelés hatása a különböző termékek érzékszervi tulajdonságaira</i>	31
2.6.5. <i>A sugárkezelés hatása különböző termékek fizikai tulajdonságaira</i>	33
2.7. Kombinált tartósítás lehetőségei	36
2.8. <i>Listeria monocytogenes</i> előfordulása élelmiszerekben	37
2.9. Challenge teszt jelentősége	41
<b>3. ANYAG ÉS MÓDSZER</b>	<b>43</b>
3.1. Kísérletek helyszínei	43
3.2. Minták előkészítése	43
3.3. Besugárzás és tárolás	44
3.4. A kísérletek során alkalmazott módszerek	46
3.4.1. Mikrobiológiai vizsgálatok	46
3.4.2. Challenge tesztek előkészítése, kivitelezése	49
3.4.3. Kémiai paraméterek vizsgálata	49
3.4.3.1. <i>Összes antioxidáns kapacitás és összes polifenol tartalom mérése</i>	49
3.4.3.2. <i>Karotinoid, tokoferol és C-vitamin tartalom meghatározása</i>	51
3.4.3.3. <i>Zsirtartalom, zsírsavösszetétel és lipid-peroxidációs jellemzők vizsgálata</i>	53
3.4.4. Érzékszervi vizsgálatok	54
3.4.5. Fizikai paraméterek vizsgálata	54
3.4.5.1. <i>Állományvizsgálat</i>	54
3.4.5.2. <i>Színmérés</i>	55

3.4.6.	pH mérés	55
3.4.7.	Az eredmények statisztikai értékelése	56
<b>4.</b>	<b>EREDMÉNYEK</b>	<b>57</b>
4.1.	Gyümölcsök, zöldségek, desszertek mikrobiológiai vizsgálatának eredményei	57
4.2.	Challenge tesztek eredményei	77
4.3.	Kémiai vizsgálatok eredményei	84
4.3.1.	<i>Gyümölcsök összes antioxidáns kapacitása és összes polifenol tartalma</i>	84
4.3.2.	<i>Zöldségek karotinoid, tokoferol és C-vitamin tartalma</i>	92
4.3.3.	<i>Túró Rudi, Túrókrém zsírtartalom, zsírsavösszetétel és lipid-peroxidációs jellemzői</i>	95
4.4.	Gyümölcsök, zöldségek, desszertek érzékszervi vizsgálatának eredményei	98
4.5.	Fizikai vizsgálatok eredményei	103
4.5.1.	<i>Gyümölcsök állomány vizsgálata</i>	103
4.5.2.	<i>Gyümölcsök színmerése</i>	105
4.6.	Új tudományos eredmények	114
<b>5.</b>	<b>KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK</b>	<b>116</b>
<b>6.</b>	<b>ÖSSZEFOGLALÁS</b>	<b>118</b>
<b>7.</b>	<b>SUMMARY</b>	<b>122</b>
<b>8.</b>	<b>MELLÉKLETEK</b>	<b>125</b>
M1.	Irodalomjegyzék	125
M2.	Összefoglaló táblázat	139
M3.	Országos Élelmezés- és Táplálkozástudományi Intézet által végzett kórházi felmérés az immunszupprimált betegek étkeztetéről	140
M4.	Érzékszervi bírálati lap	145
M5:	Színmerés eredményeihez tartozó szórás értékek	146
M6:	2011. június 21-én megrendezésre került Workshop meghívója	147
M7:	2012. december 5-én megrendezésre került Workshop meghívója	148
M8.	Szórólap	149
	<b>KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS</b>	<b>151</b>

## RÖVIDÍTÉSEK

a*	Piros-zöld színezet
<i>A. flavus</i>	<i>Aspergillus flavus</i>
<i>A. ochraceus</i>	<i>Aspergillus ochraceus</i>
<i>A. parasiticus</i>	<i>Aspergillus parasiticus</i>
AS	Aszkorbinsav
b*	Sárga-kék színezet
<i>B. cereus</i>	<i>Bacillus cereus</i>
BHI	Brain-Heart Infusion
<i>C. botulinum</i>	<i>Clostridium botulinum</i>
<i>C. perfringens</i>	<i>Clostridium perfringens</i>
<i>E. coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
FRAP	Ferric Reducing Ability of Plazma, a plazma vas redukáló képességén alapuló antioxidáns kapacitás
Gy, kGy	Az elnyelt sugárdózis
GS	Galluszsav
L*	Világossági tényező
<i>L. innocua</i>	<i>Listeria innocua</i>
<i>L. monocytogenes</i>	<i>Listeria monocytogenes</i>
MAP	Módosított atmoszférájú csomagolás
MDA	Malonaldehid
MSZ	Magyar szabvány
POD	Peroxidáz
ppm	Parts-per-million (az egész milliomod része)
SOD	Szuperoxid-dizmutáz
SPP	Fajok (species)
<i>S. aureus</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>
<i>S. Typhimurium</i>	<i>Salmonella Typhimurium</i>
TBA	Tiobarbitursav
TGE	Tripton-glükóz-élesztőkivonat (Tryptone Glucose Extract)
TKE	Telepképző egységek száma
TPC	Összespolifenol tartalom (Total Phenolic Content)
<i>V. parahaemolyticus</i>	<i>Vibrio parahaemolyticus</i>

## 1. BEVEZETÉS

Az elmúlt évtizedekben világszerte egyre fokozódó fogyasztói igény mutatkozott a minimálisan feldolgozott, kiváló minőségű és mikrobiológiailag biztonságos élelmiszerek iránt. Mindemellett napjainkban egyre nagyobb szerepet kap az eltarthatóság növelésének kérdése is. 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 élelmiszer eredetű megbetegedések növekvő tendenciája is kulcsproblémát jelent. Az ionizáló sugárzás azon ritka technológiák egyike, mely mind az élelmiszer minőség, mind az élelmiszer-biztonság szempontjából kedvező módon befolyásolja élelmiszereinket, kontrollálja azok romlását és a benne esetlegesen jelen lévő élelmiszerral terjedő patogén mikroorganizmusokat. Több évtizedes kutatási eredmények birtokában jelenleg több mint 60 országban engedélyezett egyes élelmiszerek besugárzása. Továbbá az ionizáló sugárzással kezelt élelmiszerek felhasználása egyre szélesebb körben terjed világszerte, igaz Európában még sok esetben előítélettel viselkednek irányában. A megalapozatlan félelmek és tévhitek elsősorban a fogyasztók hiányos tájékoztatásából erednek. A technológia felhasználásának egyik speciális területe az immunkezelt betegek - jellemzően transzplantációs beavatkozásokon vagy onkológiai kezelésen átesett páciensek, súlyos égési sérültek stb. - diétájában meghatározott élelmiszerek sterilizálása illetve mikrobaszámának csökkentése, melyre jelen kutatómunka is fókuszál. Mivel az immunhiányos betegekre az élelmiszer eredetű mikrobiális fertőzések sokkal nagyobb veszélyt jelentenek, mint az egészséges emberekre, hiszen a természetes védekező rendszerük a normál szint alatt van, emiatt a fogyasztható élelmiszerek köre is jelentősen leszűkült számukra. Szemben az autoklávval történő sterilizációval - mely az ételek élvezeti értékét és tápértékét is jelentős mértékben csökkenti -, ez a kezelési mód egyértelműen kíméletes, és eredményeként az eredeti állapot minőségi paramétereit megközelítő értékek érhetők el, mind élvezeti érték, mind tápanyagtartalom tekintetében. A besugárzással tartósított élelmiszerek romlása az alkalmazott sugárdózisok függvényében változik. Mindemellett egy bizonyos dózison felül az élelmiszerekben végbemenő kémiai folyamatok ronthatják az érzékszervi tulajdonságokat. Ezeknek vizsgálata fontos, hiszen ez az eljárás jelentős szerepet játszhat az élelmiszerveszteségek és a kémiai tartósító szerek csökkentésében. Az ionizáló sugárkezelés ez irányú felhasználásával jelentősen növelhető lenne a legyengült immunrendszerű betegek számára fogyasztható élelmiszerek választéka. Ami azért fontos, hogy az ételek a betegség legnehezebb napjaiban is képesek legyenek gasztronómiai örömet biztosítani azok számára, akiket a jelenleg alkalmazott nagymértékű hőkezelési technológiák ettől megfosztanak.

A hazai kórházakban végzett előzetes felmérés alapján megállapításra került azon élelmiszerek köre, amelyek fogyasztása táplálkozás-élettani és élvezeti értéke miatt ajánlatos volna, azonban az immunszuppresszált betegek nem fogyaszthatják.

Vizsgálataim során a következő kérdésekre keresem a választ:

- Milyen sugárdózissal valósítható meg a betegek és a dietetikusok által javasolt, előre csomagolt élelmiszerek mikrobiológiailag is biztonságos előállítás, melynek során a projekt szakértői által megállapított mikrobiológiai kritériumok elérése is teljesül és a termék élvezeti értéke is megmarad?
- Hogyan befolyásolja a besugárzás a termékek eredeti mikrobiotájának összetételét és az hogyan változik a tárolás során?
- Mennyiben térnek el a gyümölcsök, zöldségek és desszertek beltartalmi (kémiai) paraméterei a sugárkezelést követően, összehasonlítva a kezeletlen mintákra kapott eredményekkel?
- Változnak-e a kezeléseken átesett gyümölcsök fizikai tulajdonságai (szín, állomány)?
- Az ionizáló sugárkezelés eredményez-e változást a kísérleti minták érzékszervi tulajdonságaiban?
- A *Listeria monocytogenes* élelmiszeripari jelentőségét a szélesspektrumú környezeti tényezőkkel szembeni ellenállósága adja, így képes szaporodni kis pH értékű, kis hőmérsékletű és nagy sókoncentrációjú közegben is. Mindezeket figyelembe véve, a gammasugárzás milyen hatással van a *Listeria monocytogenes* és a *Listeria innocua* teszt mikroorganizmusokra a mesterségesen beoltott friss zöldségeken, gyümölcsökön és túró desszerten vizsgálva?

## 2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

### 2.1. Immunszupresszált betegek étkeztetése

A bizonyos kezeléseken átesett betegek és az immunszupresszált egyének nagyon érzékenyek mindenféle vírusos és bakteriális fertőzésre, ugyanis a természetes védekező rendszerük a normális határ alatt van. A páciensek gyógyulása érdekében végzett kezelések még növelik az élelmiszerek okozta megbetegedések kockázatát. A legyengült immunrendszerű betegek étkeztetése speciális. Állapotuktól függően steril vagy kis mikrobaszámú (neutropenikus) diétára szorulnak vagy normál élelmiszer higiéniai körülmények között elkészített ételt fogyasztanak (Mohácsi-Farkas, 2016). Nem minden típusú immunszupresszált betegnek kötelező steril élelmiszer fogyasztása, elegendő, ha az adott étel kis mikroba számú, annak érdekében, hogy az előbb említett fertőzéseket elkerüljék (Aker és Cheney, 1983). Kis mikrobaszámú diétát kórházak javasolják az úgynevezett magas kockázatú páciensek számára. Az Amerikai Rákellenes Társaság szerint ez a diéta akkor javasolható, ha a páciens neutrofil száma alacsony, melyre hataértékeket is állítottak fel. E diétákban kerülnek a patogén mikroorganizmusokkal gyakran szennyezett élelmiszereket, bizonyos nyers ételeket és helyettesítik más alternatív ételekkel (Lund és O'Brian, 2011). Azok számára, akik csak steril ételeket fogyaszthatnak, autoklávozással érik el a csírátlantítást, azonban néhány élelmiszer nem autoklávozható, mint például a kenyér, pékáruk, a cereáliák, tészták, fűszerek és desszertek. A hőkezelés hatására olyan változásokon esik át az élelmiszer, hogy a beteg nem hajlandó elfogyasztani azt vagy a kinézete vagy az íze, állománya miatt. A besugárzást sikeresen alkalmazták az ilyen élelmiszerek sterilizálására kórházi betegek számára (Aker, 1984). A besugárzott ételek íze és kinézete természetes marad, amely fontos szempont a betegek számára is. A kemoterápián átesett betegeknél előfordulhat, hogy változik az íz-érzékelési képességük, száj szárazság és nyelőcső fekély alakulhat ki. Számos kórház rendelkezik saját konyhával, ahol elkészíti és helyben fel is szolgálja az ételt. Egyre gyakoribb azonban, hogy külső cég szállítja az ételeket előre elkészítve fagyasztott vagy hűtött állapotban. A mikrobiológiai kockázatok miatt ezeket az ételeket rendeltetés szerűen, az előírásoknak megfelelően kell tárolni, felmelegíteni és szervírozni a kórházaknak. Ennek ellenére a kórházakban is fordult elő ételfertőzés, mely több esetben volt halálos kimenetelű. Számos ilyen fertőzés okozója volt a *C. perfringens* és a *Listeria monocytogenes*. Megelőzés céljából az EU szabályozásának köszönhetően mind a kórházaknak mind a szállító cégeknek szigorú HACCP előírásai alapján kell működniük (Lund és O'Brien, 2009).

Friss, nyers gyümölcsök és zöldségek fogyasztása nem megengedett a fentebb említett diéta során, mivel a patogén mikroorganizmusok megtapadhatnak rajta. Mahmoud és társai (2010)



szerint az elmúlt évtizedekben számos élelmiszer eredetű járvány és betegség okozója volt a friss gyümölcs és zöldség, azonban ezek az egészséges diéta fontos részei. A WHO, FAO és USDA is ajánlja a zöldségek és a gyümölcsök fogyasztását, hiszen ezzel csökkenthető a szív-és érrendszeri betegségek valamint a rák kialakulásának a kockázata (Allende et al., 2006). Ezért különös figyelmet fordítanak és számos kutatás tárgya a mikrobiológiailag biztonságos, mindemellett minőségileg is elfogadható friss termékek előállítására. Klórtartalmú vízzel történő mosás vagy más higiéniai kezelések csökkentik a patogéneket a friss gyümölcsök és zöldségek felületén, de sok esetben ez nem elegendő (Mahmoud et al., 2010). Az ionizáló sugárkezelés egy lehetőség a leveles zöldségek biztonságossá tételére mindamellett, hogy megőrzik tápértéküket és érzékszervi minőségüket (Niemira és Fan, 2006).

Ma már számos országban (Nagy-Britannia, Hollandia) alkalmazzák a mélyfagyasztásos besugárzást az immunszuppresszált betegek változatosabb élelmiszer ellátása céljából (Farkas, 2005).

## **2.2. A kutatás háttere és előzményei**

Egy IAEA koordinált kutatási program (2002-2006) keretében ismételt megállapították, mint azt korábban is, hogy az élelmiszer besugárzás használatával biztosítani lehet a mikrobiológiai minőséget és biztonságot, jó gyártási gyakorlat mellett, de ugyanakkor további kutatásokra is szükség van. Ennek kapcsán a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség – International Atomic Energy Agency (IAEA) 2009-ben ismét egy pályázatot hirdetett, melynek tárgya a radioaktív sugárzás alkalmazása élelmiszerek tartósításában. A nemzetközi projektben számos ország kutató intézménye (Amerikai Egyesült Államok; Argentína; Banglades; Brazília; Egyesült Királyság; Kína; India; Indonézia; Pakisztán; Fülöp-szigetek; Koreai Köztársaság; Tunézia, Portugália, Kanada) mellett részt vett a Budapesti Corvinus Egyetem Mikrobiológiai és Biotechnológiai Tanszéke az Országos Élelmezés- és Táplálkozástudományi Intézetrel együttműködve.

A 2009-ben FAO/IAEA által megrendezésre került konzultációs megbeszélésen a résztvevő tagok célul tűzték ki, hogy elsősorban a legyengült immunrendszerű páciensek részére szeretnének ételválasztékot bővíteni, együttműködve az orvosi közösséggel, a táplálkozási tanácsadókkal és nem utolsósorban a betegekkel. A résztvevők feladata a besugárzott ételeket vizsgálni és fejleszteni, azaz mikrobiológiai, táplálkozás-élettani, érzékszervi vizsgálatok kivitelezése, valamint pszichológiai értékelések elvégzése. Meghatározták a vizsgálni kívánt élelmiszerek körét: friss zöldségek, gyümölcsök, saláták, csomagolt készételek, desszertek és funkcionális élelmiszerek, de a tanulmány során figyelembe kellett venni a különleges étrendi követelményeket (alacsony zsír, fehérjetartalom) és speciális táplálást (orron keresztül) is.

Miután a kórházi gyakorlatban nincs általánosan elfogadott mikrobiológiai határérték a nem steril, hanem „csökkentett mikrobaszámú”, „higiénikus” élelmiszerek körére, a projektben részt vevő szakértő tagok meghatározták az immunszupresszált betegek étkeztetésére vonatkozó termékspecifikus mikroorganizmusokat és az azokra vonatkozó határértékeket, melyek a következők:

Mezofil aerob és fakultatív anaerob mikrobaszám <500 TKE/g

*Listeria* spp. 25 g-ban nincs jelen

*Salmonella* spp. 25 g-ban nincs jelen

Élesztő- és penészgombaszám <50 TKE/g

Kóliformszám <10 TKE/g

*Staphylococcus aureus* szám <10 TKE/g

Aerob spóraszám <10 TKE/g

Anaerob spóraszám <10 TKE/g (IAEA, 2010).

A kutatásainkat megelőzte 2011-ben az OÉTI közreműködésével végzett hazai helyzet felmérése kórházi szakemberek megkérdezésével, a különböző immunszuprimált betegek kórházi étkeztetéséről. A felmérésben (a kérdőívet lsd. M2. melléklet) 11 (5 budapesti, 6 vidéki) megkérdezett intézményből 9 válaszolt, 1 visszautasította a válaszadást, 1 jelezte, hogy nem kezelnek immunszupresszált betegeket. A válaszadó intézmények közül 3 kórház rendelkezett saját konyhával, 6 kórházba külső cég szállította az ételleket. A megkérdezett intézményekben havonta összesen 2567 immunszupresszált beteget étkeztettek. A menü összeállításában 7 intézményben vett részt dietetikus. Többségében (6 kórházban) saját, helyi protokollt alkalmaztak, és 1 intézmény kivételével, nem készítettek külön ételt az előbb említett beteg csoport részére. Többnyire a főzés, sütés, forralás, gőzölés, párolás technológiát alkalmazták, hogy az ételek csíraszámát csökkentsék. Kevés helyen használtak autoklávot vagy más sterilizációs eljárást az ételkészítésnél. A legtöbb intézmény biztosította a páciensek számára az individuális beteglelmezést, de sajnálatos módon nem az összes kórház. Az esetek felénél naponta, étkezésenként összesítve számították az étrend tápanyagtartalmát. A felmérés alapján javasolt az immunszupresszált betegek részére egy egységes szakmai protokoll kidolgozása, a biztonsággal fogyasztható élelmiszerek körének bővítése valamint a technikai háttér biztosítása (Lőrinczné Táborfi és Kovács, 2011).

Azon ételek és élelmiszerek köre, amelyeket hővel illetve autoklávozással nem lehet sterilizálni és leggyakrabban igényelték a betegek - 4 intézmény válasza alapján - a következők voltak:

- tejtermékek – Túró Rudi, túró, túrókrém
- nyers zöldségek – zöldpaprika, paradicsom, retek, hagyma, uborka, saláta

- nyers gyümölcsök – alma, körte, szamóca, málna és egyéb bogyósok, szőlő, citrusfélék és trópusi gyümölcsök
- desszertek – piskóta, diabetikus desszertek
- olajos magvak – mandula, mogyoró
- egyéb – rántott hús

A felmérés alapján arra lehetett következtetni, hogy egy egységes táplálkozási protokollal növelhető a biztonságosan fogyasztható élelmiszerek köre az immunszuperszált betegek részére (friss zöldség, gyümölcs, friss kenyér, pékáru stb.). Továbbá az is említésre méltó, hogy a besugárzás egyik előnye, hogy előre csomagolt termékek esetében is alkalmazható.

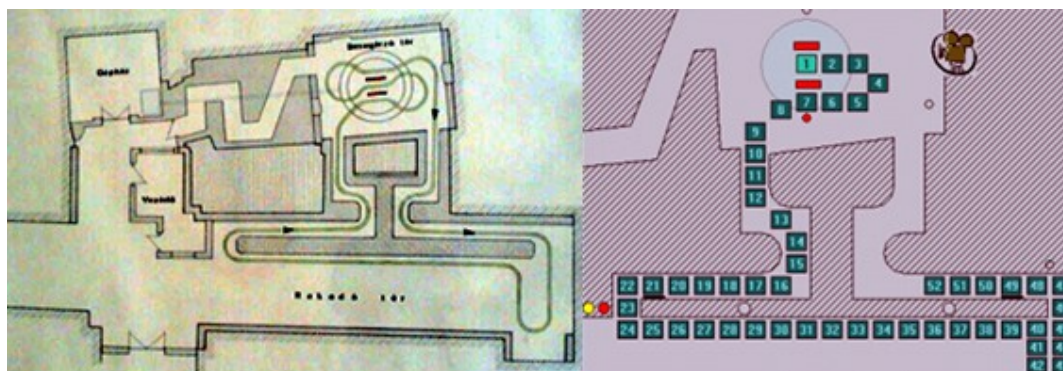
Dietetikus ajánlások szerint semmilyen nyers zöldség nem adható és a gyümölcsök közül előnyösebb, ami úgy ehető, hogy nem érintkezik a kézzel - pl banán. Emellett figyelembe kell venni azt, hogy a kezelések mellékhatásaként gyakori a szájnyálkahártya gyulladás, ami miatt a betegek szájürege nagyon érzékeny, így kiesnek a nagyon kemény zöldségek és gyümölcsök is (Mohácsi-Farkas, 2016).

### **2.3. A besugárzás technológiai alapjai**

A besugárzott élelmiszerek alatt az ionizáló sugárzással kezelt termékeket értjük. Ez a sugárzás éppen olyan elektromágneses sugárzás, mint a mindennapi életből jól ismert fény, röntgensugárzás vagy a mikrohullámok. Az élelmiszer besugárzására használható elektromágneses ionizáló sugárzások a  $^{60}\text{Co}$  és a  $^{137}\text{Cs}$  radioaktív izotópok által kibocsájtott  $\gamma$ - sugarak. Az élelmiszeriparban ionizáló energia forrásaként a szakértők által javasolt és a szabványokban meghatározott radioaktív sugárforrások közül a kobalt-60 ( $^{60}\text{Co}$ ) a legelterjedtebb. A  $^{60}\text{Co}$  mesterséges radioizotóp, amit speciális nukleáris reaktorokban, az inaktív kobalt fém neutron-abszorpciója révén állítják elő, utána pedig kétszeres rozsdamentes acéltokba zárják (Farkas, 2005). Maximális energiája 1,33 MeV, ami nagyon kicsi ahhoz, hogy az élelmiszert alkotó elemekben radioaktivitást indukáljon. Órás vagy napos felezési idejű radioaktív izotópok létrehozása csak 20 MeV-nál nagyobb energiájú elektronsugárzással lehetséges. Ugyanilyen energiaszinteken a röntgensugárzás sokkal hatékonyabb. A FAO/IAEA/WHO Közös Szakértői Bizottsága ezért azt javasolta, hogy élelmiszerek besugárzására elektron-generátorok esetén a megengedhető maximális energia

10 MeV, röntgengépeknél pedig 5 MeV legyen (Farkas, 2006). Ilyen energiahatárok alatt a gyakorlati szempontból szóba jöhető maximális 50 kGy dózis alkalmazásánál radioaktivitást nem mértek (Kiss, 1993).

Hazánkban az Agroster Besugárzó Rt. az egyetlen olyan besugárzó létesítmény, mely rendelkezik valamennyi szükséges (sugárvédelmi és sugárrendészeti) engedéllyel. Továbbá több nemzetközi listán szerepel, mint többcélú, illetve mint élelmiszerbesugárzó létesítmény. E tipikus ipari besugárzó berendezés anyagszállítása egy felső függesztésű, egyutas, szakaszos mozgású szállítópályán, meghatározott számú függesztékkel történik (1. ábra). A függesztékek csak egy adott ideig tartózkodnak a sugárforrás közelében és ebben a besugárzási pozícióban eltöltött időt nevezzük léptetési időnek. A léptetési időt követően mindig a soron következő függeszték lép az előző helyére. Ez a szakaszos művelet valamennyi áruval töltött függeszték valamennyi besugárzási pozíción történő áthaladásáig folytatódik. A termék által elnyelt dózis mérése a leggyakrabban klórbenzol kémiai doziméter ampullákkal történik. A kezelésre szánt terméket a csomagolás megbontása nélkül helyezik a szállítópálya függesztékeibe, ezt követően minden egységcsomagra felkerül a kezelés adatait tartalmazó címke a dózisindikátorral, valamint kezelési tételenként egy-egy függesztékbe egy doziméter kerül. A berendezés irányítása számítógép vezérelt, mely gondoskodik a sugárvédelmi reteszelő rendszer - ami a véletlen sugárbaesetek megelőzésére szolgál - felügyeletéről és a sugárkezelési folyamat irányításáról. Rögzíti az üzemi hibákat, leállásokat, a termelési adatokat és naponta korrigálja a forrás aktivitás-értékét. Az általunk megadott dózisisigény és a terméksűrűség függvényében a rendszer számítja ki a szükséges léptetési időt, besugárzó pozícióba hozza a sugárforrást és elindítja a szállítópályát. A kezelés befejeztével, miután valamennyi függeszték a termékkel elhaladt a sugárforrás mellett, a számítógép kivezérli azt a besugárzó téréből. Az élelmiszer sugárkezelő üzemek, mint minden más üzem számára is, a telepítési és üzemeltetési engedélyt állami hatóságok adják ki, később pedig rendszeres hatósági és szakmai felügyelet és ellenőrzés biztosítja a szabályos és biztonságos üzemelést ([www.agroster.hu](http://www.agroster.hu)).



1. ábra Az Agroster besugárzó üzem vázlata ([www.agroster.hu](http://www.agroster.hu))

## 2.4. Az élelmiszer besugárzás rövid története

A besugárzás alkalmazása napjainkban már nem számít új technológiának. Több évtizede 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 számos országban alkalmazzák. 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 a disznóhúsban előforduló emberi parazita *Trichinella spiralis* inaktiválására (Diehl, 1995). Az 1940-es években felélenkültek a nemzetközi kutatások, majd az 1950-es években, mikor nagyobb mennyiségű mesterséges – radioaktív izotóp vált elérhetővé ez a folyamat folytatódott, s kiterjedt a technológia egészségügyi ártalmatlansági vizsgálataira is. 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 FAO/IAEA/WHO a besugárzott élelmiszerek fogyasztásának ártalmatlanságára vonatkozó vizsgálatait értékelő egyesített szakértői bizottsága már az 1980-as ülésének jelentésében a besugárzott élelmiszereket 10 kGy sugárdózisig elfogadhatónak nyilvánította, számításba véve a toxikológiai, a mikrobiológiai és a táplálkozási hatásokat egyaránt (WHO, 1981). Mindezt a későbbi konzultációk is megerősítettek, majd a 10 kGy átlagos kezelési dózishatár helyett a dózishatárok eltörlését javasolták, amely esetben a dózis nagyságát a technológiai és gazdasági tényezők határozzák meg (WHO, 1999).

2003-ban a FAO/WHO Codex Alimentarius Bizottság elfogadta a besugárzott élelmiszerek nemzetközi Codex szabványának (Codex General Standard for Irradiated Foods) felülvizsgált verzióját, amely a jó gyártási gyakorlat (GMP) érvényesülése mellett az élelmiszer besugárzást bármilyen sugárdózisnál biztonságosnak tartja (Loaharanu, 2007).

Azóta is fokozatosan nő azon országok száma, ahol az élelmiszer besugárzást és az így kezelt élelmiszerek fogyasztását engedélyezik. 1983 és 2004 között további szakértői csoportok és 38 ország képviselőjéből alakult a Besugárzott Élelmiszerek Nemzetközi Tanácsadó Egyesülete (ICGFI), amelynek fő feladata a technológia elterjesztésének elősegítése és a nemzeti szervezetek tanácsokkal történő ellátása. Számos élelmiszer kezelésének technológiai adatait dokumentálta az ICGFI, majd ezeket az IAEA publikálta (Farkas és Mohácsi-Farkas, 2011).

A sok éves kutatási eredmények ellenére, melyek teljes mértékben biztosítanak e módszer élelmiszereken történő alkalmazásának veszélytelenségéről, a politikai, a gazdasági okok,

valamint az ellenzők csoportjai félreinformálással megalapozatlan félelmet keltenek, akadályozva a módszer elterjedését, legfőképpen Európában (Farkas és Mohácsi-Farkas, 2011). A kilencvenes években az USA-ban végzett felmérésben a megkérdezettek 30%-a úgy vélte, hogy a besugárzással kezelt élelmiszer radioaktív (Gunes és Tekin, 2006). A fogyasztók általánosan negatív véleménye és félelme minden korábban, a témával kapcsolatban végzett kutatásban megfigyelhető. Három emberből egy, ha meglátná a terméken a 'besugárzott élelmiszer' feliratot, azt figyelmeztetésnek vélné, és inkább elkerülné a terméket (Rollin et al., 2011). A Nemzetközi Atomenergia Ügynökség szerint, korábbi kutatások kimutatták, hogy az ionizáló energiával kapcsolatos ismeretek bővítése szükséges a vásárlók körében, akik elsősorban a radioaktív hatásoktól tartanak, amikor ilyen termékről van szó (Behrens et al., 2009). Attitűd vizsgálatok során megfigyelték, hogy az ionizáló sugárzással kezelt élelmiszerek elfogadottsága 60%-ról 90%-ra emelkedett, ha tudományos információkat adtak a technológia előnyeiről és ez a szám 99%-ra emelkedett, ha mintával is alátámasztották azt (Bruhn, 1998). Minél többször találkoznak egy adott technológiával a fogyasztók és akár pozitív vagy semleges információt kapnak róla, az csökkenti az aggodalmukat a módszerrel kapcsolatban (Bruhn, 2007).

A korlátozások és negatív megítélések ellenére napjainkban már több mint harminc ország, köztük az Egyesült Államok, Franciaország, Németország, Belgium, több mint 100 fogyasztásra alkalmas élelmiszerén alkalmazza az eljárást. 1957-ben Németországban került először kereskedelmi forgalomba besugárzott fűszer (Farkas és Mohácsi-Farkas, 2011). Jelenleg már körülbelül 71 élelmiszerbesugárzó üzemel a világon (<https://www.iaea.org>), melyek nagy része kereskedelmi céllal végzi az élelmiszerek kezelését (IAEA, 2007). E technológia alkalmazása növekvő tendenciát mutat az egészségügyben is.

Az évente világszerte sugárkezelt élelmiszerek mennyisége több százezer tonna. Kume és társai (2009a, 2009b) felmérései alapján a besugárzást legnagyobb mennyiségben fűszerek és szárított zöldségek esetében alkalmazzák (186 ezer tonna évente), majd ezt követi a fokhagyma és a burgonya (88 ezer tonna/év), ezután a magvak és gyümölcsök (82 ezer tonna/év), végül a húsok és tengeri gyümölcsök (33 ezer tonna/év). Fűszereket, szárított zöldségeket USA-ban, Kínában, Brazíliában és Dél-Afrikában kezelnek baktériumokat és penészgombákat pusztító hatása miatt. Belgium húsok és tengeri halak esetében használja a sugárzásos fertőtlenítést. Kínában és Japánban főként a kihajtások gátlása (burgonya, hagyma) az elsődleges cél, továbbá Kína az élelmiszerek széles skáláján részesíti előnyben ezt a módszert.

Az IAEA által becsült adatok szerint 2004-ben több mint 300 000 tonna élelmiszert sugároztak be, melyet részletesebben a 1. táblázat mutat. Az alább felsorolt országok között a mennyiségek tekintetében az elsők között szerepel Kína, USA és Ukrajna. Ez a tanulmány is mutatja Európa

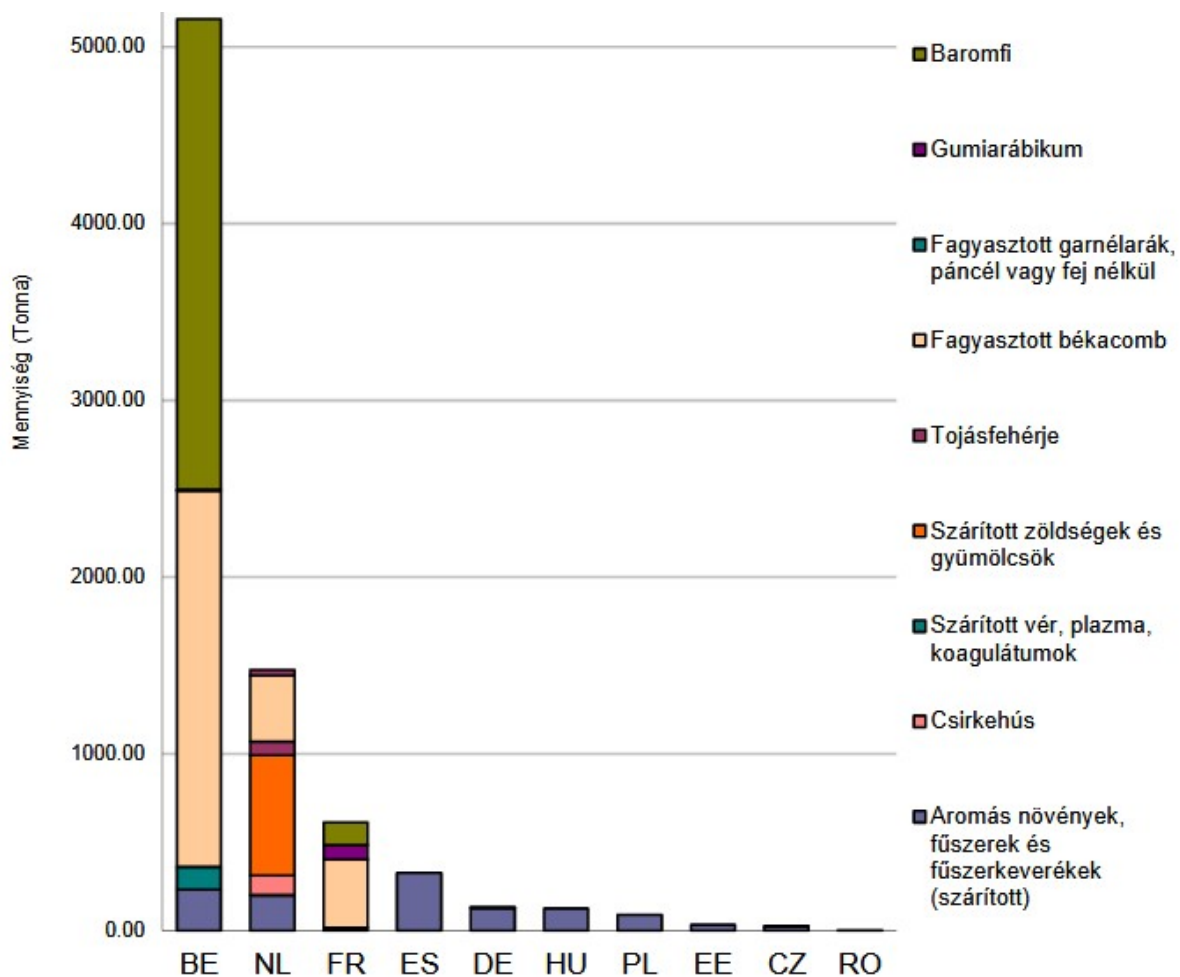
lemaradását más országokhoz képest, főként az Európai Unió korlátozó szabályozása következtében.

**1. táblázat** Egyes országokban besugárzott élelmiszerek mennyisége  
(Kume et al., 2009 a, b)

	Ország	Mennyiség (tonna)	Összesen (tonna)
Amerikai régió	USA	92 000	116 400
	Kanada	1 400	
	Brazília	23 000	
Európa	Belgium	7 279	15 060
	Németország	472	
	Franciaország	3 111	
	Hollandia	3 299	
	Csehország	85	
	Magyarország	111	
	Lengyelország	687	
Horvátország	16		
Ázsia és Óceánia	Kína	146 000	183 309
	India	1 600	
	Indonézia	4 011	
	Japán	8 096	
	Korea	5 394	
	Malájzia	482	
	Fülöp-szigetek	326	
	Thaiföld	3 000	
	Vietnám	14 200	
Ausztrália	200		
Afrika és más országok	Dél-Afrika	18 185	90 035
	Egyiptom	550	
	Ukrajna	70 000	
	Izrael	1300	

Ehlermann szerint a kormány felelőssége, hogy elfogadottá tegye és támogassa e technológia iparban történő alkalmazását, annak érdekében, hogy megfelelő és biztonságos élelmiszereket állítsanak elő (Ehlermann, 2005).

Az 1999/2/EK irányelv előírja az Európai Bizottság évenkénti jelentési kötelezettségét az Európai Parlamentnek és Tanácsnak, amit 27 tagállam által beküldött adatokból állítanak össze. A jelentés az adott évre vonatkozó ionizáló sugárzással kezelt élelmiszer-összetevőkről készül. Az Európai Unión belül besugárzás végzésére engedélyezett létesítményekben a 2012. évi ionizáló sugárzással kezelt élelmiszerek mennyiségeit a 2. ábrán szemléltetem.



2. ábra Az Európai Unióban 2012-ben az ionizáló sugárzással kezelt élelmiszerek mennyisége országoként (Európai Bizottság jelentése, 2014)



## 2.5. Az élelmiszer besugárzás jogszabályi háttere

Az ionizáló sugárkezelés jogszabályi hátterét az EU szintjén az Európai Parlament és Tanács 1999/2/Ek Irányelve (1999. február 22.) az ionizáló sugárzással kezelt élelmiszerekre és élelmiszer-összetevőkre vonatkozó tagállami jogszabályok közelítéséről, valamint az 1999/3/EK Irányelve (1999. február 22.) az ionizáló sugárzással kezelt élelmiszerek és élelmiszer-összetevők közösségi listájának megállapításáról teremtette meg, amit a 67/2011. (VII. 13.) VM rendelet az élelmiszerek ionizáló sugárzással való kezelésének szabályairól adaptált a magyarországi gyakorlatra.

Ennek értelmében a technológia 10 kilogray (kGy) elnyelt energiamennyiségig alkalmazható a szárított aromás növények, fűszerek és növényi ízesítők esetén. Ezekről eltérő élelmiszereknél az ionizáló energiával való kezelést a Mezőgazdasági Szakigazgatási Hivatal engedélyezheti.

A kutatás konkrét lehetőségét az 1. § (2) bekezdés b) pontja biztosítja, melynek értelmében „nem kell alkalmazni ezt a rendeletet olyan élelmiszerek ionizáló sugárzással való kezelésére, amelyeket steril diétát igénylő betegek számára készítenek orvosi felügyelet mellett.” (67/2011. VM rendelet<sup>1</sup>), vagyis ezek esetén nincs szükség külön engedélyeztetésre.

Továbbá a 67/2011. (VII. 13.) VM rendelet lényegében a MÉK 1-2-1999/2 és 1-2-19/1979 számú előírásait foglalja egybe.

Az élelmiszerek jelöléséről szóló 19/2004. (II:16.) FVM-ESZCSM-GKM együttes rendelete szerint az ionizáló energiával kezelt élelmiszer jelölésében fel kell tüntetni az „ionizáló energiával kezelt”, vagy a "sugárkezelt" kifejezést.

Mindemellett nem kötelezően, de használható a besugárzással kezelt termékekre vonatkozó nemzetközileg is ismert jelzés, ami az 3. ábrán látható.



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

---

<sup>1</sup> 67/2011. (VII. 13.) VM rendelet az élelmiszerek ionizáló sugárzással való kezelésének szabályairól

Hazánkban a sugárkezelt élelmiszerek forgalombahozatalával kapcsolatos megkötéseket a 2008. évi XLVI. törvény<sup>2</sup> (Módosítás: 2009. évi XXVIII. tv., 2009. évi LVI. tv., 2010. évi IX. tv.) mondja ki. Ennek értelmében az ilyen módon kezelt élelmiszert Magyarország területén első alkalommal forgalomba hozni az élelmiszerlánc-felügyeleti szerv engedélyével lehet. Mindezt nem kell alkalmazni az Európai Unió valamely tagállamában vagy az Európai Gazdasági térség valamely szerződő államában jogszerűen forgalomba hozott termékekre. Az élelmiszerek ionizáló energiával történő kezelését az élelmiszerlánc-felügyeleti szerv engedélyével rendelkező élelmiszer-vállalkozás végezheti, továbbá csak akkor hozható forgalomba, ha megfelel a törvényben meghatározott előírásoknak.

---

<sup>2</sup> 2008. évi XLVI. törvény az élelmiszerláncról és hatósági felügyeletéről

## 2.6. Ionizáló sugárkezelés alkalmazása

### 2.6.1. Alkalmazott sugárdózisok

A sugárdózis az élelmiszer által elnyelt sugárzás energiáját jellemző mennyiség. A dózisok nagyságát gray-ben (Gy) vagy kilogray-ben (kGy) adják meg, ahol  $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg} = 100 \text{ rad}$  (Diehl, 1995).

Gyakran előfordul, hogy az egymástól eltérő típusú élelmiszerek esetében termékre szabottan kell megválasztani a dózis mértékét, a kívánt eredmény elérése érdekében. Az alkalmazott dózisokat három nagy csoportba sorolhatjuk, kis (1 kGy-ig), közepes (1-10 kGy) valamint nagy dózis (10-50 kGy). A különböző dózisok hatását a 2. táblázat mutatja.

**2. táblázat** Különböző termékeken alkalmazott különböző sugárdózisok mértéke a kívánt cél elérése érdekében (WHO, 1988)

Cél	Dózis (kGy)	Termék
<i>Kis dózis (1 kGy-ig)</i>		
Kihajtásgátlás	0.05-0.15	burgonya, hagyma, fokhagyma stb.
Rovar -,és rágcsálóirtás parazita mentesítés	0.15-0.50	gabonafélék, hüvelyesek, friss és szárított gyümölcsök stb.
Érés késleltetése	0.50-1.0	Friss zöldségek és gyümölcsök
<i>Közepes dózis (1-10 kGy)</i>		
Eltarthatóság növelése	1.0-3.0	nyers hal, eper stb.
Romlást okozó és patogén Mikroorganizmusok elpusztítása	1.0-7.0	friss és fagyasztott tenger gyümölcsei, nyers vagy fagyasztott baromfi és egyéb húsok
Élelmiszerek technológiai tulajdonságainak javítása	2.0-7.0	szőlő (növekvő léhozam), szárított zöldségek (főzési idő csökkentése) stb.
<i>Nagy dózis (10-50 kGy)</i>		
Ipari sterilizálás (enyhe hővel kombinálva)	30-50	steril kórházi ételek stb.
Bizonyos élelmiszerek- adalékanyagok és összetevők kármentesítése	10-50	fűszerek, enzim készítmények stb.

A mikroorganizmusok sugárérzékenysége meghatározható a  $D_{10}$ -értékkel, vagyis azzal a dózis értékkel, mely a mikroba populáció 90%-os inaktiválásához szükséges. Ha  $N_0$  a kezdeti mikrobaszám,  $N$  az ionizáló sugárkezelés utáni túlélő mikrobaszám és  $D$  az alkalmazott

sugárdózis, akkor a  $D_{10}$ -érték a következő képlettel számítható:  $D_{10}=D/\log N_0-\log N$  (Lund et al., 2000).

Az ionizáló sugárzás a kromoszóma roncsoló hatása révén inaktiválja az élő sejteket, ezért megakadályozza a mikroorganizmusok, a rovarok ivarsejtjeinek, a növények osztódó szöveteinek szaporodását, mindezzel kedvező tartósító hatást nyújtva a sugárzott dózistól függően. Ugyanakkor a sugárzás által kiváltott kémiai és fizikai hatások minimálisak az élelmiszerekben (Farkas, 2002; Farkas, 2006).

A különböző mikroorganizmusok különböző mértékben érzékenyek a sugárzásra, kémiai és fizikai felépítésüktől függően. Az adott dózissal besugárzott baktériumok pusztulása függ azok érzékenységétől, a növekedési szakaszának fázisától, attól, hogy mekkora károsodást okozott a sugárzás és hogy azt milyen mértékben képes a mikroorganizmus helyreállítani. Az élelmiszerekben előforduló Gram-negatív baktériumok általában a legérzékenyebbek a sugárzáskor fellépő hatásokra, náluk valamivel ellenállóbbak a Gram-pozitív baktériumok. Morfológiai szempontból a pálca alakúak érzékenyebbek, mint a kokkusok. Az élesztő- és penészgombák azonban rezisztensebbek a sugárzásra, mint a baktériumok. A baktériumok viszont sokkal ellenállóbbak, mint a protozoák, a paraziták és a rovarok. A mikroorganizmusok között általában a legsugárrezisztensebbek a baktérium spórák és a vírusok (Diehl, 1995). A *Clostridium botulinum* spórák 12 nagyságrendű elpusztításához méretezik az egészségügyi biztonság érdekében megkövetelt sterilizáló sugárdózis nagyságát, ami nem savas termékben 50 kGy. Minden tartósító eljárásnak azonban megvannak a maga korlátai. A kezelés okozta pusztulás nem feltétlenül exponenciális, ezért termékenként kísérleteket kell elvégezni a dózis megállapításához (Deák, 2006).

### **2.6.2. Mikroorganizmusok sugártűrése és az érzékenységet befolyásoló tényezők**

Ezen technológiával mentesíteni lehet a termékeket a legnagyobb gondot okozó, bakteriális kórokozóktól, mint például a *Salmonella*, az *Escherichia coli* patogén szerotípusai vagy a *Listeria monocytogenes*. Ezek a kórokozók a kezeletlen, esetleg szeletelt terményeken, mint például a paradicsom, étkezési paprika, dinnyefélék vagy növényi csírák, nem csupán túlélhetnek, de szaporodni is képesek. Hazai vizsgálatokban a fentebb felsorolt legsugártűrőbb *Listeria monocytogenes* patogén baktériummal mesterségesen beoltott szeletelt görögdiányt, valamint lucernacsírárt vizsgáltak. Az 1,0 kGy sugárdózis a vizsgált teszt-mikroorganizmus 99%-os pusztulását eredményezte (Mohácsi-Farkas et al., 2010).

Szeletelt étkezési paprika kockák esetében, több mint négy (Farkas et al., 1997), a szeletelt káposztán és a szeletelt retken közel öt (Mészáros et al., 1998) nagyságrendnyi csökkenést okozott az 1,0 kGy sugárdózis a *L. monocytogenes* populációban. Ugyanezen tesztmikroorganizmus túlélő sejtszámát vizsgálva kb.  $10^6$  TKE/ml mikroba szuszpenzióba mártott sárgarépa esetében arra a következtetésre jutottak, hogy az 1,0 kGy dózis kimutatási szint alá csökkentette a vizsgált *L. monocytogenes* számot. Mindez a 9 napos 1, 10 és 16 °C-os tárolási hőmérsékletek mellett sem változott, az étkezési paprika kockákon megfigyeltekkel ellentétben, ahol az 5, 10, 15 °C-on tárolt minták mindegyikén szaporodást tapasztaltak és ez a növekedés annál nagyobb mértékű volt, minél nagyobb volt a tárolási hőmérséklet. Figyelembe véve, hogy a *L. monocytogenes* jó gyártási gyakorlat mellett valószínűleg alacsony szennyezettségi szinten fordulhat elő termékeken, mely esetekben a kis dózisú kezelés gyakorlatilag elegendő ahhoz, hogy eliminálja ezeket a nem spórák patogén baktériumokat (Farkas et al., 1997). Egy koreai kutatásban retekcsírákon végzett vizsgálatokban a *L. monocytogenes* a fentiekhez hasonlóan sugárérzékenynek bizonyult (Waje et al., 2009). Közismert, hogy a *L. monocytogenes* túléli és akár növekszik is hűtött, valamint fagyasztott körülmények között, illetőleg nemzetközi felmérések szerint, többször fordult már elő jégkrém termékekben is. Szintén Koreában csokoládé, vanília és eper fagylalton tesztelték a *Listeria ivanovii*, *Escherichia coli* és *Salmonella typhimurium* sugárérzékenységét. Ezeket a törzseket fagyasztott állapotban (-20 °C) 3,0; 1,0 és 0,1 kGy dózis volt képes inaktíválni (>log 6,5) (Jo et al., 2007).

A vérzéscsökkentés okozója az *E.coli* O157:H7, melyet már marha, szárnyas, sertés és bárányhúsból egyaránt izoláltak, viszonylag érzékeny a sugárzásra a hűtött marhahúsban és csirkében.  $D_{10}$ -értékei 0,27 kGy körüliek szobahőmérsékleten, még 0,3-0,45 kGy -5 és -15 °C között. Niemira kísérletében a különböző fajtájú saláta leveleket (jég,- Boston,- zöld,- és piros leveles saláta) *Escherichia coli* O157:H7 törzssel oltotta be, majd három perces, három különböző koncentrációjú (0, 300, és 600 ppm) nátrium-hipoklorit oldatos mosást követően vizsgálta a túlélő sejtszámot összehasonlítva a kezeletlen és a különböző dózissal (0,25 kGy-1,5 kGy) kezelt salátákat. A sugárkezelés hatékonyan csökkentette az életképes *E. coli* O157:H7 sejtek számát salátákon, azonban a hatás minden egyes salátafajta esetében más volt. A sugárkezelés ebben az esetben is sokkal hatásosabbnak bizonyult, mint az önmagában alkalmazott nátrium-hipoklorit oldatos mosás (Niemira, 2008).

Portugál kutatók *Escherichia coli* O157:H7 és *Listeria innocua* törzsek  $D_{10}$ -értékét határozták meg minimálisan feldolgozott zöldségeken, fűszereken, mint koriander, menta, petrezselyem, saláta és torma, mely alapján 0,70 és 1,55 kGy dózis szükséges  $10^5$  nagyságrendnyi *E. coli* és *Listeria innocua* sejtszámcsökkentéséhez (Trigo et al., 2009).

Húsok esetében a patogének pusztulásához szükséges pontos dózis értékeket a 3. táblázat tartalmazza.

**3. táblázat** Élelmiszer eredetű patogének 99.9 %-ának elpusztításához szükséges sugárdózisok hús termékekben (Thayer, 2004)

Élelmiszer eredetű patogén 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 spp.</i>	1.98-2.22
<i>Staphylococcus aureus</i>	1.32-1.44

A tejipari készítmények kémiai összetételüknél és természetüknél fogva általában érzékenyek az ionizáló sugárzásra. Az ömlesztett sajtok mikrobiológiai szennyezettsége  $10^3$ - $10^4$  telepképző mikroba grammonként, mely könnyen inaktiválható ionizáló sugárzással (Kiss et al., 1995).

A *Vibrio spp.* és az *Aeromonas hydrophila* a vegetatív, nem spóráképző patogén baktériumok között a legsugárérzékenyebbek. *V. parahaemolyticus*  $D_{10}$ -értéke 0,06 kGy volt a fagyasztott garnélarákban (Bandeekar et al., 1987). A *Yersinia enterocolitica* szintén rendkívül érzékeny az ionizáló sugárra, tizedelési ideje 0,1-0,2 kGy nem fagyasztott állapotban, mely érték e határokon belül a hőmérséklet és a termék függvényében változott (El-Zawahry és Rowley, 1979). A *Campylobacter spp.* nagyon hasonlóan viselkedett, mint a *Y. enterocolitica*, habár szignifikáns különbségek voltak a különböző *Campylobacter* fajok sugárérzékenysége között. Annak ellenére, hogy a *Campylobacter coli* és *Campylobacter jejuni* rezisztens fajoknak számítanak a 0,25 és 0,32 kGy  $D_{10}$ -értékekkel, sokkal érzékenyebbek, mint a *Salmonella typhimurium* és a *Listeria monocytogenes* a besugárzott baromfi húspan hasonló feltételek mellett (Patterson, 1995). *Staphylococcus aureus* baktériummal történő szennyeződés előfordulhat kézi anyagmozgatás során, vagy ha nem megfelelő a hőmérséklet, a tárolás során enterotoxin is képződhet. A sült marhahús, mint készétel biztonságossá tételéhez 2 kGy dózis elegendő, anélkül, hogy szignifikáns változás következne be az érzékszervi minőségben. A sugárkezelés viszont nem használható a jó gyártási gyakorlat (GMP) helyettesítésére, így csak a mikrobiológiailag jobb minőségű élelmiszerek elérése érdekében, így az élelmiszerbiztonság javítása céljából lehet a termékeket, alapanyagokat, segédanyagokat besugározni (Anon, 1989).

A spóráképző baktériumok endospórái sokkal ellenállóbbak a tartósító technikákkal szemben, mint a vegetatív sejtek. Világszerte elfogadott eljárás, hogy a 4,5-nél nagyobb pH-jú élelmiszerek hőkezeléses sterilizálásánál egészségügyi szempontból minimálisan olyan hőkezelést követelnek meg, amely a *Clostridium botulinum* spórák 12 nagyságrendnyi pusztulását idézi elő. Ez az ún. 12D elv. Az A és B típusok spóráit tekintik a *C. botulinum* spórák közül a legsugárrezisztensebbnek, még az E típusú a legérzékenyebb. Különös aggodalomra ad okot, hogy az E és néhány B típusú spóra képes nőni és toxint termelni az élelmiszerekben viszonylag kis hőmérsékleten, (3,3 °C-on). A *C. perfringens* előfordulhat húson, szárnyasokon, felvágottakon egyaránt. Ezért szükséges a 15 °C alatti tárolás és a *C. perfringens* növekedésének folyamatos ellenőrzése a besugárzott élelmiszerekben, mint azt más nem sterilizáló tartósító eljárásnál is javasolják (Urbain, 1986).

A hőmérséklet, a kiszáradás, a szuszpendáló közeg eltérő hatással van a *Bacillus cereus* spórákra, mint a vegetatív sejtekre. Egy tanulmányban a hőmérséklet és sugárkezelés együttes hatását vizsgálták steril marhahúsba oltott *B. cereus* vegetatív sejtjein, melyet a 3,0 kGy dózisú kezelés a különböző hőmérsékletek (-20, 0, és 20 °C) esetén 4,2; 5,27 és 5,72 logaritmusos egységgel csökkentett. A kezelés közbeni hőmérsékletnek a spórák túlélésére azonban nem volt szignifikáns hatással (Thayer és Boyd, 1994). Egy másik kísérletben a vegetatív *B. cereus* sejt-számban 2,0 kGy dózist 4 °C-on alkalmazva  $10^3$ - $10^4$  nagyságrendnyi csökkenést eredményezett a sült marhahúson. Az azt követő 15 °C-os tárolás alatt a túlélő sejtek lassabban növekedtek, a sugárkezelés okozta esetleges sérülések következtében (Grant et al., 1993).

Néhány romlást okozó mikroba, mint a *Pseudomonas* spp. és más aerob Gram-negatív baktérium rendkívül érzékeny a sugárkezelésre, melyet a 0,2 kGy alatti  $D_{10}$ -értékük is mutat. A *Moraxella/Acinetobacter* csoportjába tartozó Gram-negatív baktériumok közül több viszonylag ellenálló a sugárkezelésre és  $D_{10}$ -értékük hasonló az élesztőgombákéhoz. A tejsavbaktériumok érzékenyek a sugárzásra és általában jelen vannak a nyers, nem sugárkezelt húson, ahol különösebb gondot nem okoznak, de hátrányosak abból a szempontból, hogy szeletelt, vákuumcsomagolt húskészítmények romlását okozzák (Holzapfel és Niemand, 1985). Egy kutatásban úgy találták, hogy *Lactobacillus sake* és *Lactobacillus curvatus* a besugárzott marha,- és sertéshúson meghatározó számban volt jelen. Egy másik tanulmányban arról számoltak be, hogy a *L. sake* sokkal sugárrezisztensebb a növekedési fázisban, mint a stacioner fázisban és sokkal ellenállóbb, amikor vákuum alatt vagy nitrogén gázban van besugározva, mint széndioxidban (Grant és Patterson, 1991a; Hastings et al., 1986). Niemand és társai (1983) szerint 2,5 kGy dózis több mint három nagyságrendnyi csökkenést eredményezett az összes aerob és anaerob mikrobaszámban a hűtött marhahúson. Azt is megfigyelték, hogy a

vákuumcsomagolt termékénél a mikroflóra domináns része tejsavbaktériumokból állt, továbbá Enterobacteriaceae és *Pseudomonas* spp. nem volt kimutatható ebben a kísérletben. Egy hasonló tanulmányban a besugárzott (1,75 kGy) sertéshús mikroflórája 25% CO<sub>2</sub> és 75% N<sub>2</sub> MAP csomagolásban a 4 °C-os tárolás után szinte kizárólag tejsavbaktériumokból állt. A kísérlet alapján a sertéshús eltarthatósági ideje 4 °C-on 12 nap volt, összehasonlítva a sugárkezelés nélküli, csak MAP csomagolásban tárolt sertéshússal, mely 8 nap, még a kontroll minta 2 nap volt (Grant és Patterson, 1991c.).

Ismert néhány élesztőgomba faj (*S. cerevisiae*, *K. marxianus*, *S. pombe*, *D. hansenii*) az élelmiszer gyártásban felhasznált előnyeiről, alkalmazzák fermentációs eljárásokban, starterkulturaként, de speciális körülmények között vagy más típusú élelmiszerekben megbetegedést is okozhatnak (Buzzini és Margesin, 2014).

Az élesztőgombák képesek szennyezni az összes élelmiszercsoportot, de leggyakrabban gyümölcsök, zöldségek, gabonafélék, pékáruk romlását okozzák. Általában nem okoznak problémát a húsoknál, mert kezdeti számuk alacsony és lassan szaporodnak hűtött körülmények között. Az élesztőgombák jól tűrik az alacsony vízaktivitást és a savas közeget egyaránt. A nagy gazdasági haszon mellett azonban az élesztők jelentős kárt okoznak az élelmiszerek romlásával. Élelmiszerreromlást okozó élesztőgombák között említésre méltó a *Dekkera anomala*, a *Candida vini* és a *Pichia membranifaciens*. A *Pichia membranifaciens*, *Pichia kudriavzevii*, *Schizosaccharomyces pombe*, *Schizosaccharomyces lentus*, *Schizosaccharomyces kombuchaensis* ellenállóak a tartósító eljárásokra (Buzzini és Margesin, 2014). Az élesztőgombák sokkal ellenállóbbak a sugárzással szemben, mint a baktériumok. Amennyiben feltételezzük, hogy a 18 kGy inaktivációs dózis, mely a  $3,0 \times 10^6$  *Saccharomyces cerevisiae* sejtszámot nullára csökkenti, akkor ez megfeleltethető a 2,8 kGy D<sub>10</sub>-értéknek, hasonlóan a *C. botulinum* E típus spórákhoz. A 2,5 kGy dózis csökkenti a csirkemell húson jelen lévő élesztőgomba számot  $5,0 \times 10^2$  TKE/g-ról  $3,2 \times 10^1$  TKE/g-ra (Lescano et. al., 1991). McCarthy és Damoglou (1993) tanulmányában a brit nyers kolbász élesztőgombaszámát tekintve a 1,5 kGy dózis 1 nagyságrendnyi, még a 3,0 kGy csaknem 2 nagyságrendnyi csökkenést eredményezett.

A *Z. lentus* rendkívül ellenálló az élelmiszergyártás során felhasznált szorbinsav, benzoosav, ecetsav és szulfittal továbbá néhány természetes antimikrobás hatású anyagokkal szemben, mint például a kitozán és fahéjsav. Számos tejtermékből izoláltak különböző élesztőgomba fajokat, ezek közül a leggyakrabban előfordult fajok a *Candida catenulata*, *C. intermedia*, *C. lusitaniae*, *C. parapsilosis*, *C. rugosa*, *D. hansenii*, *G. geotrichum*, *K. marxianus*, *Klyveromyces lactis*, *Y. lipolytica*, *Pichia fermentans*, *P. membranifaciens* stb. voltak. Néhány tejtermékből izolált



élesztőgomba rezisztenciát mutatott a tisztítószerrel szemben, mely azzal volt magyarázható, hogy ezen élesztőgombák viszonylag nagy számban voltak jelen, még a feldolgozó vonal alapos takarítását követően is (Buzzini és Margesin, 2014).

Kórokozó csak kevés van köztük. Emberi kórokozó például a *Candida albicans*, a *Cryptococcus neoformans* és a *Rhodotorula mucilaginosa*, melyek fertőzést, ún. kandidiázist okozhatnak az emberi szervezetben. A egészséges szervezetben a *Candida albicans* és a *C. glabrata* kivételével ritkán okoznak megbetegedést, de a legyengült immunrendszerű egyéneknél egyéb élesztők is el tudnak szaporodni (Deák et al., 2006). A nem *C. albicans* *Candidák* által okozott halálozás betegcsoporttól függően (dagabatos alapteregség, tartós neutropénia, magas vagy alacsony életkor) akár 40-80%-t is érintheti. Sok transzplantált beteg hal meg élesztőgombás fertőzésektől, mert nincs megfelelő antibiotikum (Majoros, 2005).

A *Fusarium* spp. és az *Alternaria* spp. általában rezisztesebbek a kezelésre, mint a *Penicillium* spp. és az *Aspergillus* spp. penészgombák (O'Neill et al., 1991). Néhány kutatásban arról számoltak be, hogy a sugárkezelés fokozza az aflatoxin termelést, még mások cáfolják ezt vagy éppen az ellenkezőjét állítják. Mint például az *A. ochraceus* által termelt ochratoxin mennyisége egyes kísérletekben csökkent, mások tapasztalatai szerint pedig nőtt sugárkezelés hatására. Bizonyították, hogy egyszerű hígítás vagy sugárkezelés során a spóraszámban bekövetkezett nagyságrendnyi csökkenés kétszeres növekedést eredményezett az *A. parasiticus* által termelt aflatoxin, és akár tizenkétszeres növekedést az *A. flavus* aflatoxin mennyiségében (Sharma et. al., 1980, Odamttén et. al, 1987).

További, a szakirodalomból kigyűjtött példák - a teljesség igénye nélkül - az 1. számú Mellékletben illusztrálják, hogy a különböző mikroorganizmusok milyen eltérő módon viselkednek az ionizáló sugárkezelés hatására.

### 2.6.3. Az besugárzás hatása az élelmiszerek kémiai paramétereire

Tezotto-Uliana és társai (2013) tanulmányában három alkalmazott dózis (0,5; 1,0; 2,0 kGy) közül csupán a 0,5 kGy-el besugárzott málna minta értéke tért el a többitől és a kontrolltól az antocianin-tartalmat tekintve. E kémiai paramétert nézve a 0,5 kGy esetében növekedést tapasztaltak. Megfigyelhető volt továbbá az is, hogy a nagyobb dózisok (1,0 és 2,0 kGy) hatására a málna quercetin tartalma nagymértékben csökkent a nem besugárzott értékekhez képest. Golding és munkatársai (2014) szerint a besugárzás csekély mértékben befolyásolta a 'Maravilla' málna aszkorbinsav szintjét, csupán az alkalmazott nagyobb dózisok (400 és 1000 Gy) mutattak szignifikánsan kisebb aszkorbinsav szintet, mely különbség 1,2 mg/100 g volt. Guimarães és munkatársai (2013) is úgy találták, hogy a nagyobb sugárdózisok (500 és 1000 Gy) eredményeztek kisebb aszkorbinsav szintet a 'Autumn Bliss' málnában egy hetes 1°C-os tárolást követően. A növényeket mikroorganizmusok és paraziták szennyezhetik a termelés, a feldolgozás, a tárolás és a forgalmazás különböző szakaszaiban. Ezek a biológiai ágensek képesek túlélni a tartósító eljárásokat és egészségügyi kockázatot jelentenek az emberekre. A nyers és feldolgozott élelmiszer is jelenthet élelmiszer biztonsági kockázatot nem megfelelő kezelés és előkészítés esetén. A trópusi Afrikában őshonos örökzöld fát, a tamarinduszt (*Tamarindus indica*) manapság természetik már Észak- és Dél-Amerikában, Kínában, Indiában, valamint Pakisztán, Fülöp-szigetek és Spanyolország területén is. Gyümölcsét mind felnőtteknek, mind gyermekeknek heveny vagy idült székrekedés kezelésére ajánlják. Mivel enyhe szélhajtóként, hashajtóként hat, elősegíti az emésztést. Népszerű fűszer az ázsiai és a latin-amerikai konyhákban is. A besugárzási dózis növelésével (1,0; 3,0 és 5,0 kGy) nőtt a dzsúz összes polifenol tartalma, mely növekedés a 3,0 és 5,0 kGy esetében volt jelentős mértékű. A DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) gyökfogó aktivitás értéke nem mutatott szignifikáns növekedést a sugárdózis növelésével. Jelentős növekedés a friss tamarind gyümölcsle FRAP értékekben a 3,0 és az 5,0 kGy-nél volt megfigyelhető, összehasonlítva a kontrollal valamint az 1,0 kGy-el. Továbbá nem figyeltek meg jelentős változást a glükóz, fruktóz tartalomban (Lee et al, 2009a).

Ömlesztett sajtokban (Medve, Lapka és Toasty) ionizáló sugárzással történő kezelést követően mérték a peroxidszámot, a TBA-számot valamint vizsgálták a szabadgyök koncentrációval arányos kemilumineszcencia értékének alakulását. Azt tapasztalták, hogy a kapott értékek a sugárzás függvényében növekedtek. A legkisebb változást a Medve sajtnál, a legnagyobbat a Toasty-nál észlelték mindhárom mutató vizsgálatánál. Továbbá azt is megállapították, hogy a kémiai változások mérsékelhetők a zsirtartalom csökkentésével, illetve figyelembe kell venni a

csomagolóanyag kölcsönhatását és a fehérje változását is a sugárzás függvényében (Kiss et al., 1995).

A gyümölcsök, mint például az alma és a körte sugárkezelés során bekövetkező puhulásának enzimológiai oka a poligalakturonáz enzim sugárkezelés okozta aktivitás növekedésére vezethető vissza. Továbbá a sugárkezelés gyorsítja a pektin degradációját az almában. A pektin mennyisége, lebomlásának mértéke fajtafüggő. A  $\beta$ -galaktozidáz aktivitás almában csekély mértékű, mely a sugárkezelés (1,0-2,5 kGy) hatására csökkent, azonban a tárolási idő függvényében az enzim aktivitása nőtt. A neutrális szénhidrát tartalom a tárolás alatt növekvő tendenciát mutatott (Kovács, 1995).

A szója fontos szerepet játszik az emberi táplálkozásban, mint leggazdagabb és egyben legolcsóbb növényi fehérje forrás, melyet Ázsiában már évszázadok óta nagyra értékelnek. Yun és társai (2012) által végzett kísérletek ismételten alátámasztják azt a következtetést, mely szerint a tokoferolok a legkevésbé stabil zsírban oldódó vitaminok és leginkább érzékenyek a sugárzásra a zsírban oldódó vitaminok között. Eredményeik azt mutatták, hogy az összes alkalmazott dózis (1,0; 3,0; 5,0 és 10,0 kGy) csökkentette a szója teljes tokoferol tartalmát. A 10,0 kGy-el kezelt szójabab teljes tokoferol tartalma szignifikánsan eltért a kontrolltól, hozzávetőlegesen 35 %-os csökkenést eredményezett. Egy ehhez leginkább hasonló kutatásban a szójamagok tokoferol tartalmát mérték 0,5; 2,0 és 5,0 kGy dózis hatására. Az eredmények egyik dózis esetében sem mutattak szignifikáns változást az összes tokoferol tartalmat tekintve (Yun et al., 2012).

A gammasugárzás (2,5-10 kGy) a szója fehérje és lipid tartalmának növekedését okozta, mely 5% és 26% volt a kontroll mintákhoz hasonlítva. Ez az eredmény a fehérje esetében azzal magyarázható, hogy a besugárzás által átadott energia a peptid, a diszulfid és a hidrogén kötések bontásához vezethet. A sugárzás által bekövetkezett lipid-tartalom növekedés oka pedig a makromolekula lánc szerkezetében bekövetkező változásokban keresendő.

Kesudiót vizsgálva az eredmények ötszörös növekedést mutattak a peroxid értékben és kétszeres növekedést a hexanal tartalomban a 7,0 kGy-es besugárzás hatására. A zsírsavak esetében a sztearinsav koncentrációja növekedett, még az olajsav csökkent a kezelés hatására. Az illékony vegyületek, mint például az aldehidek, ketonok és alkoholok értékei a besugárzást követően növekedést mutattak, fokozott lipid oxidációt jelezve ezzel (Barros et al., 2014).

A Shatang mandarin összes cukortartalma csökkent a tárolás során. Nincs szignifikáns különbség a kezelt gyümölcs és a kontroll között az összes cukor tartalomban a tárolás 30. napjáig. A tárolás 45. napján mért értékek szerint 0,2-0,4 kGy dózis tartományban a kezeléseknél csekély hatása volt a teljes cukortartalomra, még 0,5 kGy sugárdózis és e felett a kimutatási szint alá csökkentek az értékek, vagyis kárt okozva ezzel a citrus gyümölcsben. Nem volt szignifikáns

különbség az aszkorbinsav tartalomban a kezelt gyümölcs és a kontroll között a tárolás 7. napjáig, ezt követően a kontroll érték növekedett, mely aztán a 30. napra jelentősen csökkent és ismét növekedett a 45. napon mért értékek alapján. Mindazonáltal a besugárzott minták aszkorbinsav tartalma a teljes kísérleti időszak során folyamatosan csökkent. Ez a változás sokkal gyorsabb volt a kontrollban, mint a kezelt termékben. A tárolás során a mandarin titrálható savtartalma csökkent. A kisebb (0,2 -0,3 kGy) dózisok kismértékű csökkenést okoztak, azonban a dózis növelésével és a tárolási idő előrehaladtával egyre nagyobb mértékű volt ez a változás. A kezelt és a kezeletlen mandarin szuperoxid- dizmutáz (SOD) enzim aktivitása az első 7 napban nagymértékben növekedett. Ez magyarázható a szabadgyökökkel, melyet a sugárzás indukál. Az SOD aktivitás ezt követően alacsony szintre csökkent, majd a 30. napra ismét magasabb szintet ért el, melyet ismét csökkenés követett. A Shatang mandarin peroxidáz (POD) aktivitása hasonlóan a szuperoxid-dizmutázhoz először növekedett, majd a tárolás során csökkent. A mandarin alacsony savtartalma nem elegendő ahhoz, hogy hosszú ideig gátolja a POD aktivitást. A magas aktivitású POD tartalom nagy mennyisége a minőség romlásához is vezethet. Tehát az SOD és a POD enzimek fontos szerepet játszanak a citrus félék öregedését illetően és ezen eredmények ellenére mechanizmusukat tovább kell vizsgálni (Zhang et al., 2014).

A gammasugárzás úgy hosszabbítja meg a gyümölcs eltarthatóságát, hogy hatással van a gyümölcs alapvető anyagcsere folyamatára, mint a légzésre, gátolja a CO<sub>2</sub> kibocsátást, és az etilén termelést, így késlelteti az érést és az öregedést, másrészt elpusztítja a romlást okozó mikrobákat.

Egy kínai kísérletben három különböző típusú rizst vizsgáltak: fehér, vörös és fekete rizst. A legnagyobb szabad, kötött és teljes polifenol tartalma a fekete rizsnek volt, ezt követte a vörös majd a fehér rizs. A gammasugárzás jelentős mértékben növelte a kötött fenol tartalmat, de már kisebb hatással volt a szabad és a teljes fenoltartalomra. Továbbá a kezelés hatására (0-10 kGy) szignifikánsan nőtt mindhárom típusú rizs szabad, kötött és teljes antioxidáns kapacitása (Shao et al., 2013).

A gammasugárzás (1,3 és 5 kGy) valamint a hűtött (+4 °C) és a fagyasztott (-18 °C) tárolás kombinált hatását vizsgálták a fehérjékben és ásványi anyagokban gazdag rák esetében. A kémiai vizsgálatok során mérték a pH értékeket, az illékony nitrogén és a trimetil-amin nitrogén tartalmat valamint a lipid oxidációt a besugárzott és a be nem sugárzott rák mintákban egyaránt. A besugárzott rák minták illékony nitrogén és trimetil-amin nitrogén tartalma szignifikánsan alacsonyabb volt a kontroll mintákkal összehasonlítva mindkét tárolási hőmérsékletnél. A csökkenés mértéke a nagyobb dózisoknál intenzívebb volt. Az alkalmazott sugárdózisok növelése egyidejűleg pH növekedést is eredményezett. A nagy dózisú (5 kGy)

besugárzás fokozhatja a lipid oxidációt, habár gátolja a mikroorganizmusok növekedését és a fehérje oxidációt (Hocaoğlu et al., 2012).

Az E-vitamin az egyik legjelentősebb antioxidáns hatású zsírolékony vitamin. Forrásai az olajok, a magvak, a diófélék, a gabonafélék valamint a fogyasztásra kész teljes kiőrlésű napraforgó gabona és az abból készült keksz is. A 3,0 kGy-es kezelés nem okozott veszteséget a teljes kiőrlésű napraforgó keksz E vitamin tartalmát tekintve, továbbá nincs jelentős változás a fiziko-kémiai tulajdonságaiban sem, úgy, mint szénhidrátok, fehérjék, zsírok, rost, illékony anyagok (105°C-nál) és hamutartalom terén a kezeltlen termékhez viszonyítva (Taipina et al., 2011).

A köles táplálkozási szempontból jó energiaforrás, ezért néhány tunéziai étel készítésekor felhasználják. Mindemellett azonban problémát jelenthetnek a mikotoxinok, ez esetben főként az ochratoxin A. Egy tunéziai tanulmányban a 651,7 µg/kg ochratoxin A-t tartalmazó köles liszt toxin tartalma a 10,0 kGy-es kezelés hatására 170,5 µg/kg koncentrációra csökkent. Az 1,0 kGy kezelés hatására nem csak a toxin tartalom, de az A vitamin tartalom is jelentősen lecsökkent a köles lisztben. Összehasonlítva a kontroll köles liszt minták összes polifenol tartalmát az 1,0; 2,0; 3,0, és 5,0 kGy dózissal kezelt tételekkel, szignifikáns különbséget nem tapasztaltak köztük. Ez az eredmény összefüggésben van Harrison és Were (2007) korábbi tanulmányával, melyben nem mutatkozott szignifikáns veszteség az utóbb említett vegyületekben a besugárzott növényeknél sem. Ezen felül a sugárzásos folyamat nem változtatta meg szignifikánsan a köles liszt zsírsav összetételét (linolénsav, linolsav, sztearinsav, palmitinsav) sem, de a peroxid szám 26,16 meq O<sub>2</sub>/kg -ról – 34,43 meq O<sub>2</sub>/kg- ra emelkedett a 3,0 kGy dózis hatására, jelezve ezzel a lipid peroxidáció jelenségét (Mustapha et al., 2014).

Egy másik tanulmányban különböző szintű gamma sugárzás hatását vizsgálták nyers csirkehúson, ahol a friss hús peroxid száma és az összes illékony nitrogén tartalma nem változott az eltérő dózissal (0-5,0 kGy) kezelésekre hatására (Javanmard et al., 2006). A készre sütött csirkemell esetében a kontroll minták pH értéke (5,73) nem különbözött az 5,0 kGy-el kezelt mintáktól, de statisztikailag eltért a 40,0 kGy dózissal kezelt tételtől (pH 5,83).

A lipidperoxidáció mértéke tiobarbitursavval reaktív anyagok (TBARS) képződésével becsülhető meg. A készre sütött csirkemell tiobarbitursavval reaktív anyag valamint illékony nitrogén tartalmának meghatározása során eltérő értékeket csak a 40,0 kGy-el kezelt tétel esetében tapasztaltak, mely értékek magasabbak voltak a kontroll és az 5,0 kGy dózissal kezelt mintákhoz képest (Yun et al., 2012). A különböző dózissal (0-10,0 kGy) γ-sugárzás változást indukált a hűtött sertéshús lipid oxidációs értékében közvetlenül a besugárzás után. Ezen tanulmány eredményei azt mutatták, hogy a kezelés növelte a lipid oxidációt, a mért peroxid

szám és tiobarbitursavval reaktív anyag értékei (TBARS) alapján. A 30 napos 4 °C-os tárolás alatt a lipid oxidáció tovább növekedett (Cheng et al., 2011).

A kínai orvoslásban használt, különböző sugárdózisnak kitett (0-14,0 kGy) lícium gyümölcs kémiai vizsgálatai során megállapították, hogy a C-vitamin kivételével - amely csökkent - a 14 kGy dózis hatására, nincs jelentős különbség a nedvesség, a fehérje, a  $\beta$ -karotin, a riboflavin, a glükóz, a fruktóz, a citromsav, az almasav, a borostyánkősav, a fumársav valamint az oxálsav tartalomban (Wen et al., 2006). Ismert, hogy a kivi gyümölcs C-vitaminban és egyéb antioxidánsokban gazdag. Az aszkorbinsav sugárzásra a legérzékenyebb vízben oldódó vitamin. A kivi aszkorbinsav tartalmát az 1,0 és 2,0 kGy-es kezelés nem befolyásolta szemben a 3,0 kGy-es kezeléssel, mely csökkenést okozott a kivi C-vitamin tartalmában. A besugárzott kivi szerves sav tartalma kevesebb értéket mutatott, mint a kontroll majd növekvő tendencia volt megfigyelhető a 3 hetes 20 °C-os tárolás során, még a kontroll gyümölcs savtartalmában nem volt szignifikáns változás az első két hétben. A tárolás végére a kontroll érték valamelyest csökkent, így a besugárzott minták szerves sav tartalma nagyobb értéket ért el (Kim és Yook, 2009). Fernandes és társai (2011 a,b.) szerint 3,0 kGy-nél kisebb dózis alkalmazásával nem következik be a tápanyagban és a kémiai paraméterekben (cukor, zsírsavak, tokoferol vizsgálata) változás portugál gesztenyén elvégzett vizsgálatok alapján.

A csökkent immunitású emberek fertőzési kockázatának csökkentése érdekében számos kísérletet végeztek kórházakban (Alothman, 2005; van Tiel et al., 2007). Mélyhűtött tejtermékeket sterilizáltak sugárkezeléssel az immunhiányos betegek számára (Dong et al., 2007). A tiamin, riboflavin és B<sub>12</sub> vitamin szintjét mérték a 40,0 kGy-es besugárzás előtt és után. Eredményeik azt mutatták, hogy a fagyasztott (-78 °C) tejtermékek sugárkezelése során mindhárom B-vitamin tartalom megmaradt.

#### 2.6.4. Ionizáló sugárkezelés hatása a különböző termékek érzékszervi tulajdonságaira

A besugárzással kezelt élelmiszereket érzékszervi vizsgálatoknak is alávetik, hiszen ez is egy kötelező lépés, mielőtt forgalomba hozná a gyártó a terméket. Mellyel egyrészt visszacsatolás kapható a fogyasztóktól, másrészt az eredmények alapján- amennyiben szükséges- változtatások következtében a termék minőségét illetően javulás érhető el (Carpenter et al., 2000; Schröder, 2003).

Ionizáló sugárzás hatására néhány kisebb változás jelentkezik az érzékszervi jellemzőkben, amelyet általában három féle kémiai reakció eredményez. Egyrészt a sugárzás elősegíti a zsírok oxidációjának lejtásódását, mely avas mellékízt eredményezhet. Ezt a folyamatot lassítani lehet az oxigén kizárásával, például vákuumban vagy módosított atmoszférában történő besugárzással. Továbbá a kén tartalmú aminosavakban – cisztein, metionin, triptofán – törés keletkezik, ami kellemetlen mellékízben nyilvánul meg. Ez általában a tejtermékeknél figyelhető meg, de nem jelent tápértékbeli változást.

A sugárzás szétszakíthatja a nagy molekulatömegű, hosszúláncú szénhidrátokat (pl. a pektint) kisebbekre. Ez a folyamat az oka a gyümölcsök és zöldségek puhulásának. A sugárkezelés hatása ebben az esetben is több dologtól függ: a fajtától és az érettségi állapottól. A puhulás a nyersen fogyasztott zöldségek és gyümölcsök esetében hátránynak számít, lé kinyerésnél előnynek. Jól megválasztott dózis esetében elérhető a mikrobiológiai szennyezettség csökkenése, az állomány szilárdságának romlása nélkül (Kilcast, 1995).

Villavicencio és társai (2007) jelentése szerint csokoládé és banán esetén a 2,0 kGy, még szamóca esetén a 3,0 kGy-es dózisok alkalmazhatóak anélkül, hogy bármiféle érzékszervi elváltozás lépne fel a termékekben. A kivi gyümölcs érzékszervi minőségében a magas dózisú besugárzás (3,0 kGy) sem okozott hátrányos változást, továbbá a bíráló bizottság előnyben részesítette a kezelt gyümölcsöt a be nem sugárzott gyümölccsel szemben az édes íz, a teljes íz valamint az általános elfogadottságot tekintve. Ugyanakkor a besugárzott kivi savanyú íz tekintetében kevesebb pontszámot kapott, mint a kontroll minták (Kim és Yook, 2009). Hyun-Pa Song és társai (2007) vizsgálatai szerint nem tapasztaltak különbséget a répa és a kelkáposzta dzsúz illat, íz, szín és általános elfogadottság tekintetében közvetlenül a besugárzás után elvégzett összehasonlító érzékszervi vizsgálatok alapján. López és társai (2005) zeller és káposzta teljes érzékszervi vizsgálatát végezték el, melynek során nem figyeltek meg szignifikáns különbséget ( $p \geq 0,05$ ) a besugárzott és a kontroll zöldségek között. Prakash és munkatársai (2002) úgy találták, hogy a 0,5 kGy nem, ellenben a nagyobb dózisú (1,24 kGy és 3,7 kGy) gammasugárzás befolyásolta a kockára vágott és besugárzott paradicsom, íz, állomány és aroma tulajdonságait. A növekvő mértékű sugárdózissal a vizsgáló panel

részvevői szerint egyre nagyobb volt az eltérés az előbb említett paraméterekben a kontroll mintákhoz képest. Ezen felül különböző jellemzéseket fogalmaztak meg, melyek közt szerepeltek a „csípős aromájú”, „savanykás”, „édes”, „utóízzel rendelkező” kifejezések. Egyetértésben a műszeres színméréseikkel, a bírálók sem tudtak különbséget tenni a minták között a szín paraméterben az érzékszervi vizsgálatkor. Rodrigues és társai (2012) 0,5 kGy, 1,0 kGy és 1,5 kGy dózisu besugárzás hatását vizsgálták piskóta alapú sütemények érzékszervi tulajdonságaira. Az eredmények szerint 95%-os szignifikancia szinten a bírálók nem vettek észre különbséget a kontroll és a kezelt termékek között. Hozova' és társai (1997) szerint az ionizáló sugárkezelés érzékszervi minőségében nem befolyásolja a piskóta jellegű mintákat. Vanília, málna és barack jégkrémet készítettek kifejezetten immungyenge betegek számára, majd ionizáló sugárral kezelték és érzékszervi bírálatnak vetették alá. Pietranera és társai (2003) megállapították, hogy a vizsgált három féle jégkrém közül szignifikáns különbséget csupán a vanília jégkrém esetén tapasztaltak a kontroll és kezelt termék között.

Egy magyar kísérletben három féle sajtot (Medve, Lapka és Toasty) vizsgálva az érzékszervi bírálatokat tekintve arra a következtetésre jutottak, hogy a kezelés íz-változást okozott, de a pontozásos bírálat alapján nem tért el jelentősen az elfogadható értéktől és a kezeletlentől sem (Kiss et al., 1995). Mexis és Kontominas (2009) nem talált különbséget az állomány esetében 7,0 kGy dózis értékig, valamint az érzékszervi paraméterek tekintetében 1,0 kGy dóziséig a besugárzott és a be nem sugárzott kesudiók között. Adott sugárdózisok feletti kezelés azonban hatással volt az ízre ( $\geq 1,5$  kGy), az illatra ( $\geq 3,0$  kGy) és a színre ( $> 3,0$  kGy) is. Az ánizs vizes kivonatának érzékszervi tulajdonságai (íz, szín, aroma) javultak közvetlen a gammasugárzást követően, továbbá a 12 hónapos tárolás alatt sem történt negatív irányú változás sem a besugárzott sem a kontroll kivonat színében, ízében és aromájában (Al-Bachir, 2007). A lícium gyümölcs népszerű a hagyományos kínai orvoslásban valamint étrend kiegészítőként is használják nyersen elfogyasztva. A lícium gyümölcsöt különböző dózisu (0-14 kGy) sugárzásnak tették ki, majd az érzékszervi analízist követően nem találtak szignifikáns különbséget még a 14,0 kGy dózissal kezelt és a kontroll gyümölcsök között sem (Wen et al., 2006). Ugyanezt tapasztalták a besugárzott és be nem sugárzott tamarind gyümölcslé érzékszervi értékelésénél is (Lee, et al., 2009a). Nem volt hatással a sugárkezelés a nyers csirkehús érzékszervi tulajdonságaira sem. A bírálók által a sugárkezelt és a kontroll mintákra adott pontszámok közel azonosak voltak, és mindkét esetben elfogadhatónak minősítették a friss csirkehúst (Javanmard et al., 2006). A készre sült csirkemell esetében sem volt számottevő különbség a kontroll, az 5,0 és a 40,0 kGy dózissal kezelt minták között íz, szín, illat és állomány tekintetében (Yun, 2012).



### 2.6.5. A sugárkezelés hatása különböző termékek fizikai tulajdonságaira

A sugárkezelés egyik legjellemzőbb hatása a gyümölcsök állományváltozása, a puhulás, ami a pektin lebomlására vezethető vissza. Ez a változás volt megfigyelhető az alma és a körte esetében is. Az alma a sugárkezelést követően azonnal puhul, a tárolás során azonban további változást nem mutat, még a tárolt kontroll lassú puhulással „utoléri” a sugárkezelt almákat. Tekintettel arra, hogy a körte fogyasztásra utóérlelés után alkalmas, így a kezelés következtében bekövetkező puhulásnak nincs gyakorlati jelentősége. Összehasonlítva a héj és hús eredményeket, a héjban a puhulás intenzitása kisebb, mint a húsban. Ez a különbség a héj ultrastrukturális különbségeire vezethető vissza. Ugyanebben a kísérletben arra is fény derült, hogy kombinált kezeléssel (sugár- és kalciumos kezelés) egyrészt csökkenthető a sugárdózis nagysága, másrészt a sugárkezelés fokozza a kalcium felszabadulását és mobilizációját a sejtfalból. Az így megnövekedett kalciumkoncentráció hozzájárulhat a sejtfal védelméhez (Kovács, 1995). Több tanulmányban, többek között Massey és társai (1964), Boyle és társai (1957), Clark (1968) és Al-Bachir (1999) megfigyelték az almatermésen fellépő puhulást 0,1 kGy feletti dózisú kezelést követően. Különböző fajták különböző mértékű változáson mennek keresztül. Al-Bachir (1986) megállapította, hogy a pektin–metil–észteráz aktivitás nőtt a Jonathan almában közvetlenül a 0,5; 1,0; 1,5 kGy dózisú kezeléseket követően. Kockára vágott paradicsomnak csökkent a kezelést követően a keménysége/szilárdsága, mely csökkenés mértéke a 0. napon 0,5 kGy esetében 30%-os, 3,7 kGy dózisonál közel 50 %-os veszteséget eredményezett. A 4 °C-os 15 napos tárolás során a kezelt és a kezeletlen minták állománya nem változott. A sugárzás hatását figyelték két indiai mangó fajta ‘Dushehri’ és ‘Fazli’ fizikai tulajdonságaira. A 20 °C-os tárolás során mindkét mangó esetében kevesebb volt a rothadt gyümölcs a besugárzottak között, mint a kezeletlen gyümölcsök között. Az alacsonyabb dózisok nincsenek jelentősebb hatással a cukor tartalomra, még a 6,0–10,0 kGy-el kezelt ‘Dushehri’ és 1,0–10,0 kGy-el besugárzott ‘Fazli’ esetében jelentős mértékű növekedést mértek. A ‘Fazli’ nyomószilárdsága kétszer akkora, mint a ‘Dushehri’ fajtáé. Nincs szöveti romlás kisdózisú (0,3–1,0 kGy) besugárzást követően a ‘Dushehri’-nél 1,0 kGy, még a ‘Fazli’-nál 0,5 kGy dóziséig és a tárolás során is mindkét gyümölcs lényegesen lassabban puhult. Ezen dózisok felett csökkent az összenyomó erő, mely csökkenés a sugárdózis növekedésével egyre nagyobb mértékű volt (Mahto és Das, 2013).

A 0,5; 1,0; 1,5 kGy dózisú kezelés szignifikáns mértékben növeli a Golden Delicious és Starking almafajták sárga és csökkenti a zöld színintenzitását a kontroll mintákhoz képest. A sárga színintenzitás növekedése magyarázható a karotinok mennyiségének növekedésével, a zöld szín csökkenése pedig a klorofill lebomlásával. Ezek az eredmények is azt mutatják, hogy a

besugárzás hatással van a gyümölcs éréseire, és valóban felgyorsítja azt. Nemcsak egyes almafajták, hanem más gyümölcsök esetében is, mint például őszibarack, eper úgy tapasztalták, hogy a gamma sugárzás megváltoztatta a gyümölcs színét zöldről sárgára, illetve pirosra (Al-Bachir, 1986). Pérez és munkatársai (2009) eredményei alapján az általuk vizsgált 'Red Delicious' almafajta színét nem befolyásolta a besugárzás. A kivi-nektár esetében a kezelés nem okozott változást az alkalmazott 2,0 kGy dózis értékig Harder és munkatársai szerint (2009). Kyoung-Hee Kim (2009) szerint a kivi gyümölcsnél a különböző dózisú sugárkezelés (1,0-3,0 kGy) csökkentette az L\* és b\* valamint növelte az a\* értékeket a 20 °C-os 3 hetes tárolás során. Az állományban bekövetkező változásokból következtethetünk a gyümölcs érettségi állapotára/fokára. A sugárkezelés szignifikáns csökkenést okozott a kivi állomány értékeiben, mely érték tovább csökkent a sugárdózis növelésével. Tezotto-Uliana és társai (2013) megállapításai szerint 2,0 kGy dózis értékig a kontroll mintához viszonyítva nincs szignifikáns eltérés a málna színében. Mexis és Kontominas (2009) szerint a kesudió L\* és b\* paramétereit a sugárzás 7,0 kGy dóziséig nem befolyásolta, még az a\* érték növekedett 3,0 kGy sugáradag felett és a kesudió színe sötétebb lett (barnult) a magasabb dózis hatására, mely összefüggésben lehet azzal, hogy a fehérje tulajdonságait tekintve következett be a változás, továbbá a nem enzimatis lipíd-fehérje kölcsönhatás is okozhat barnulást. A különböző dózisokkal (1,0; 3,0 és 5,0 kGy) kezelt tamarind gyümölcslé L\*-, a\*- és b\* színekomponenseinek vizsgálatakor Lee és társai arra a megállapításra jutottak, hogy az L\* érték jelentősen nőtt, még az a\*- és a b\* szignifikánsan csökkent a sugárkezelés hatására. Ezeknek a változásoknak köszönhetően összességében javult a gyümölcslé színe a kontroll mintához képest, ami attraktívabb megjelenést eredményezett (Lee et al., 2009a).

Egy kínai kutatásban két indica rizsliszt összetételét hasonlították össze. Mindkettő hasonló mennyiségben tartalmazott keményítőt, zsírt és közel egyforma volt amilóz/amliopektin arányuk is, de különböztek a nyersfehérje tartalmában. Az amilóz/amliopektin arány a rizs főzési és szerkezeti tulajdonságának minőségi paramétere. Habár mindkét rizsliszt a fehérje tartalom kivételével hasonló összetételű volt, de a viszkozitásuk egymástól eltért. Ezek az eredmények azt jelentik, hogy a rizsben lévő fehérje befolyásolja a rizs viszkozitását. Az 1,0 kGy gammasugárzás csökkentette mindkét rizsliszt viszkozitás tulajdonságait. Korábbi tanulmányokban is alátámasztották azt a megállapítást, hogy a kezelés csökkentette a keményítő paszta és a keményítő tartalmú ételek viszkozitását. Az 1,0 kGy dózis azonban a rizs  $\alpha$ -amiláz aktivitását nem befolyásolta (Sung, 2005).

Egy másik kínai kísérletben műszeresen mért színvizsgálatok alapján a gamma sugárzás csak némileg változtatott a rizs L\*, a\*, b\*, színparaméterein, mely változásokat szemmel láthatóan

nem lehetett érzékelni. A viszkozitás és a gélkeményység folyamatosan csökkent a sugárdózis növelésével (Shao et al., 2013).

A gombák közvetlenül betakarítást követően hajlamosak veszíteni minőségükből, azáltal, hogy gyorsan romlanak, így szobahőmérsékleten gyakran csak 1-3 napig tárolhatóak. Fernandes és társai (2012) szerint 1,0 kGy dózissal kombinálva a gammasugárzást hideg tárolással jelentős mértékben nem befolyásolta a gomba fizikai tulajdonságait (szín, kalap átmérője, súlyvesztés). Eszerint az élelmiszer besugárzás egy lehetséges alternatíva a tárolt gomba eltarthatóságának valamint biztonságának növelésére.

## 2.7. Kombinált tartósítás lehetőségei

A minimális/kíméletes kezeléseknek alávetett élelmiszerek iránt megmutatkozó piaci igény arra sarkalja az ipart, hogy olyan élelmiszertartósítási eljárásokat alkalmazzon, melyek együttesen teljesebb gátlást, biztonságosabb tartósságot eredményeznek. Az ionizáló sugárkezelésnek alávetett termékek számos tulajdonságukban felülmúlhatják a hagyományos hőkezeléssel készült termékeket, azonban vannak olyan esetek, amikor az ionizáló kezelést más tartósító kezelésekkel együtt alkalmazva jobb hatás érhető el. A megfelelő mikrobapusztulási arány eléréséhez az ionizáló sugárkezelés kombinálható többek között nagynyomásos kezeléssel, hőkezeléssel, módosított atmoszférájú csomagolással, természetes eredetű antimikrobás anyagokkal is. Crawford és munkatársai (1996) az ionizáló sugárkezelést nagynyomásos kezeléssel és hőkezeléssel kombinálták és csirkemellben figyelték a *Clostridium sporogenes* spórák pusztulását a kezelés hatására. A kombinált kezelésen átesett minták szignifikánsan különböztek a csak ionizáló sugárkezeléssel átesett mintáktól. A beoltott spóraszám teljes inaktivációja 6,0 kGy dózisu besugárzást követő 80 °C-on, 20 percig tartó 690 MPa nyomáskezelés után következett be. Thayer és munkatársai (1991) hő és sugárkezelés együttes hatását vizsgálták *Salmonella* Typhimurium törzssel beoltott csont nélküli csirke húson és arról számoltak be, hogy a 0,9 kGy dózis és a hőkezelés a patogén baktériumok pusztulását okozták. Egy hasonló tanulmányban ugyanezt a kombinációt alkalmazták és a kezelés *Listeria monocytogenes*-pusztító hatását figyelték sült marhahúson és szaftjában. Ebben az esetben 0,8 kGy dózis elegendő volt (Grant és Patterson, 1995). Alacsony hőmérsékletű hőkezelés kis sugárdózissal kombinálva bizonyítottan lassítja a gyümölcs érését és csökkenti a veszteséget. Az eredmények a friss mangó gyümölcs esetében azt mutatták, hogy a 30 napos tárolást követően a rothadt gyümölcsök aránya a kontroll minták esetében 100 %, az 1,0 kGy dózissal kezelt gyümölcsnél 80 %, még a kombinált kezeléssel ez az arány 20 % volt. Ugyanakkor a mangó gyümölcs kombinált kezelése nem volt kedvezőtlen hatással a táplálkozási és kémiai minőségére sem (Lacroix és Ouattara, 2000). Számos szerző számolt már be a sugárkezelés és a módosított atmoszférájú csomagolás együttes használatáról (Grant és Patterson, 1991a,b,c; Lambert et al., 1992). Néhány hústermék esetében alkalmazták a módosított atmoszférájú csomagolást, növelve a CO<sub>2</sub> szintet és ezzel növelve az eltarthatóságot. Habár a MAP csökkentette néhány nemkívánatos mikroba növekedési ütemét, többek között a romlást okozó és patogén baktériumokat, de általában nem pusztította el a mikroorganizmusokat. Amint ezt a csomagolást megnyitották, a mikroorganizmusok ismét szaporodásnak indultak, mely végül a hús romlásához vezetett. A  $\gamma$ -sugárzás és a MAP kombinációjával lehetőség nyílik egyrészt a romlást okozó és patogén baktériumok számának csökkentésére besugárzással, másrészt a túlélő mikrobák növekedésének megakadályozására a

tárolás során MAP használatával, anélkül, hogy az érzékszervi minőséget jelentősen befolyásolná. A karaj csomagolásához 25% CO<sub>2</sub> és 75 % N<sub>2</sub> gázkeveréket használtak fel, melyet 1,75 kGy sugárkezelés követett. A kezelések eredményeként a mikrobanövedés szignifikáns mértékben csökkent. Az eltarthatóság így 4 °C-on 12 nap volt, szemben a 3 napig eltartható kontroll mintákkal és a 8 napig tárolható be nem sugárzott, 25 % CO<sub>2</sub> és 75 % N<sub>2</sub> gázkeverékbe csomagolt karajjal. Továbbá az érzékszervi vizsgálatban a bírálók előnyben részesítették a MAP/besugárzott sertés színét és illatát. Egy oltásos kísérlet sorozatban, ahol különböző vegetatív patogéneket használtak fel, a 25 % CO<sub>2</sub>, 75 % N<sub>2</sub> és az 1,75 kGy sugárkezelés együttes hatásaként jelentős mértékben javult a serteshús mikrobiológiai biztonsága (Grant és Patterson, 1991b.). Több tanulmány is született már az ionizáló sugárkezelés és a kémiai tartósítószeres együttes hatásáról. A sugárdózis csökkenthető az élelmiszerhez történő NaCl hozzáadásával. Amikor a *C. botulinum* spórákat oltották a pulyka virslibe majd a NaCl-os kezelést alkalmazták sugárkezeléssel (5,0 és 10,0 kGy) kiegészítve, hatékonyabbnak bizonyult, mint a sugárkezelés kálium vagy magnézium sókkal együtt (Barbut et al., 1987). A 450-500 spóra/g inokulum szint a 27 °C-os tárolási hőmérsékleten a 2,5 %-os NaCl koncentrációval, sugárkezeletlen mintákban 4 napon belül toxikussá válik. Ugyanezen minták 5,0 kGy kezeléssel csak 40 nap után váltak toxikussá, még a 10,0 kGy esetében még az 50. napnál sem volt toxikus (Rowley et al., 1983). Takala és munkatársai (2011) is kimutatták az *Escherichia coli*, a *Salmonella* Typhimurium és a *L. monocytogenes* sugárérzékenységét friss brokkolin. A brokkoli virágokat metil-cellulóz alapú bevonattal vonták be, mely különböző variációjú antimikrobás hatóanyagot tartalmazott (szerves savak és tejsavbaktérium; szerves sav és citrus kivonat; szerves sav, citrus kivonat és fűszer keverék valamint szerves sav és rozmaring kivonat) és ezt követően különböző dózissal kezelték (0-3,0 kGy). Az összes antimikrobás bevonatnak majdnem azonos volt a *Listeria monocytogenes* érzékenységét növelő hatása a  $\gamma$ -sugárzásra. A szerves sav és citrus kivonat volt a leghatékonyabb az *E.coli* esetében, illetve a szerves savak és tejsavbaktérium növelte leginkább a *Salmonella* Typhimurium sugárérzékenységét.

## **2.8. *Listeria monocytogenes* előfordulása élelmiszerekben**

Napjainkban az élelmiszeripar fontos feladatai közé tartozik a megfelelő minőség mellett az egyben biztonságos termékek előállítása, melynek során számos mikrobiológiai veszélyt kell megszüntetni vagy minimálisra csökkenteni. A romlást okozó mikrobák ugyanis az élelmiszerminőséget befolyásolják, még az élelmiszerfertőzést, mérgezést okozók a biztonságot érintik. Nem csak a fejlődő, hanem a fejlett országokban is jelen vannak a fertőzések okozta járványok. Többek között az egyre növekvő mennyiségű termék-előállítás és ezek több országra

kiterjedő értékesítése következtében is nő az élelmiszerekkel összefüggésbe hozható megbetegedések száma. Mikrobiológiai veszélyt főként a patogén mikroorganizmusok és azok anyagcseretermékei jelentenek, mint például a *Listeria monocytogenes*.

A *Listeria monocytogenes* 1926 óta ismert, kataláz pozitív, oxidáz negatív, fakultatív anaerob, rövid, spórátlan pálcá alakú patogén baktérium, mely néha rövid láncokba rendeződik. Vörösvérsejtek pusztulását okozó béta-hemolizint termel. Széles körben megtalálható a környezetben (ubiquiter) és ellenálló a környezeti stressz hatásokkal szemben (Schwartz et al., 1989, McLauchlin és Rees, 2009). A baktériumok országába, *Firmicutes* törzsbe, *Bacilli* osztályba, *Bacillales* rendbe, *Listeriaceae* családba, *Listeria* nemzetségbe tartozik (Adams és Moss, 2008). Fajai széles körben megtalálhatók a minket körülvevő környezetben és viszonylag ellenállóak (Ryu et al., 2013). Széles hőmérsékleti (0-45 °C) valamint széles pH tartományt (pH 4,5-9,2) képesek elviselni, így a gyomor pH-ját is, továbbá fakultatív természete miatt alacsony oxigénkoncentrációnál - például a tápcsatornában is- képes a túlélésre (Khelef et al., 2006; Cotter et al., 2001). Hőmérsékleti optimumuk 30-37 °C (Nufer et al., 2007, Miller et al., 2009).

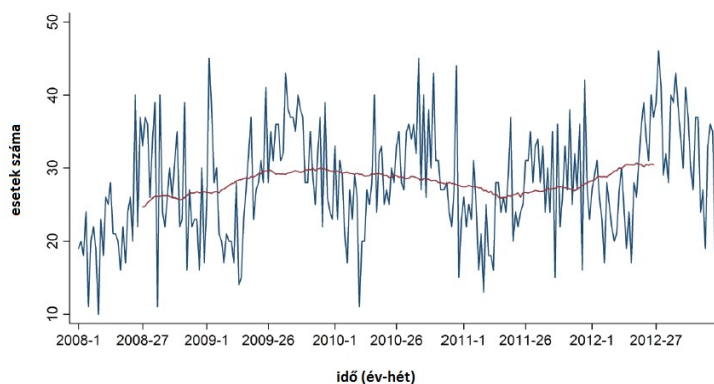
A *Listeria monocytogenes* bizonyítottan humán megbetegedést okoz, a listeriózis okozta megbetegedésekért felelős mikroba (Riebe, 1997; Ryu et al., 2013). A megbetegedés súlyosságát jelzi, hogy nagyon magas a halálozási arány, különösen a fejlődő magzat, újszülött, csecsemők, idősek és legyengült immunrendszerű emberek körében (Goulet and Marchetti, 1996; Mead et al., 1999). Szaporodása függ az élelmiszer összetételétől, illetve annak tárolási körülményeitől (Pal et al., 2008). Nagy számban fordul elő „ready-to eat” élelmiszerekben (Miller et al., 2009). A tünetek nagyon változók lehetnek: enyhe influenzaszerű tünetek, magas láz, és hasmenés, súlyosabb esetekben szepszist, meningitist vagy meningoencefalitist, agyhártyagyulladást, terhes anyáknál vetélést okozhatnak, valamint a szívet és a szemet károsíthatják (Khelef et al., 2006; Szekér, 2007, EFSA 2012).

Egyes *Listeria* fajok, különösképpen a *Listeria monocytogenes* által okozott élelmiszer eredetű megbetegedésekről sajnos egyre gyakrabban számolnak be világszerte és hazánkban is. 2012-ben összesen 1642 esetet jelentettek be az Európai Unióban, melynek hátterében az emberi listeriózis állt. A 2011 évhez képest 10,5 %-os növekedést tapasztaltak. 2008-2012 közötti időszakban az EU-ban bejelentett és egyben megerősített listeriózisos megbetegedések számát a 4. táblázat mutatja, a táblázatban kiemelve Németországot és Franciaországot, ahol bármely évet tekintve a vezető helyen álltak. Magyarországon a 2012 évben 13 esetet rögzítettek (EFSA, 2012).

**4. táblázat** Listeriózisos megbetegedések száma az EU-ban 2008-2012 között (EFSA, 2012)

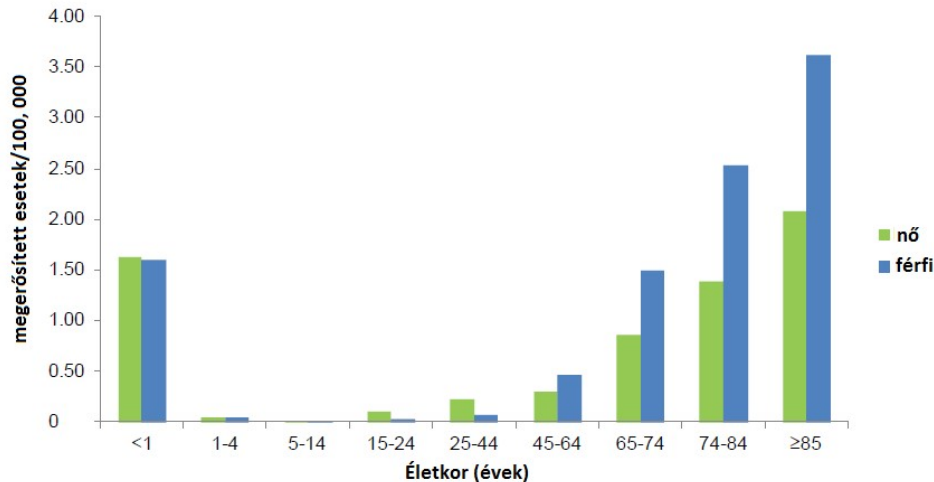
	2012	2011	2010	2009	2008
Ausztria	36	26	34	46	31
Belgium	83	70	40	58	64
Bulgária	10	4	4	5	5
Ciprus	1	2	1	0	0
Csehország	32	35	26	32	37
Dánia	50	49	62	97	51
Egyesült Királyság	183	164	176	235	206
Észtország	3	3	5	3	8
Finnország	61	43	71	34	40
Franciaország	348	282	312	328	276
Görögország	11	10	10	4	1
Hollandia	73	87	72	44	45
Írország	11	7	10	10	13
Lengyelország	54	62	59	32	33
Lettország	6	7	7	4	5
Litvánia	8	6	5	5	7
Luxenburg	2	2	0	3	1
Magyarország	13	11	20	16	19
Málta	1	2	1	0	0
Németország	412	330	377	394	306
Olaszország	36	100	137	109	118
Portugália	0	0	0	0	0
Románia	11	1	6	6	0
Spanyolország	107	91	129	121	88
Svédország	72	56	63	73	60
Szlovákia	11	31	5	10	8
Szlovénia	7	5	11	6	3
EU összes	1642	1486	1643	1675	1425

Ebben az időszakban ugyan lassan, de növekvő tendencia figyelhető meg a legtöbb országban (4. ábra).



**4. ábra** 2008 és 2012 közötti időszak listeriózis megbetegedéseinek növekvő tendenciája az EU-ban (EFSA, 2012)

2012-ben a megbetegedések száma legnagyobb részben az 1 év alatti és a 65 év feletti embereket érintette (5. ábra). Az utóbbi csoportban az életkor előre haladtával ez a szám nő. Jelentős különbségek figyelhetők meg a nemeket illetően. Az előfordulási arány 65 éves korig az esetek többségében a nők körében volt magasabb, még 74 éves kor felett ez az arány megfordult, feltehetően a nők és férfiak közötti eltérő ételmiszerfogyasztási szokások miatt. A 15-44 év közötti termékeny korú nőknél, a megbetegedéssel kapcsolatos esetek nagy része a terhességgel kapcsolódott össze.



**5. ábra** *Listeria* okozta megbetegedések száma az életkor függvényében az EU-ban (EFSA, 2012)

A listeriózisban megbetegedetteknek átlagosan 91,6 %-a kerül kórházba, vannak országok azonban ahol ez az arány 100 százalékos. 2012-ben az EU-ban 198 eset volt halálos kimenetelű (17,8 %-os halálozási arány).

A patogén baktériumok a feldolgozó üzembe került nyersanyagokról, illetve feldolgozó berendezésekről is bekerülhetnek az élelmiszerekbe.

*L. monocytogenes* előfordulhat különböző nyers élelmiszereken, mint például nyers húsok, tojás, zöldségek, hagyományosan elkészített fermentált száraz hústermékek, halak, kagylók, tengergyümölcsei, fagylaltok, jégkrémek stb. Továbbá a már feldolgozott élelmiszereken melyek a feldolgozás után fertőződtek, mint a lágy sajtok, felvágottak, főtt húsok (McClure *et al.*, 1997; Gnanou Besse *et al.*, 2010). Nyers tejből készült termékek is tartalmazhatják ezt a baktériumot (Hayes *et al.*, 1986). Meglepő módon magasabb az előfordulási arány a pasztörözött tejből készült sajtok esetében (8,0%), mint a nyers tejből gyártott sajtoknál (4,8%). Előfordulhat, hogy a pasztörözés és a főzés során eliminálódik a *L. monocytogenes*, de néhány fogyasztásra kész élelmiszer, mint a hot dog vagy felvágottak szennyeződhetnek a hőkezelés és a végleges csomagolás között (Yoon *et al.*, 2016).

A 2073/2005/EK rendelet tartalmazza a *L. monocytogenes* baktériumra vonatkozó élelmiszerbiztonsági kritériumokat készételek esetében, melynek értelmében azokra az élelmiszerekre, amelyek nem segítik elő a *Listeria monocytogenes* szaporodását, 100 TKE/g a határérték erre a mikroorganizmusra. Azon élelmiszerekben, amelyek elősegítik az említett mikroorganizmus szaporodását, nem lehet jelen a minta 25 grammjában mielőtt az élelmiszer



kikerül az azt előállító élelmiszeripari vállalkozás közvetlen ellenőrzése alól, és 100 TKE/g a határérték a már forgalomba hozott termékeknél eltarthatósági idejük alatt. Ugyanez az előírás vonatkozik a bébiételekre is és a speciális gyógyászati célra szánt, fogyasztásra kész ételekre.

A *Listeria monocytogenes* detektálása gazdasági szempontból is felbecsülhetetlen fontosságú, hiszen amennyiben a kereskedelmi forgalomba hozott termék nem felel meg az előbb említett előírásnak, abban az esetben az összes terméket vissza kell hívni, mely hatalmas gazdasági kiesést jelenthet az érintett élelmiszeripari vállalat számára.

## **2.9. Challenge teszt jelentősége**

A megnövelt fogyaszthatósági idővel bíró élelmiszerekben a hidegtűrő patogén és romlást okozó mikrobák szaporodásának lehetősége fennáll, ahol a termék fizikai-kémiai paraméterei és/vagy a tárolás körülményei nem gátló hatásúak. A biztonságos fogyaszthatósági idő a hagyományos eltarthatósági vizsgálatokkal természetes szennyeződés hiányában, illetve a kórokozók véletlenszerű előfordulása miatt nem állapítható meg. Amennyiben egyéb felméréssel, vizsgálattal nem bizonyítható, úgy a termék biztonságosságának kimondása a challenge teszt megfelelő eredménye alapján lehetséges (Fodor et al., 2008; Rohoczy et al., 2009).

Mivel a kórokozó mikroorganizmusok nem képezik részét a késztermék természetes mikroflórájának, ezért a kórokozók termékekben történő viselkedésének vizsgálatához a terméket szándékosan be kell oltani.

A mikrobiológiai challenge teszt megadja, hogy várhatóan biztonságos és stabil marad-e a termék a fogyaszthatósági ideje alatt, ha szándékosan kórokozó vagy romlást okozó mikroorganizmusokkal szennyezzük be, modellezve ezzel azt a helyzetet, hogy mi történik, ha a termékbe véletlenül kórokozó kerül. A challenge tesztet eredetileg a hőkezelési folyamatok eredményességének validálására fejlesztették ki, de alkalmazható a hűtőláncban tárolt termékek biztonságos fogyaszthatósági ideje validálásához is. Lehetőség szerint azzal a mikroorganizmussal kell vizsgálatokat végezni, amely a problémát okozza, pl. élelmiszerbiztonsági célra az a kórokozó alkalmazása ideális, amely az élelmiszer alapanyagaiban, a nem megfelelő hőkezelés vagy a tartósító kezelés utáni utószennyezés során előfordulhat. A challenge teszt során egy adott mikroba szaporodását vagy pusztulását vizsgáljuk modelltermékben, különböző környezeti tényezők hatásának figyelembe vételével pl. hőmérséklet, pH stb.

A challenge teszt tervezésének fő szempontjai:

- a beoltáshoz használt mikroorganizmusok kiválasztása,
- a beoltáshoz használt mikroba száma és fiziológiai állapot,
- a vizsgált termék összetétele, gyártása természetes mikroflórája,
- a tárolási feltételek megválasztása,
- az inokulum és a beoltás módszere,
- a mintavétel megtervezése.

A beoltáshoz használt mikroorganizmus kiválasztásakor figyelembe kell venni, hogy a vizsgált termékből korábban izolálták-e és/vagy specifikációban/rendeletben rögzítve van-e. A leggyakrabban egy valós romlásból/fertőzésből izolált tenyészet használata ajánlott. Fontos szempont, a biztonság, vagyis olyan üzemben vagy laboratóriumban, ahol patogén mikrobák vizsgálatához nincsenek meg a szükséges feltételek, ott javasolt apatogén mikrobák alkalmazása (pl. *Listeria monocytogenes* helyett *Listeria innocua* (Gasparikné Reichardt et al., 2013).

### 3. ANYAG ÉS MÓDSZER

#### 3.1. Kísérletek helyszínei

A mikrobiológiai kísérleteimet a Budapesti Corvinus Egyetem Élelmiszertudományi Kar Mikrobiológiai és Biotechnológiai Tanszék kísérleti laboratóriumában végeztem. A vizsgálati minták műszeres színmérését az egyetem Fizika-Automatika Tanszékén, még az összes antioxidáns kapacitás és összes polifenol tartalom meghatározását és az ehhez szükséges liofilizálást az Alkalmazott Kémia Tanszék kutató laboratóriumában valósítottam meg. Az oxidációs jellemzők és a zsírsav-összetétel alakulásának meghatározására az Országos Élelmezés- és Táplálkozástudományi Intézetben került sor. A karotinoid, tokoferol, és C-vitamin tartalom mérése a Szent István Egyetem Regionális Egyetemi Tudásközpont kémiai laboratóriumában történt.

A kísérleteim során felhasznált élelmiszerek:

- friss gyümölcsök és zöldségek: Golden Delicious, Granny Smith és Idared almafajták, banán, narancs, sárgarépa valamint paradicsom, melyeket a helyi piacról szereztem be.

A friss gyümölcsök, zöldségek megfelelő érzékszervi jellemzőkkel (kellemes zamató, megfelelő színű, stb.) álltak a rendelkezésemre, melyeket a vizsgálat napján vásároltam.

- fagyasztott egész málna és meggy, gesztenyemassza, Túró Rudi (Danone Piros Pöttyös Túró Rudi), túrókrém (Milli) valamint csomagolt piskóta

Challenge tesztek során felhasznált teszt mikroorganizmusok és azok eredete:

- *Listeria innocua* Országos Húsipari Kutató Intézet, Budapest, Magyarország
- *Listeria monocytogenes* Scott A, ATO-DLO, Wageningen, Hollandia

#### 3.2. Minták előkészítése

Laboratóriumi körülmények között a friss gyümölcsöket, zöldségeket hámoztam, mostam majd ezt követően mindegyiket egyforma kb. 2-3 cm-es darabokra vágtam. Fajtánként külön-külön 100±10 grammos adagokat mértem ki 125 ml űrtartalmú kereskedelmi sterilitású, fedeles polietilén dobozokba, melyekben a termék ionizáló sugárkezelése történt (6. ábra).



**6. ábra** Besugárzáshoz előkészített minták

A fagyasztott egész gyümölcsöket a mélyhűtőből kivéve szobahőmérsékleten felolvasztottam olyannyira, hogy turmixolhatóak legyenek, majd a vizsgálati mintákból steril körülmények között háztartási turmix segítségével pürét készítettem. A málnát azonnal, a meggyet pedig magozás után turmixoltam össze. Steril körülmények között, steril eszközökkel a málnából, a meggyből és a gesztenyepüréből egyaránt  $100 \pm 10$ g-t mértem ki fedeles műanyag dobozokba, majd a besugárzásig (legfeljebb 24 óra) továbbra is mélyhűtőben ( $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) tároltam, bármilyen esetlegesen fellépő változás elkerülése érdekében. A helyi szupermarketből vásárolt, előre csomagolt piskótatésztából sterilen kis négyzeteket (4x4 cm-es) vágtam, melyeket szintén műanyag dobozokba helyeztem el és fagyasztottam le ( $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). A málna, a meggy, a gesztenyepüré valamint a piskótatészta szállítása és besugárzása is külön-külön csomagolva, fagyasztott állapotban történt. A Túró Rudi és a vaniliás túrókrém sugárkezelését az eredeti csomagolásukban, de fagyasztva ( $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) végeztem, az esetlegesen végbemenő kémiai változások kockázatának csökkentése érdekében. A kezelésre szánt mintákat - az azonos körülmények biztosítása miatt - a kontroll mintákkal együtt, hűtő táskákban szállítottam a kezelés helyszínére.

### **3.3. Besugárzás és tárolás**

A besugárzás helyszíne a budapesti AGROSTER Besugárzó Rt. volt. A kezelések ISO 9001:2000, valamint ISO 13485:2003 minőségirányítási rendszer felügyelete alatt és kiépített HACCP rendszer mellett történtek. A sugárkezelési célokra  $^{60}\text{Co}$  mesterséges radioizotópot alkalmaznak. A kezelések földalatti teremben, azaz száraz, hűvös helyen történtek. A sugárkezelés a dózisos függvényében kb. 10-20-30 percet vett igénybe.

A könnyebb áttekinthetőség érdekében az 5. táblázatban foglaltam össze az egyes mintákon alkalmazott dózisokat, a termékek hőmérsékletét a kezelés alatt, a tárolások időtartamát valamint, hogy mely napokon történtek a vizsgálatok. Mivel a gyümölcsök és zöldségek friss jellegét szerettem volna megőrizni, így a besugárzást követően tárolásuk 5 °C-on, azaz hűtött körülmények között történt. A Túró Rudi, a krémtúró valamint a meggy- és málnapürés gesztenyés piskóta alapanyagai fagyasztott állapotukban kerültek besugárzásra az esetlegesen végbemenő kémiai változások elkerülése érdekében. A túró desszertek mikrobiológiai állapotát a besugárzást követően hűtött tárolás során, azaz fogyasztásra kész állapotukban kísérem figyelemmel. A meggy- és málnapürés gesztenyés piskóta alapanyagait külön-külön fagyasztva tároltam tovább, mivel céloom ez esetben a fogyasztásra kész desszert eltarthatósági idejének növelése volt, annak tudatában, hogy fagyasztással mikrobiológiailag hosszabb ideig tartó stabil állapotot érhetek el, mindamelllett, hogy várhatóan a termék érzékszervi paramétereiben sem történik változás.

**5. táblázat** A vizsgálatra szánt termékek kezelési, vizsgálati és tárolási paraméterei

<b>Minta</b>	<b>Ionizáló sugárkezelés (kGy)</b>	<b>Kezelési/ Tárolási hőmérséklet (°C)</b>	<b>Tárolási idő (Nap)</b>	<b>Vizsgálati napok</b>
Golden Delicious	0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0	5/5	8	0; 2; 6; 8
Idared	0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0	5/5	8	0; 2; 6; 8
Granny Smith	0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0	5/5	8	0; 2; 6; 8
Narancs	0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0	5/5	7	0; 2; 5; 7
Banán	0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0	5/5	7	0; 2; 5; 7
Paradicsom	0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0	5/5	8	0; 2; 6; 8
Sárgarépa	0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0	5/5	8	0; 2; 6; 8
Túró Rudi	0; 2,0; 2,5; 3,0	-18/5	8	0; 2; 6; 8
Túrókrém	0; 2,0; 2,5; 3,0	-18/5	8	0; 2; 6; 8
Meggyprüré	0; 1,0; 2,0; 3,0	-18/5	7	0; 2; 4; 7
Málnapüré	0; 1,0; 2,0; 3,0	-18/5	7	0; 2; 4; 7
Gesztenyepüré	0; 1,0; 2,0; 3,0	-18/5	6	0; 2; 4; 6
Piskóta	0; 1,0; 2,0; 3,0	-18/5	6	0; 2; 4; 6

A minták ionizáló sugárkezelése után laboratóriumi körülmények közötti feldolgozása valamint tárolása következett.

A vizsgálatokat minden esetben, három párhuzamosban végeztem és kontrollként a besugározatlan, de a mintákkal azonos módon szállított és tárolt tételek szolgáltak.

### 3.4. A kísérletek során alkalmazott módszerek

#### 3.4.1. Mikrobiológiai vizsgálatok

A mikrobiológiai módszerek kiválasztásánál figyelembe vettem a projekt szakértői által javasolt mikrobiológiai határértékeket, melyeket a 2.2. fejezetben részleteztem.

A vizsgálat során első lépésben az összes mintából törzsoldatot készítettem. Minden esetben 10 g mintához 90 ml steril hígító-folyadékot (8,5 g NaCl, 1 g pepton, 1000 ml desztillált víz) mértem be, ezt követően 1 percen keresztül Stomacher készülékben rázattam. Így kaptam egy tízszeres hígítású homogén minta-szuszpenziót, ezt követően a becsült mikrobaszámnak megfelelő hígítási sort, azaz tizedelő hígításokat készítettem, melyekből a leoltásokat végeztem adott táptalajokra.

**A mezofil aerob és fakultatív anaerob mikroorganizmus szám meghatározása** során TGE agarral (tripton 5g, glükóz 1g, élesztő kivonat 2,5g, agar 14g, desztillált víz 1000 ml) 3 párhuzamos lemezöntést végeztem a becsült értékeknek megfelelő hígítási tagok 1 ml-éből. Ezt követően 30 °C-on, 48 órán át inkubáltam a lemezeket az MSZ EN ISO 4833:2003 szabvány alapján. Telepszámlálást követően megadtam a vizsgálati minta 1 grammjára vonatkozó mezofil aerob és fakultatív anaerob mikrobaszámot. Hasonlóképpen jártam el a többi mikrobiológiai paraméter meghatározásnál is.

**A mezofil aerob spóraszám meghatározásakor** a homogenizált törzssuszpenzióból 10 ml-t steril kémcsőbe pipettáztam majd a vegetatív sejtek elpusztítása céljából 80 °C-on 10 perces hőközlést végeztem ultratermosztátban. Ezt követően 1 ml hőkezelt mintával és TGE agarral lemezöntést végeztem. Az inkubálás ebben az esetben is 30 °C-on 48 órán keresztül történt (KFI Microbiological Methods Manual, Part II., Method 12 – 19.08.2003).

**A mezofil anaerob spóraszám meghatározásánál** anaerob tenyésztési körülmények eléréséhez a redoxpotenciált csökkenteni kell. A redoxpotenciál csökkenthető az oxigén kizárásával, vagy redukálóanyagok hozzáadásával. A vizsgálat első lépései megegyeztek az aerob spóraszám meghatározásnál alkalmazott hőkezelési és lemezöntési lépésekben. Azonban ez esetben a lemezöntéshez TGE agar helyett alacsony redoxpotenciálú RCM (MERCK 1.05411) agart használtam fel, továbbá anaerob környezetet Anaerocult "A" (MERCK 1.13829) segítségével

létrehozva anaerosztátban 30 °C-on 72 óráig inkubáltam (KFI Microbiological Methods Manual, Part II., Method 20 – 19.08.2003).

**A kóliformszám meghatározáshoz** Chromocult Coliform Agart (MERCK 1.10426) használtam fel. Így a már előre kiöntött és megszilárdult kromogén agar felületére 2x0,5 ml mintaszuszpenziót széleszttem steril üvegbot segítségével, a kisebb kimutatási határ érdekében, mivel a felállított mikrobiológiai kritériumoknak csak így lehetett eleget tenni. Ezután 37°C-on 24 órás inkubálás következett.

**Az élesztő,- és penészgombaszám vizsgálatot** az ISO 21527-1:2008 szabvány által előírt módon Dichloran Rose-bengal Chloramphenicol (DRBC, MERCK 1.00466) agar felhasználásával végeztem. Az élesztő- és penészgombaszám meghatározása 2x0,5 ml mintaszuszpenzió szélesztését követően 25 °C-on 4-5 napig tartó inkubálás után a kifejlődött telepek számlálásával zárult, melynek során meghatároztam a vizsgálati minta 1 g-jában az élesztő-és penészgombaszámot.

***Staphylococcus aureus* számot** MSZ EN ISO 6888-1:1999 szabvány alapján határoztam meg, melyhez előre kiöntött és megszilárdult Baird-Pairker (MERCK 1.05406) agart tartalmazó lemezre 2x0,5 ml mintát széleszttem és 37 °C -on 48 órán át inkubáltam.

**A tejsavbaktérium szám meghatározásánál** a törzssuszpenzió 1 ml-vel és MRS (MERCK 1.10660) agarral rétegzett lemezöntést végeztem. Az inkubálás 30 °C -on történt 4-5 napon keresztül a MSZ ISO 15214:2005 szabvány alapján.

***Salmonella spp.* jelenlétének kimutatását** MSZ EN ISO 6579:2006 szabványnak megfelelően végeztem el. A 25 g vizsgálati mintára 225 ml pufferolt peptonvizet mértem és 37 °C-on 18 órán keresztül inkubáltam. A pufferolt peptonvíz tenyészetből szójatartalmú Rappaport-Vassiliadis táptalajba (RVS leves, MERCK 1.07700) és Muller-Kauffmann tetracionát-novobiocin (MKTTn-leves, MERCK 1.05878) levesbe oltottam. A RVS-levest 41.5 °C-on 24 órán át, az MKTTn-levest 37 °C-on 24 órán át inkubáltam. Végül két szilárd szelektív táptalajt XLD (MERCK 1.05287) és Salmonella Harlequin (LABM, HAL001) oltottam be az előbb említett leves tenyészetekkel, mely lemezeket 37 °C-on 24 órán át inkubáltam.

***L. monocytogenes* jelenlétének kimutatása** ISO 11290-1:2004 szabvány szerint történt. A vizsgálati minta 25 grammját 225 ml félerősségű Fraser-levesbe (MERCK 1.10398) mértem

be, majd 30 °C-on 24 órán át inkubáltam, ebből 0,1 ml tenyészetet pipettáztam 10 ml Fraser-levesbe, majd 37 °C-on 48 órán keresztül inkubáltam. Végül ebből a Fraser-levesből Ottaviani és Agosti féle Listeria szelektív táptalajra (ALOA, MERCK 1.00427) oltottam, melyet 30 °C-on 24 órán át inkubáltam.

***L. monocytogenes* szám meghatározáskor** 10 g vizsgálati mintához 9 ml félerősségű Fraser-levest adtam, majd ebből az alapszuspenzióból illetve szükség esetén a további hígítási tagokból végeztem a felületi szélesztést Ottaviani és Agosti féle Listeria szelektív táptalaj (ALOA, MERCK 1.00427) felületére és 37 °C-on 24-48 órán keresztül inkubáltam (MSZ EN ISO 11290-2:2012).

Hagyományos élelmiszer mikrobiológiai módszereket alkalmaztam, betartva a vonatkozó MSZ ISO szabványokat. Ennek megfelelően a táptalajokat az MSZ ISO 11133-1:2000 szerint készítettem el, a hígítási és egyéb általános mikrobiológiai lépéseket az MSZ EN ISO 6887-1:2000 szerint végeztem el.

A minták az összes mikrobiológiai paraméternél 3 párhuzamosban kerültek leoltásra.



### 3.4.2. Challenge tesztek előkészítése, kivitelezése

10 °C alatti tárolás mellett a kórokozók közül csak a *Listeria monocytogenes* képes szaporodásra az általam vizsgált termékek esetében, így a tesztet az EU ajánlásnak megfelelően erre a tesztmikrobára végeztem el. Továbbá a szakirodalomban fellelhető adatok szerint a *Listeria monocytogenes* fajon belül is rendkívül nagy eltérések lehetnek érzékenységben. Az élelmiszerekben gyakran előforduló *L. innocua* apatogén faj viselkedése abból a célból érdekes, hogy mennyire lehet vele modellezni a *Listeria monocytogenes* viselkedését olyan laboratóriumokban, ahol a patogén vizsgálatokhoz szükséges feltételek nincsenek meg.

A gyümölcsök, zöldségek és a túrókrém challenge tesztjéhez felhasznált *Listeria* tesztmikroorganizmus törzsek aktiválásához 5 ml steril hígító oldattal lemostam a 24 órás ferde agar tenyészeteket. Így körülbelül  $10^7$  TKE/ml mikrobaszuszpenziót kaptam, ebből 1 ml-t 100 ml steril BHI (Brain Heart Infusion, MERCK 1.10493) levesbe pipettáztam, melyet a továbbiakban 30 °C-on 24 órán keresztül rázó vízfürdőben tenyésztettem. Ezt követően 15 ml oltószuszpenziót pipettáztam 2 liter steril desztillált vízbe, homogenizálás után ebbe mártottam majd 10 percen keresztül állni hagytam a beoltani kívánt, előkészített (hámozott, mosott, szeletelt) gyümölcsöket és zöldségeket (alma, banán, narancs, sárgarépa, paradicsom). A mintákról a felesleget lecsepegtettem majd  $100 \pm 10$  g-ként 125 ml térfogatú műanyag fedeles edényekbe adagoltam ki.

A túrókrém beoltása az előzőekben leírt lépésekkel, a BHI levesben történő tenyésztésig teljes mértékben megegyezik. Azt követően 350 ml túrókrémet oltottam be 0,1 ml oltószuszpenzióval, melyet steril főzőpohárban homogenizáltam. A már beoltott túrókrémet  $100 \pm 10$  g-ként műanyag dobozokba adagoltam ki, melynek egyik részét fagyasztott, másik részét hűtött állapotában sugározattam be.

A mikrobiológiai vizsgálat során a beoltott mintákból törzsoldatokat készítettem. Minden esetben 10 g mintához 90 ml steril hígító-folyadékot mértem be, ezt követően 1 percen keresztül Stomacher készülékben rázattam. A *L. monocytogenes* és a *L. innocua* számot kromogén ALOA agar felületére 2x0,5 ml mintaszuszpenzió szélesztésével határoztam meg.

A *L. monocytogenes* és a *L. innocua* jelenlétének kimutatása a korábbiakban leírt ISO 11290-1:2004 szabvány szerint történtek.

### 3.4.3. Kémiai paraméterek vizsgálata

#### 3.4.3.1. Összes antioxidáns kapacitás és összes polifenol tartalom mérése

A minta-előkészítés műveletei alapvetően a feldolgozni kívánt mintától függenek. A gyümölcsök összes antioxidáns kapacitás és összes polifenol tartalom meghatározásánál részben a 20 m/m%

feletti víztartalomtól fakadóan, részben a minták inhomogenitása miatt szükség volt olyan kíméletes minta-előkészítési technika alkalmazására, mely a minta komponenseinek stabilitását nem befolyásolja. Ilyen esetekben a fagyasztva szárítás megfelelő eljárás a nedvességtartalom eltávolítására. A mintákat egy Scanvac HeatVacBasic ScanLaf A/S DSK-3540 Lyngø Denmark fagyasztva szárító készülékkel liofileztem tömegállandóságig.

Centrifugacsőbe kimért 1-1 g liofilizált mintákat 10 ml desztillált vízzel oldottam vissza, majd ultrahangos fürdőbe helyeztem és egy órán keresztül működtettem a megfelelő anyagátadás elősegítése érdekében. Ezt követően történt a centrifugálás. A centrifugálásra az oldatban jelen lévő szilárd részek kiülepítése miatt volt szükség. A centrifugálást egy hűthető asztali centrifugában 20 °C-on, 5500-as fordulatszámon végeztem 20 percen keresztül. Az előkészítő művelet végeztével a minták elég tisztának bizonyultak, így elég volt azok egyszeri centrifugálása. A centrifugacsőben így az oldat két fázisra oszlott szét, a szilárd illetve a folyadékfázisra. A felülrészéből ezután az összes antioxidáns kapacitás, azaz a FRAP valamint az összes polifenoltartalom (TPC) mérése történt.

A vizsgált friss és fagyasztott gyümölcsök összantioxidáns-kapacitását Benzie és Strain (1996) módszere alapján határoztam meg. Ezt a módszert eredetileg a vérplazma antioxidáns szintjének a meghatározására dolgozták ki (FRAP= Ferric Reducing Ability of Plasma). Az eljárás lényege, hogy a  $Fe^{3+}$  - ionok az antioxidáns aktivitású vegyületek hatására  $Fe^{2+}$  - ionokká redukálódnak. A  $Fe^{2+}$  kis pH-n a TPTZ-vel (2,4,6-tripiridil-S-triazin) színes komplexet képez. Ennek a színes (kék) terméknek a spektrofotometriásan,  $\lambda = 593$  nm-en mért abszorbanciájából, aszkorbinsavval készített kalibrációs görbe segítségével meghatározható a minta összantioxidáns kapacitása. Az eredményeket 1g száraz anyagban lévő aszkorbinsav mennyiségben ( $\mu M$ ) adtam meg.

Az összpolicifol tartalom meghatározást Singleton és Rossi (1965) dolgozta ki. A módszer alapja, hogy a Folin-Ciocalteu reagens sárga színű Mo(VI) ionja a vizsgált mintában található antioxidánsoktól elektront vesz fel, és kék színű Mo(V) ionná redukálódik. Az összes policifol tartalom mérő (Total phenolic content, TPC) módszerrel az összes policifol tartalmat, és a vízzel oldható, elektron leadásra képes antioxidánsokat is kimutatjuk. A módszernek megfelelően a mérést fotometriásan végeztük, 760 nm hullámhosszon. A galluszsavra vonatkoztatott összes fenoltartalmat Folin-Ciocalteu reagenssel  $\lambda = 760$  nm-en spektrofotometriásan (Nicolet evolution 300) mértem. Az eredményeket 1g száraz anyagban lévő galluszsav mennyiségben ( $\mu M$ ) adtam meg.

### 3.4.3.2. Karotinoid, tokoferol és C-vitamin tartalom meghatározása

A **karotinoidok extrakciójához** (pigmentek kinyeréséhez) 5 g paradicsom, illetve 3 g sárgarépa mintát mértem be egy dörzsmozsárba, majd kvarchomok segítségével eldörzsöltem. A paradicsomnál a karotinoidok és a tokoferolok kinyerésénél nem szükséges antioxidánsot használni, mert a paradicsomban lévő C-vitamin hatékony koncentrációban van és elegendő az oxidációs folyamatok gátlására. A sárgarépa esetében 0,5 g C-vitamint adtunk 5 g mintához a kinyerés kezdetén. Ezt követően 20 ml metanolt adtam a keverékhez. A szuszpenziót egy 250 ml-es csiszolt dugós Erlenmeyer lombikba vittem át és hozzáadtam 50 ml extrahálószeret (metanol:1,2-diklóretán 1:5 v/v), alaposan megkevertem és síkrázógépen további 15 percig rázattam. A poláros (metanos) fázis szeparációjához 20 ml ionmentes vizet adtam a mintához. A pigmenteket tartalmazó 1,2-diklóretános fázist vízmentes Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-tal szárítottam és rotációs vákuumbepárlóval szárazra pároltam. A maradékot HPLC minőségű acetonban oldottam fel. Az oldatot a HPLC analízis előtt 0,45 mm-es PTFE mikroszűrőn engedtem át, így a már tiszta oldatot injektáltam (Biacs és Daood, 1994). A karotinoidok szeparációját egy Nucleodur ISIS, 3 µm, 150 mm x 4,6 mm oszloppal végeztem (Machery Nagel, Düren, Németország). Gradiens elúciót alkalmaztam, ahol az (A) eluens víz; a (B) eluens aceton volt. A gradiens elúció lépéseit a 6. táblázat tartalmazza.

#### 6. táblázat Gradiens elúciós program a karotinoidok elválasztására

Elúciós idő	Eluens	
	A (%)	B (%)
Perc		
0	20	80
7	10	90
30	5	95

Az áramlási sebességet 0,7 ml/percre állítottam be. A karotinoidok detektálását 200 -700 nm hullámhossztartományban végeztem. A mennyiségi meghatározáshoz minden komponenst az abszorbancia-maximumának megfelelő hullámhossznál detektáltam (Daood et al., 2011). A kalibrációhoz likopin, zeaxantin és β-karotin (SIGMA, St. Louis, USA) törzsoldatokat készítettem. A likopin és a β-karotin oldódásában hatékony a petroléter, így 10 – 10 mg standardot mértem be egy barna színű mérőlombikba és 10 ml petroléterrel jelig töltöttem. A zeaxantin kis koncentráción oldódik petroléterben, de a törzsoldatban (1 mg/10 ml) nem, ezért 10 ml acetonban oldottam. A kalibrációs oldatok elkészítéséhez a hígításokat acetonnal (HPLC minőségű) végeztem, a kalibrációs oldatok a 0,1 – 100 µg/ml koncentráció tartományt fedték le.

Az elkészült kalibráló oldatokat a mintákkal megegyező módon analizáltam. A kalibrációhoz a standardok csúcs alatti területeit ábrázoltam a koncentráció függvényében. A kalibrációs görbe elkészítéséhez Microsoft XLS 2007 programot használtam. A mintákban a karotinoid komponensek azonosítása a retenciós idők és az UV-VIS spektrumok alapján történt. Az UV-VIS spektrumok meghatározása referencia anyagok (standardok) vizsgálatával vagy vékonyréteg kromatográfiás eljárással készített referencia anyagok (Daood et al. 1987) vizsgálatával történt. A xantofilok epoxi, és hidroxil csoportjai ellenőrzésére a vékonyréteg-kromatográfiás elválasztás után kémiai tesztekkel végeztem (Bauernfeind, 1981), és mint azt korábban Daood és munkatársai (2013) leírták a tömegspektrometriás azonosítást is alkalmaztam. A színanyagok mennyiségi meghatározásánál a piros színű pigmentek koncentrációját likopin egyenértékben, még a sárga színűekét  $\beta$ -karotin vagy zeaxantin egyenértékben adtam meg.

**A tokoferoltartalom vizsgálatához** mind a paradicsom, mind a sárgarépa mintákból 5–5 g-t mértem be, majd 10 ml 30%-os metanolos KOH-dal elszappanosítottam, úgy, hogy 35 percen át forraltam

1 g aszkorbinsav jelenlétében. A reakcióelegy lehűtése után, telített nátrium-klorid oldatot adtam a mintához. A tokoferolokat folyadék-folyadék extrakcióval, kétszer 40 ml hexánnal extraháltam óvatos rázással. A hexános frakciókat szeparáltam, majd háromszor mostam ioncserélt vízzel és vízmentes  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ -tal szárítottam. Miután az oldószert rotációs vákuum bepárlóval eltávolítottam, a mintát szárazra pároltam, a bepárlási maradékot 5 ml hexánban (HPLC minőségű) oldottam fel. A hexános fázist ezután 0,45 mm-es PTFE mikro szűrőn átszűrtem és elvégeztem a HPLC-s analízist.

Az extraktumok tokoferol homológjainak elválasztása Nucleosil 100, 5  $\mu\text{m}$ , 250 mm x 4,6 mm oszlopon történt, izokratikus elúcióval, amelyhez hexán:etanol (99,6:0,4 v/v) elegyet használtam. A kromatográfiás csúcsok azonosítását tokoferol standard (SIGMA) segítségével végeztem. Az E-vitamin mennyiségi meghatározásához külső standard kalibrációt alkalmaztam.

**A C-vitamin tartalom meghatározásához** az 5 g mintát dörzsmozsárban kvarchomok segítségével eldörzsoltem és 50 ml 3%-os metafoszforsav oldatot adtam hozzá. Rázógépen 15 percig rázattam és utána 0,45  $\mu\text{m}$ -es Millipore szűrőpapíron átszűrtem. Az elválasztáshoz Lichrosorb C18, 5  $\mu\text{m}$ , 240 mm x 4,6 mm oszlopot használtam. Izokratikus elúciót alkalmaztam, a mozgó fázis 0,01M  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ : metanol:tertabutil-ammonium-hidroxid (97:3:0,1 v/v, pH 2,8) volt. Az áramlási sebességet 1 ml/perc-re állítottam be. A detektálást 245 nm-en végeztem

(Daood et al., 1994). Az aszkorbinsav retenciós idejének meghatározásához és mennyiségi meghatározásához aszkorbinsav standardot (SIGMA) alkalmaztam. A retenciós idő mellett az UV-VIS spektrum segítségével azonosítottam a C-vitamin csúcsát a kromatogrammon.

Műszer: A folyadékkromatográfiai vizsgálatokhoz egy Waters Alliance folyadék kromatográfot (HPLC-t) használtam, amely egy Waters 2965 Separation Modul-t (automata mintaadagolót és bináris folyadékkromatográfiai pumpát), egy Waters 2996 diódasoros detektort (UV-VIS-DAD) és egy Waters 2475 fluoreszcenciás detektort (FLD) tartalmazott. A folyadékkromatográfiai rendszer vezérlése, az adatgyűjtés és az adatfeldolgozás Waters Empower szoftver segítségével történt.

#### **3.4.3.3. Zsirtartalom, zsírsavösszetétel és lipid-peroxidációs jellemzők vizsgálata**

A **zsirtartalom meghatározása** az édesipari termékeknel (Túró Rudi és a Krémtúró) gravimetriás Soxhlet módszerrel történt (MSZ 20900-2:1987), a **zsírsavösszetételt** pedig gázkromatográfiával állapítottam meg (Supelco Fame Mix 37 komponensű standard MSZ ISO 5508:1992).

A lipid-peroxidációs jellemzők vizsgálata azért lényeges, mert a módszer segítségével meghatározható, hogy az ionizáló kezelés során megindulnak-e a termékben az avasodási folyamatok, melyek mind a termék élvezeti értékét, mind eltarthatóságának időtartamát meghatározzák.

Alkalmazott vizsgálati módszerek:

- **Malondialdehid** (MDA) abszorbanciájának mérése 532 nm-en;
- **Konjugált-dién** abszorbanciájának mérése 233 nm-en

A lipid-peroxidációs folyamat lényege, hogy a lipidek iniciátorok segítségével lipidszabadgyök állapotba kerülnek, melyek képesek reakcióba lépni az oxigénnel, és így peroxidszabadgyökök keletkeznek. A folyamat során - többek között - malondialdehid keletkezik, melynek mennyisége kémiai vizsgálati módszerekkel meghatározható. A malondialdehid savas közegben, 100 °C-on a 2-tiobarbitursavval sárgás-vörös komplexet képez, melynek abszorbanciája mérhető. Ezért az MDA szint változásának mérése általánosan elfogadott az oxidatív stressz hatására bekövetkező lipid-peroxidációs folyamatok mértékének meghatározásában, a növekedés értéke fordítottan arányos a forgalomba hozatal és eltarthatóság idejével.

A konjugált diének szénláncában váltakozva fordulnak elő kettős, illetve egyes kötések, melynek köszönhetően az elektronok delokalizáltan helyezkednek el a szénatomok között. Így mennyiségi változásuk az olajokban és zsírokban - illetve az ezeket tartalmazó élelmiszerekben - a lipioxidációs folyamattal függ össze. A növekedés és csökkenés mértéke tehát a telített és a telítetlen szírsavak arányának változását mutatja, mely - többek között - az avasodási folyamatok beindulását jelzi. A konjugált-dién abszorbanciája izooktánnal történő kioldás után határozható meg.

#### **3.4.4. Érzékszervi vizsgálatok**

Az érzékszervi bírálatok során alkalmanként minimum 10 bíráló (képzett és képzetlen bírálókat egyaránt tartalmazó csoport) mondott véleményt a mintákról. E vizsgálattal célunk nem csak a tudományos igényű érzékszervi bírálat volt, hanem az általános fogyasztói elfogadottságot is szeretnénk volna feltérképezni. A preferencia-vizsgálat során a bírálók a 4 érzékszervi tulajdonságra (íz, szín, illat, állomány) egyenként maximum 9 pontot adhattak (1= nem eladható, 9= kiváló). A bírálati lap a disszertáció M3. mellékletét képezi.

#### **3.4.5. Fizikai paraméterek vizsgálata**

##### **3.4.5.1. Állományvizsgálat**

A hagyományos keménységmérési módszerek elvégzésére a Stable Micro System TA-XT2 típusú asztali precíziós penetrométert alkalmaztam (7. ábra). A vizsgálatokhoz 75 mm átmérőjű rozsdamentes alumínium P75' típusú mérőfejet alkalmaztam. A méréseket a besugárzás napján, azaz a tárolás kezdetén és végén is elvégeztem. Minden mintából 3-3 mérést végeztem és próbáltam szemrevételezéssel azonos méretű mintákat kiválasztani, csökkentve ezzel a minták közötti szórás értékeket.



**7. ábra** SMS TA-XT2 precíziós penetrométer

(forrás: <http://korny.uni-corvinus.hu>)

A tesztek során meghatároztam a maximális vágási erőt, valamint a hozzá tartozó vágási deformáció értékét. Ezekből számoltam a vágási erő és vágási deformáció viszonyát ( $F_v/D_v$ ).

### 3.4.5.2. Színmérés

Az élelmiszerek egyik legfontosabb érzékszervi tulajdonsága a szín, hiszen ez az, amit a vevő elsőként érzékel. Ha a szín eltér a szokásostól, annak egyértelműen minőségromtó hatása van. A besugárzott gyümölcsök színét ColorLite sph850 típusú kézi spektrofotométerrel mértem, amivel a minták  $L^*$  (világossági tényező),  $a^*$  (zöld/vörös hányados) és  $b^*$  (kék/sárga hányados) értékeit határoztam meg (8. ábra). A készülék a látható fény tartományban (VIS) 400-700 nm között mér. A műszer egyaránt alkalmas szilárd anyagok, folyadékok és porok színmérésére. A mintát az érzékelő mérési felületére merőlegesen helyezük el, melynek megvilágítása  $45^\circ$ -os szögben fénydiódákkal történik. A kísérletek során fehér etalonnal történő kalibrálást követően a kontroll és a különböző dózissal kezelt gyümölcsök felületén mértem a CIE  $L^*a^*b^*$  színjellemzőket. A műszeren beállítható a mérések ismétlésszámának gyakorisága, amelyből a műszer átlagot számol, és generálja a végső értéket. A méréseket a besugárzás napján, azaz a tárolás kezdetén és végén is elvégeztem. A felületen háromszor ismételt meg a mérést, majd az így kapott értékeket átlagoltam, végül mintánként 1-1 adatot kaptam.



8. ábra ColorLite sph850 színmérő készülék ábrája ([www.vitaliskft.com](http://www.vitaliskft.com))

### 3.4.6. pH mérés

A minták pH mérése OP 211/2 pH mérő műszerrel történt. A műszer kalibrálását két (pH 2,00 és pH 7,00) referencia puffer oldat segítségével végeztem, amelyek pH értéke közé esik a mérendő oldat pH-ja. A készüléket minden mérési napon legalább egyszer, mérés előtt kalibráltam. A kalibrálást követően mértem a kontroll és besugárzott minták pH-ját.

### **3.4.7. Az eredmények statisztikai értékelése**

Az érzékszervi bírálatoknál a mintákra kapott pontszámokat Kramer-féle rangsorolós módszerrel értékeltem (Kramer és Twigg, 1962). A módszer alapja, hogy a minták egymáshoz viszonyított sorrendjét veszi figyelembe, így kiküszöböli az egyes bírálók túl vagy kevésbé szigorú bírálatából származó hibát

A fizikai és kémiai eredmények statisztikai értékeléséhez a PAST program 2.15 verzióját használtam.



## 4. EREDMÉNYEK

### 4.1. Gyümölcsök, zöldségek, desszertek mikrobiológiai vizsgálatainak eredményei

A 9-12. ábra mutatja a különböző **alma** fajtákon végzett mikrobiológiai kísérleteim eredményeit, melyet 2012-ben publikáltam (Fekete et al., 2012). A feltüntetett értékek minden esetben három párhuzamos meghatározás átlagából származnak. Mindhárom (**Golden Delicious; Granny Smith; Idared**) almafajta esetében a kezdeti mezofil aerob és fakultatív anaerob mikrobaszámot ( $1,5 \times 10^3$ ;  $6,5 \times 10^3$ ,  $8,9 \times 10^3$  TKE/g) - a továbbiakban mikrobaszám - az ionizáló sugárkezelés legalább 2 nagyságrenddel csökkentette a kezeletlen (0 kGy) mintákhoz képest (9(a)-9(c). ábra). A **Golden** almafajtánál (kezdeti pH  $3,70 \pm 0,2$ ) a mikrobák szaporodását szinte teljesen visszaszorították az alkalmazott kezelések (9(a). ábra). Az 1,0 kGy-es kezelésnél és e dózis felett mindvégig közel állandó értéken, a kimutatási határ ( $<10$  TKE/g) közelében maradtak a kapott eredmények a nyolc napos hűtött tárolás során. Ez idő végére még a 0,5 kGy-el kezelt minták összmikrobaszáma sem érte el a  $10^3$  nagyságrendet. A termék tehát még ekkor is fogyasztható maradt a kezeletlen mintákkal ellentétben, melyek a nyolcadik napon a romlási határ közelébe kerültek.

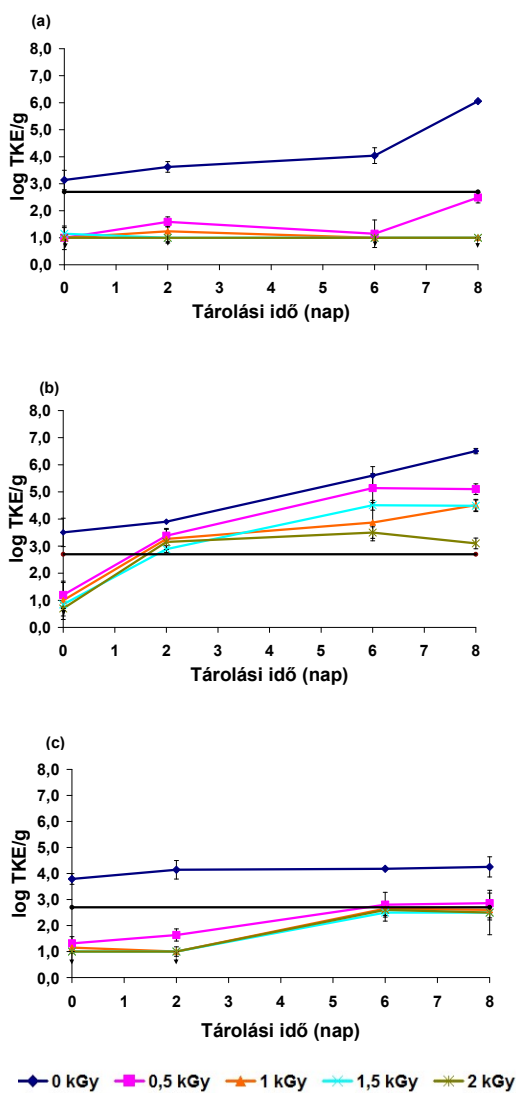
Ezzel szemben a **Granny Smith** fajtánál (kezdeti pH  $3,73 \pm 0,2$ ) megfigyelhető, hogy bár valamelyest akadályozták a kezelések az összmikrobaszám emelkedését, a tárolás során azonban folyamatos szaporodás volt mind a kontroll mind a besugárzott tételekben (9(b). ábra). A legnagyobb dózissal, azaz 2,0 kGy-el kezelt minta értéke is két nagyságrenddel emelkedett a nyolc napos 5 °C-os tárolás során. Ez idő alatt tehát nemcsak a kontroll, de a kezelt minták mindegyike meghaladta a  $1,0 \times 10^3$  TKE/g értéket, a romlási határt azonban a kontrollal ellentétben egyik besugárzott tétel sem érte el.

Az **Idared** almafajtánál (kezdeti pH  $3,80 \pm 0,3$ ) a kontroll minták mezofil aerob és fakultatív anaerob mikrobaszáma jelentős mértékben nem változott a tárolás során (9(c). ábra). A besugárzott tételek mindegyikénél növekvő tendencia figyelhető meg, de ennek ellenére is ezek az értékek mindvégig alatta maradtak a kezeletlen mintákhoz képest.

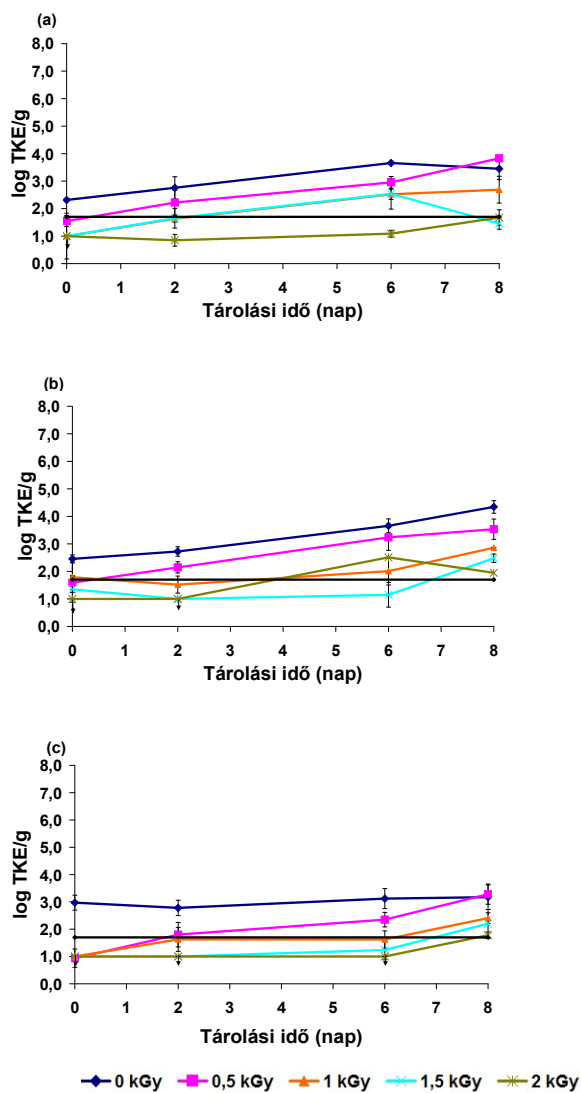
Jelmagyarázat az ábrákhoz:

↓ : kimutatási határ

————— : a szakértők által meghatározott, elérni kívánt határérték



9. ábra A kontroll és a különböző sugárdózisokkal kezelt, 5 °C-on tárolt Golden (a) Granny Smith (b) és Idared (c) almakockák összes élő sejttségének alakulása



10. ábra A kontroll és a különböző sugárdózisokkal kezelt, 5 °C-on tárolt Golden (a) Granny Smith (b) és Idared (c) almakockák élesztőgombaszámának alakulása

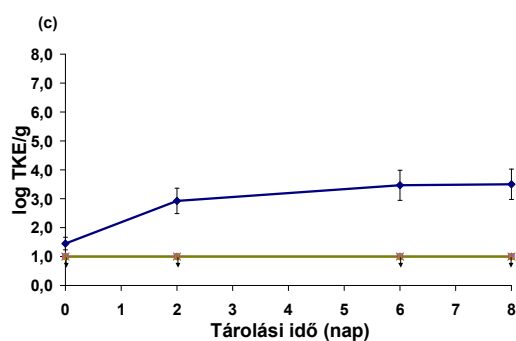
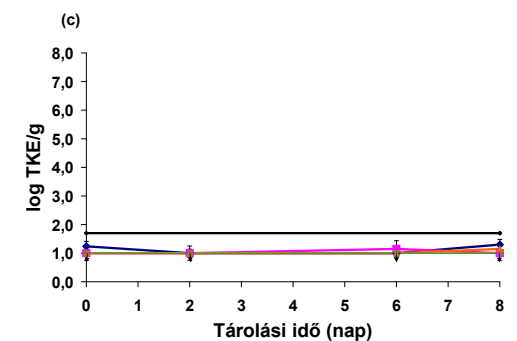
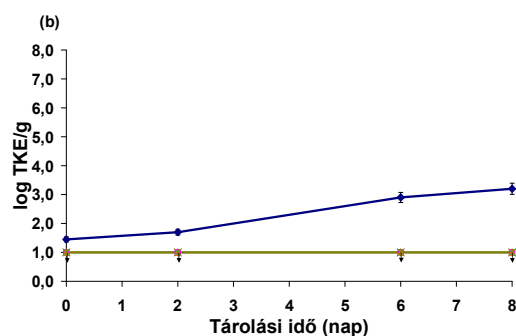
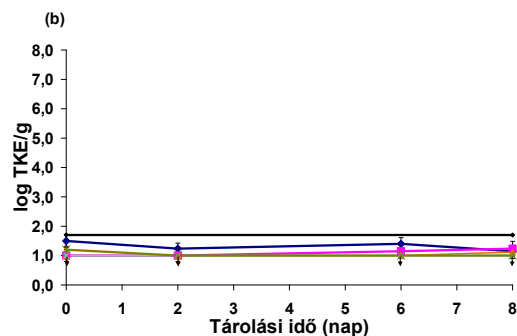
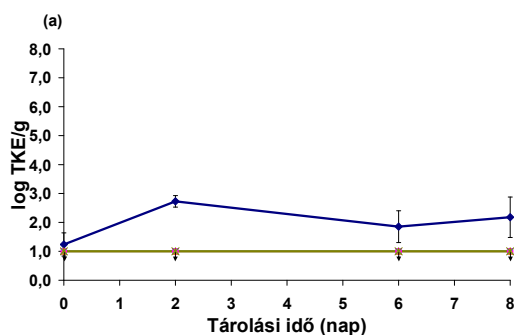
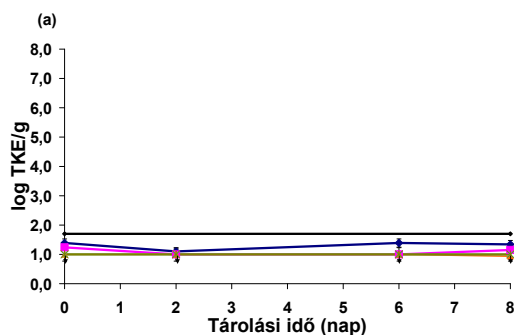
A 10(a),(b),(c). ábrákon figyelhető meg, hogy az alma termékspecifikus mikrobiotájában az élesztőgombák voltak meghatározóak, továbbá az is látható, hogy ellenállóak az ionizáló sugárkezeléssel szemben és képesek szaporodni az almakockákon hűtött körülmények között is. A **Golden** almafajta élesztőgombaszáma a kezdeti  $2,3 \times 10^2$  TKE/g értékről a 0,5 kGy-es besugárzás hatására közel 1 nagyságrendet, a nagyobb dózisok esetében a kimutatható szint alá csökkent az elvégzett vizsgálatok eredményei alapján (10(a). ábra). A hűtve tárolás nyolcadik

napjáig a kontroll és a kezelt minták élesztőgombaszámának lassú szaporodása figyelhető meg. Ez idő alatt a legnagyobb, azaz 2,0 kGy-el kezelt minták élesztőgombaszáma változott a legkevésbé, mely csupán a tárolás utolsó, nyolcadik napjára érte el az  $5,0 \times 10^1$  TKE/g megjelölt határértéket.

Nagyon hasonló eredményt tapasztaltam a **Granny Smith** almafajta élesztőgombaszámát tekintve (10(b). ábra). Valamennyi kezelési dózis csökkentette valamelyest a kísérleti termék élesztőgombaszámát. Az 5 °C-on történő tárolás során a kezeletlen minta élesztőgombaszáma a kezdeti  $2,4 \times 10^2$  TKE/g értékről a tárolás végére elérte a  $1,3 \times 10^4$  TKE/g értéket, azaz majdnem két nagyságrendet nöött. A kezelt minták élesztőgombaszáma a kontroll mintával ellentétben, hasonlóan növekvő tendenciával sem érte el, az előbb említett  $1,3 \times 10^4$  TKE/g értéket, azonban ez esetben az  $5,0 \times 10^1$  TKE/g határértéknek ez az almafajta nem tett eleget.

Az előző almafajtákhoz viszonyítva az **Idared** alma élesztőgombaszáma csökkent a legnagyobb mértékben a kezelések hatására (10(c). ábra). Már a legkisebb (0,5 kGy) dózissal kezelt minta élesztőgombaszáma is több, mint 2 nagyságrendet csökkent a kontroll minták kezdeti  $1,0 \times 10^3$  TKE/g értékéhez képest. A hűtött tárolás során a kezeletlen minta élesztőgombaszáma mindvégig közel állandó volt. A besugárzott minták értékei a legnagyobb dózissal kezelt minta kivételével a tárolás nyolcadik napjáig folyamatosan, de lassan emelkedtek. Mint a legtöbb esetben, a legnagyobb, azaz a 2.0 kGy-es kezelés bizonyult a leghatásosabbnak. Látható, hogy ennél a kezelésnél csak a hatodik nap után volt kimutatási határ felett az érték, így a tárolás utolsó napján is ennek a mintának volt a legkedvezőbb paramétere.

A vizsgálati eredmények azt mutatták, hogy mind a három almafajta (Golden Delicious; Granny Smith; Idared) kezdeti penészgombaszáma  $1,0 \times 10^2$  TKE/g alatt volt (11(a),(b),(c). ábra). Ezeket az ábrákat tekintve, jól szembejön, hogy minden almafajánál az 1,5 és a 2,0 kGy dózisu kezelések a kiindulási penészgombaszámot a kimutatási határ ( $<10$  TKE/g) alá csökkentették és a tárolás utolsó napjáig e határ alatt stagnáltak az értékek. Az alacsonyabb dózissal, azaz a 0,5 és 1,0 kGy-el kezelt tételeken a penészgomba kis számban ugyan, de kimutatható volt, azonban számuk a hűtött tárolás alatt sem változott számottevő mértékben.



◆ 0 kGy    ■ 0,5 kGy    ▲ 1 kGy    × 1,5 kGy    \* 2 kGy

◆ 0 kGy    ■ 0,5 kGy    ▲ 1 kGy    × 1,5 kGy    \* 2 kGy

**11. ábra** A kontroll és a különböző sugárdózisokkal kezelt, 5°C-on tárolt Golden (a) Granny Smith (b) és Idared (c) almakockák penészgombaszámának alakulása

**12. ábra** A kontroll és a különböző sugárdózisokkal kezelt, 5 °C-on tárolt Golden (a) Granny Smith (b) és Idared (c) almakockák összes kóliformszámának alakulás

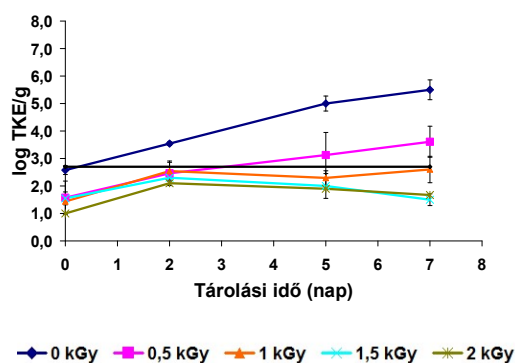
A kísérlet jól tükrözi a kóliform baktériumok sugárérzékenységet, melyet mindhárom almafajta esetében tapasztaltam. A 12(a),(b),(c). ábrákról leolvasható továbbá az is, hogy a kóliformok már a 0,5 kGy-es kezelés hatására inaktíválódtak. Az alacsony kezdeti összes kóliform számot követően a nyolc napon át 5 °C-on történő tárolás során, az összes kontroll minta esetében

különböző mértékű szaporodás figyelhető meg, míg a különböző dózisu kezelést kapott minták összes kóliform száma a tárolás utolsó napjáig a kimutatási határ alatt (<10 TKE/g) volt.

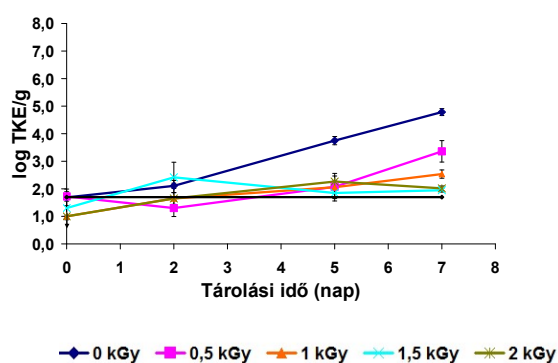
Az összes általam vizsgált alma aerob és anaerob spóraszám nem érte el a kimutatható szintet, sem a kontroll sem a besugárzott minták esetében és számuk a nyolc napos hűtött tárolás során is 10 TKE/g alatt volt.

A mikrobiológiai vizsgálatok során meghatározásra került mindhárom almafajta esetében a *Staphylococcus aureus* szám, a *Salmonella* spp. valamint a *Listeria monocytogenes* baktériumok jelenlétének kimutatása is. E baktériumok nem voltak kimutathatóak a nyolc napos 5 °C-os tárolás során, sem a kontroll sem a különböző kezelést kapott alma minták 25 g-jában.

A gyümölcsök között a **narancs** mikrobiológiai vizsgálatára is sor került (13-14. ábra). A friss, kezeletlen narancs (kezdeti pH  $3,48 \pm 0,3$ ) mezofil aerob és fakultatív anaerob mikrobaszáma kezdetben  $2,5 \times 10^2$  TKE/g volt, mely érték a 7 napos 5 °C hőmérsékleten történő tárolás alatt növekedett, míg a tárolás végére elérte a  $4,5 \times 10^5$  TKE/g-ot (13. ábra). A különböző sugárkezelések hatására a narancs mikrobiológiai állapota javult a kontrollhoz képest, a mikrobaszám 1,0 kGy sugárdózis hatására 1 nagyságrendnyi csökkenést mutatott. A sugárkezelt minták mikrobaszámában is lassú szaporodás figyelhető meg a tárolás során, azonban a folyamatos növekedés ellenére sem érte el a kontrollnál megfigyelt  $4,5 \times 10^5$  TKE/g értéket a hetedik napon történt értékelés alapján. A szakértők által meghatározott  $5,0 \times 10^2$  TKE/g határértéknek a gyümölcs azonban nem tett eleget.



**13. ábra** A különböző sugárdózisokkal kezelt, 5 °C-on tárolt narancskockák összes élő sejt számának alakulása



**14. ábra** A különböző sugárdózisokkal kezelt, 5 °C-on tárolt narancskockák élesztőgombaszámának alakulása

A kontroll narancs induló élesztőgombaszáma csupán  $1,7 \times 10^1$  TKE/g volt, így a különböző sugárkezelés hatására bekövetkezett csökkenés mértéke sem volt nagy mértékű. A kezelt narancs minták élesztőgombaszáma a hűtött tárolás során szignifikánsan csupán a tárolás 5. napjától változott és az értékek mindvégig a szakértők által felállított határérték körül mozogtak. A kontroll minta értékei pedig folyamatos növekedést mutattak (14. ábra).

A penészgombák kis számban voltak jelen a feldolgozott narancs kockákon, melyet valamennyi kezelés a kimutatási határ ( $<10$  TKE/g) alá csökkentett és később sem volt számolható.

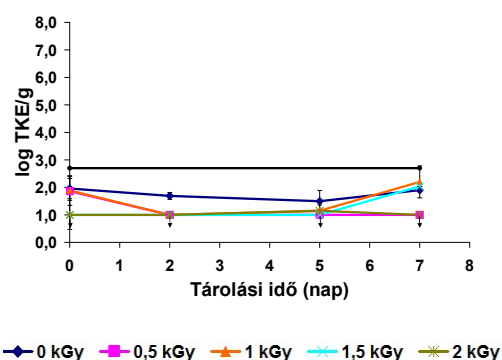
A kólifformszám, az aerob,- és az anaerob spóraszám valamint a *Staphylococcus aureus* szám kezdetben is és végig a tárolás során a kimutatható érték ( $<10$  TKE/g) alatt maradt az összes vizsgált kontroll és kezelt mintában.

*Salmonella* spp., és *Listeria monocytogenes* nem volt kimutatható 25g-ban a narancs esetében sem.

Az általam vizsgált gyümölcsök között a **banán** bizonyult mikrobiológiailag a legkevésbé szennyezettnek (15. ábra). A kezeletlen banán (pH  $4,73 \pm 0,1$ ) mezofil aerob és fakultatív anaerob mikrobaszáma kezdetben  $1,6 \times 10^2$  TKE/g volt. Tekintettel arra, hogy szeletelt gyümölcsökről van szó, a mikrobás szennyezettség forrása csak kis részben maga a gyümölcs, a feldolgozási környezet, a hámozás, szeletelés körülményei is közrejátszanak. A banán mikrobaszáma a 2,0 kGy-es kezelést követően a kimutatható szint ( $<10$  TKE/g) alá csökkent, mely nem változott a hét napos hűtött tárolás során sem. Az alkalmazott kisebb, azaz 0,5; 1,0 és 1,5 kGy dózisoknál csupán csökkenteni lehetett, de maradéktalanul inaktiválni a mikrobákat nem.

Az élesztő,- és penészgombaszám ( $<10$  TKE/g), a kólifformszám ( $<10$  TKE/g), az és anaerob spóraszám ( $<10$  TKE/g) valamint a *Staphylococcus aureus* szám ( $<10$  TKE/g) mind a kontroll mind a besugárzott mintákban mindvégig kimutatási határ alatt volt.

A banán gyümölcsön a *Salmonella* spp., és a *Listeria monocytogenes* nem volt kimutatható 25g-ban.



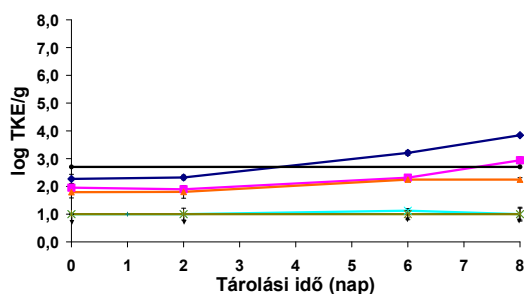
**15. ábra** A különböző sugárdózisokkal kezelt, 5 °C-on tárolt banán szeletek összes élő sejtszámának alakulása

A **gyümölcsök vizsgálatakor kapott eredmények** azt mutatták, hogy a vizsgált különböző almafajták mikrobiológiai szennyezettsége eltérő volt, továbbá a gyümölcsökön jelen lévő mikroorganizmusok is eltérően viselkedtek a tartósító kezelésre. A gyümölcsszeletek mikrobás szennyezettsége eredhet a feldolgozás során a környezetből (mosóvíz/mosás hatékonysága, asztalfelület, kés, kéz). Továbbá a betakarítás és tárolás körülményei is befolyásolhatják a terméken megtapadt mikroorganizmusok típusát és számát. Az alma és a csonthéjas gyümölcsök eredeti felületi mikrobás szennyezettségét az évjárat és a termesztési mód függvényében korábban Pintér Szilvia már vizsgálta. Megállapította, hogy a mikrobás szennyezettséget elsősorban az évjárat és termesztési mód határozta meg, a fajtának gyakorlatilag nem volt hatása (Pintér, 2013). Esetemben kizárható az az ok, hogy a különbségeket a kezelésekre hatásként fellépő pH értékekben bekövetkező változások okozták volna, hiszen azok mindvégig közel azonosak voltak valamennyi almafajta esetében. A tárolási kísérlet során valamennyi mikrobiológiai paraméter eredményeit figyelembe véve megállapítottam, hogy az általam vizsgált három almafajta közül csupán az Idared felelt meg a kutató csoport által felállított mikrobiológiai kritériumoknak a legnagyobb, azaz 2,0 kGy dózist alkalmazva, mellyel a legyengült immunrendszerű betegek számára a termék legfeljebb 6 napig 5 °C-on biztonságosan eltartható. A másik két almafajtnál a legnagyobb problémát a sugárrezisztens élesztőgombák száma okozta, melynél a megfelelő szintre csökkentéshez az általam alkalmazott maximális ( $\leq 2,0$  kGy) dózisu kezelésnél nagyobb dózis lett volna ez esetben szükséges. Megjegyezném, hogy mint azt az előbbieken említettem a termékek "előélete" feltehetően nagyban befolyásolta a vizsgálati eredményeimet, így elképzelhető, hogy másik tétel vizsgálatánál más eredményt kaptam volna.

Annak ellenére, hogy az élesztőgombák kezdetben kis számban voltak jelen a narancs mintákon, viszonylag kis pH értéken, hűtött körülmények között képesek voltak szaporodni a 7 napos tárolás során. Továbbá még a 2,0 kGy dózis sem fejtett ki oly mértékű hatást, hogy számuk az élelmiszerbiztonság szempontjából lényeges 50 TKE/g mikrobiológiai határérték alá csökkenjen, ezáltal nem felelt meg a szakértő tagok által előírt követelményeknek.

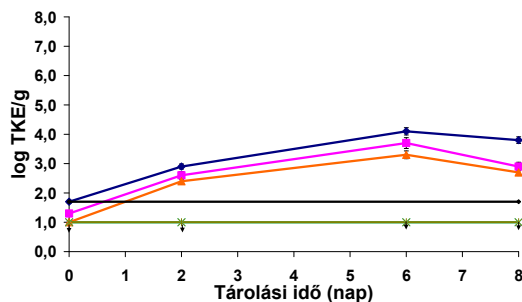
Az általam vizsgált gyümölcsök között a banán volt mikrobiológiailag a legkevésbé szennyezett, melynél már a 0,5 kGy dózis alkalmazása elegendő volt, így a banán 7 napig 5 °C-on biztonsággal tárolható.

A szeletelt **paradicsom** (kezdeti pH  $4,00\pm 0,2$ ) mezofil aerob és fakultatív anaerob mikrobaszámát mutatja a 16. ábra a sugárdózis és a tárolási idő függvényében. Látható, hogy az 1,5 kGy sugárkezelés elegendő volt ahhoz, hogy kimutatási határ ( $<10$  TKE/g) alá kerüljön az amúgy is viszonylag alacsony kezdeti mikrobaszám. A nyolc napos 5 °C-os tárolás végére a kezeletlen szeletelt minta mikrobaszáma majdnem elérte a  $1,0\times 10^4$  TKE/g értéket, míg a 1,5 és 2,0 kGy dózissal kezelt tételek összmikrobaszáma ekkor is  $<10$  TKE/g határérték alatt volt.



◆ 0 kGy ◆ 0,5 kGy ◆ 1 kGy ◆ 1,5 kGy ◆ 2 kGy

**16. ábra** A különböző sugárdózisokkal kezelt, 5 °C-on tárolt paradicsom szeletek összes élő sejttségének alakulása



◆ 0 kGy ◆ 0,5 kGy ◆ 1 kGy ◆ 1,5 kGy ◆ 2 kGy

**17. ábra** A különböző sugárdózisokkal kezelt, 5 °C-on tárolt paradicsom szeletek élesztőgombaszámának alakulása

Mint azt már korábban a gyümölcsöknél is tapasztaltam, a paradicsom mikrobiotájában is az élesztőgombák voltak a meghatározók (17. ábra). A paradicsom esetében is megfigyelhető, hogy a kontroll mintákon és a kisdózisú kezelést (0,5 és 1,0 kGy) kapott tételeken az élesztőgombák képesek voltak túlélni és növekedni is. A legnagyobb hatást a 1,5 valamint a 2,0 kGy-es kezeléssel lehetett ez esetben is elérni, mellyel úgy tűnt maradéktalanul inaktíválni lehetett az élesztőgombákat e terméken.

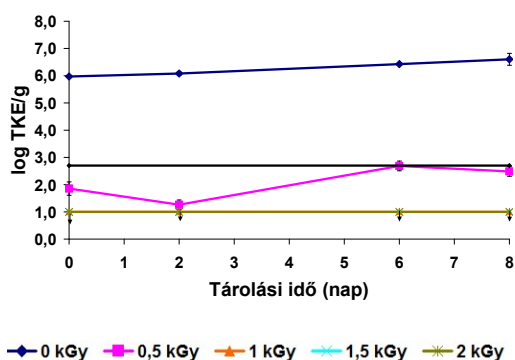
Az aerob és anaerob spórák baktériumok száma kevesebb volt, mint 10 TKE/g mind a besugárzott, mind a kontroll paradicsom mintákon.

Mind kóliform baktériumok, mind penészgombák kis számban voltak jelen a szeletelt, kezelés nélküli paradicsomon, melyet már a 0,5 kGy dózisú kezelés a kimutatható szint alá csökkentett. Ezt követően a 8 napos hűtött tárolás során számottevő változást nem tapasztaltam.

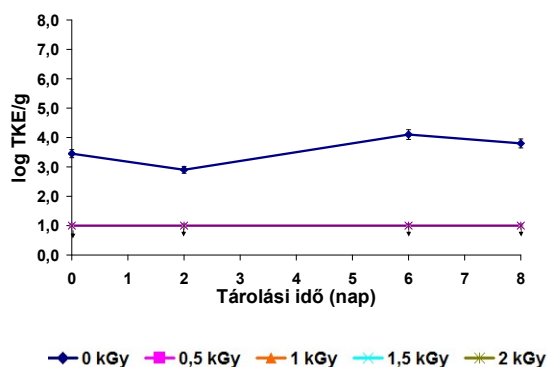


*Salmonella* spp., és *Listeria monocytogenes* jelenléte a feldolgozott paradicsom mintákban nem volt kimutatható 25g-ban.

A szeletelt **sárgarépa** (kezdeti pH  $4,9 \pm 0,3$ ) egyes mikrobiológiai paramétereit a 18-20. ábrákon szemléltetem a tárolási idő és a különböző sugárdózisok függvényében. Már a 0,5 kGy dózisu kezelés több mint 4 nagyságrenddel csökkentette a viszonylag nagy kezdeti mikrobaszámot (18. ábra). A nyolc napig tartó hűtött tárolás során a kontroll minta mikrobaszáma  $10^6$ - $10^7$  TKE/g között maradt, míg a  $\geq 1,0$  kGy-el kezelt minták mikrobaszáma 10 TKE/g alatt stagnált.



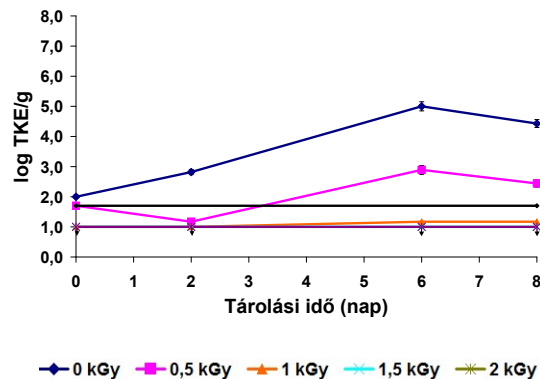
**18. ábra** A különböző sugárdózisokkal kezelt, 5 °C-on tárolt sárgarépa szeletek összes élő sejtszámának alakulása



**19. ábra** A különböző sugárdózisokkal kezelt, 5 °C-on tárolt sárgarépa szeletek összes kóliform számának alakulása

A sárgarépán a kóliformok viszonylag nagy számban voltak jelen, de már a legkisebb (0,5 kGy) dózisu kezelés is lecsökkentette számukat a kimutatási határszint alá (10 TKE/g), melyet a 19. ábra is mutat, továbbá a kezelt mintákon sem volt képes szaporodni a nyolc napos hűtve tárolás során. A sárgarépa esetében tapasztalt nagy kiindulási élősíra és kóliform szám annak tulajdonítható, hogy a sárgarépa a földben nő (a vizsgált egyéb mintáktól eltérően), így a tisztítás és mosás után is nagyobb számban vannak jelen a mikrobák, mint a többi termény esetében.

A szeletelt sárgarépa élesztőgombaszámát tekintve a legkedvezőbb hatást az 1,0 kGy, a 1,5 kGy valamint a 2,0 kGy dózisu kezelésekkal értem el, így a hűtött tárolás során e minták élesztőgombaszáma mindvégig kedvezőnek volt mondható (20. ábra). A 0,5 kGy dózist kapott sárgarépa mintánál azonban szaporodást tapasztaltam, mint ahogy ez a növekedés a kontroll mintánál is megfigyelhető volt. Ez utóbbi esetben a hatodik napon elérte az  $1,7 \times 10^4$  TKE/g-ot a különböző kezelést kapott sárgarépákkal ellentétben, ahol a maximális érték a tárolás során  $2,8 \times 10^2$  TKE/g volt.



**20. ábra** A különböző sugárdózisokkal kezelt, 5 °C-on tárolt sárgarépa szeletek élesztőgombaszámának alakulása

A penészgombák kis számban ( $5,0 \times 10^1$  TKE/g) ugyan, de jelen voltak a szeletelt, kontroll sárgarépan, melyet valamennyi kezelés kimutatási határ (<10 TKE/g) alá csökkentett és később sem volt számolható.

Az aerob és anaerob spórák száma valamint a *Staphylococcus aureus* szám 10 TKE/g alatt volt valamennyi sárgarépa mintán.

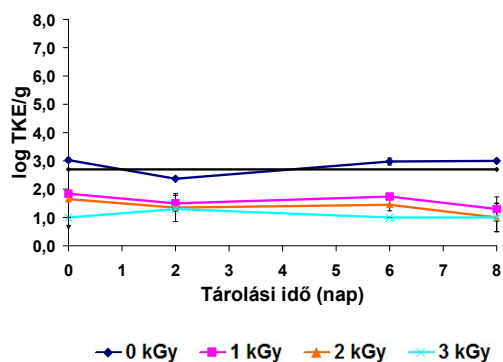
*Salmonella* spp., és *Listeria monocytogenes* e terméken sem volt jelen 25 grammban.

A pH értékek a gyümölcsök és zöldségek esetében nem változtak számottevő mértékben sem a tárolás során, sem a kezelésekre hatására.

Az 5 °C-on 8 napon át tartó tárolási kísérlet alapján megállapítható, hogy a paradicsom esetében a 1,5 kGy dózis, míg a sárgarépanál az 1,0 kGy dózis elegendőnek bizonyult a koordinált kutatási projekt szakértői által javasolt mikrobiológiai kritérium szint eléréséhez. Összességében elmondható, hogy az általam vizsgált zöldségek megfelelő sugárdózisú kezelést követően a legyengült immunrendszerű betegek diétájába bevonhatók.

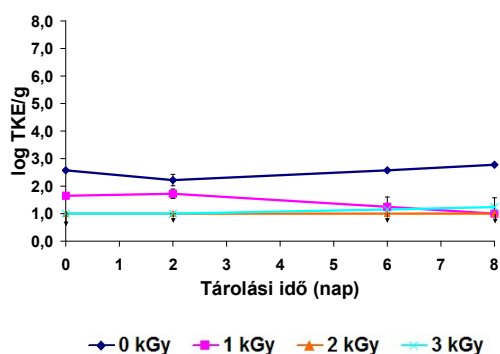
Kisdózisú ( $\leq 3,0$  kGy) a termék fagyasztott állapotában történő beugázás és az 5 °C-os tárolás hatása a **Túró Rudi** tejtermék teljes mezofil aerob és fakultatív anaerob mikrobaszámára a 21. ábrán látható. A gyümölcsöktől és zöldségektől eltérően a tejtermékeknél nagyobb dózisoskat alkalmaztam. Mivel a sugártúrést számos környezeti tényező befolyásolja, így fagyponthoz alatti a mikroorganizmusok rezisztenciája jelentősen nő, ami a víz kifagyásával járó  $a_v$  csökkenésének tulajdonítható (Deák, 2006). Mint a korábbiakban, így Túró Rudinál is megfigyelhetők a

kezelések eltérő hatásai. E termék esetében már a 2,0 kGy dózis több mint egy nagyságrendbeli csökkenést eredményezett a mikrobaszámban. A hűtött tárolás során a vártnak megfelelően nagymértékű változás sem a kontroll sem a kezelt mintáknál nem történt, a kezdeti nagyságrendbeli eltérések mindvégig megmaradtak.

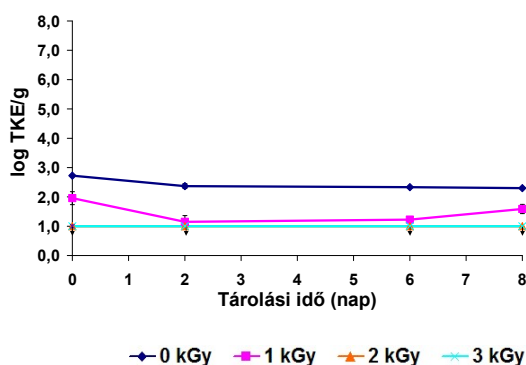


**21. ábra** A különböző sugárdózisokkal kezelt, 5 °C-on tárolt Túró Rudi összes élő sejtszámának alakulása

A korábbiaktól eltérően a Túró Rudi mikrobiótájában nem az élesztőgomba, hanem az aerob-, és anaerob spóra volt a meghatározó. A Túró Rudi aerob,- és anaerob spóraszámánál a 2,5 kGy valamint a 3,0 kGy dózisok bizonyultak a leghatásosabbnak (22-23. ábra). A 8 napos hűtött tárolás során egyik vizsgált mikrobiológiai paraméternél sem véltem nagymértékű változást.



**22. ábra** A különböző sugárdózisokkal kezelt, 5 °C-on tárolt Túró Rudi aerob spóraszámának alakulása



**23. ábra** A különböző sugárdózisokkal kezelt, 5 °C-on tárolt Túró Rudi anaerob spóraszámának alakulása

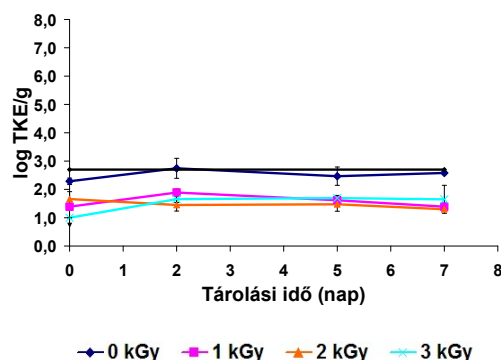
Élesztő- és penészgombák, kóliformok és tejsavbaktériumok kis számban voltak jelen a Túró Rudi terméken, melyeket valamennyi kezelés inaktivált és a tárolás során sem tapasztaltam ettől eltérő változást.

*Staphylococcus aureus* szám valamennyi mintában kimutatási határ (<10 TKE/g) alatt volt.

*Salmonella* spp., és *Listeria monocytogenes* ez esetben sem volt kimutatható a Túró Rudi 25 grammjában.

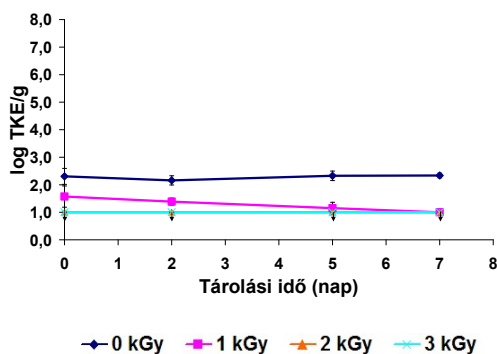
A **túrókrém** (kezdeti pH  $4,90 \pm 0,1$ ) mezofil aerob és fakultatív anaerob mikrobaszámát a 2,0 kGy dózis közel egy logaritmikus egységgel csökkentette (24. ábra).

A tárolás során nagymértékű változás nem történt, a kontroll és a kezelt minták közötti közel egy nagyságrendnyi különbség mindvégig megmaradt. Míg a kontroll értékek  $1,0 \times 10^2$  TKE/g körül, addig a besugárzott értékek 10 TKE/g, azaz még az éppen kimutatható érték környékén mozogtak a tárolás végéig.

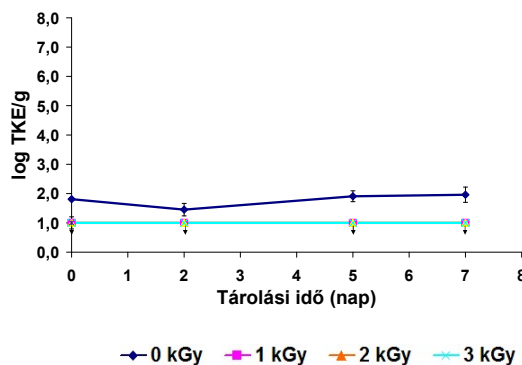


**24. ábra** A különböző sugárdózisokkal kezelt, 5 °C-on tárolt túrókrém összes élő sejtszámának alakulása

A Túró Rudihoz hasonlóan a túrókrém aerob-, és anaerob spóráinak számát a  $\geq 2,5$  kGy alkalmazása számlálható szint alá csökkentette (25-26. ábra). Számottevő változást egyik vizsgált paraméternél sem tapasztaltam a hűtött tárolás során a kontroll és a különböző kezelést kapott túró desszert tekintetében.



**25. ábra** A különböző sugárdózisokkal kezelt, 5 °C-on tárolt túrókrém aerob spóraszámának alakulása



**26. ábra** A különböző sugárdózisokkal kezelt, 5 °C-on tárolt túrókrém anaerob spóraszámának alakulása

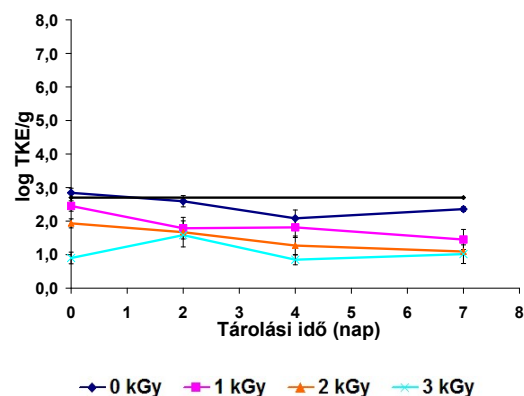
Élesztő- és penészgombák, kólifformok és tejsavbaktériumok elenyésző számban voltak jelen a túrókrémekben, melyet már a legkisebb dózisu kezelés, azaz a 2,0 kGy kimutatható szint alá csökkentett.

*Staphylococcus aureus* mind a kontroll, mind a kezelt mintákban <10 TKE/g alatt volt.

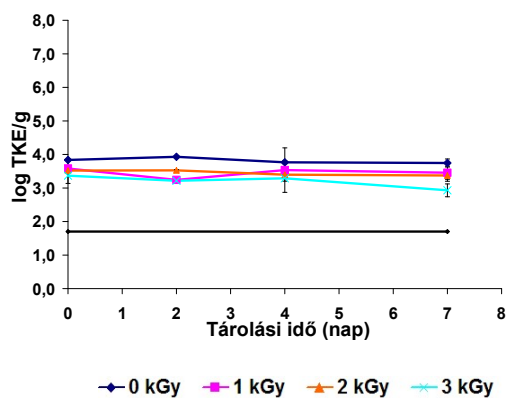
E tejtermékben *Salmonella* spp., és a *Listeria monocytogenes* nem voltak kimutathatók 25 grammban.

A **fagyasztott meggyepüré** kezdeti pH értéke  $3,4 \pm 0,25$ , kiinduló összes mezofil aerob és fakultatív anaerob mikrobaszáma  $9,0 \times 10^2$  TKE/g volt, melyen a különböző dózisú kezelések hatása jól megmutatkozott (27. ábra). Az ionizáló sugárkezelés hatásaként 1,0 kGy; 2,0 kGy; 3,0 kGy esetén 0,39; 0,90, valamint 1,94 nagyságrendnyi csökkenést tapasztaltam a kontrollhoz képest. A hét napon át tartó -18 °C-os fagyasztva tárolás során a vártnak megfelelően számottevő változást nem tapasztaltam.

A meggyepüré termékspecifikus mikrobiotájában az irodalmi adatokkal összhangban az élesztőgombák voltak meghatározók. A kontroll, fagyasztott meggyepürében a vizsgált paraméterek közül az élesztőgombaszám volt a legmagasabb, közel  $1,0 \times 10^4$  TKE/g (28. ábra). Ennek magyarázata egyrészt az lehet, hogy a mezofil aerob és fakultatív anaerob mikrobaszám meghatározásakor az egyéb kísérő mikrobák elnyomhatták az élesztőgombákat, azonban szelektív táptalajon az élesztőgombáknak ez már nem okozott gondot. Másrészt az élesztőgombaszám klasszikus módon történő meghatározásához több napra (4-5 nap) van szükség, így elképzelhető, hogy a mikrobaszám meghatározásához szükséges inkubációs idő (48 óra), illetve a táptalaj "kimerülése" nem kedvezett az élesztőgombák fejlődésének.



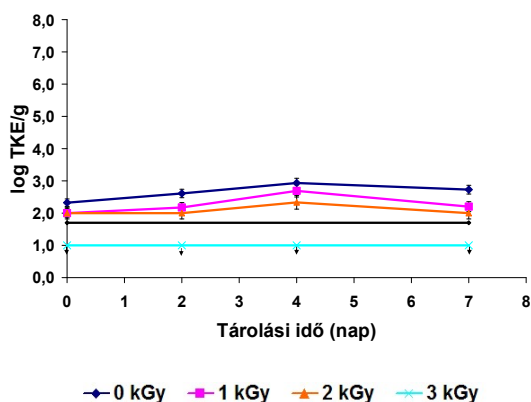
27. ábra A különböző sugárdózisokkal kezelt, -18 °C-on tárolt fagyasztott meggyepüré összes élő sejtszámának alakulása



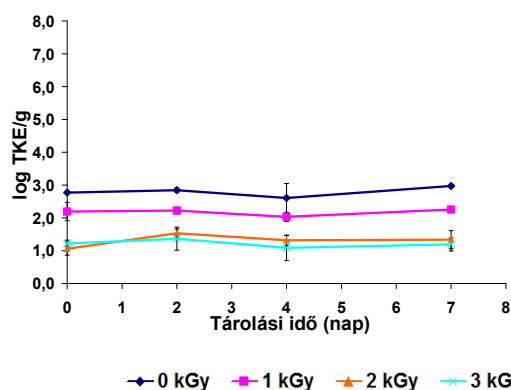
28. ábra A különböző sugárdózisokkal kezelt, -18 °C-on tárolt fagyasztott meggyepüré élesztőgombaszámának alakulása

A fagyasztott meggyepüré élesztőgombaszáma a különböző dózisú kezelések hatására számottevő mértékben nem változott a kontrollhoz viszonyítva. Megfigyelhető ez esetben is az élesztőgombák nagy rezisztenciája a sugárkezeléssel szemben, mivel a legnagyobb, 3,0 kGy dózis még egy nagyságrendnyi csökkenést sem váltott ki az élesztőgombaszámban (28. ábra).

A 29. ábrán látható, hogy a fagyasztott meggyepürében a penészgombák az élesztőgombák számához viszonyítva jóval kisebb számban voltak jelen. Ez esetben is az 1,0 kGy és a 2,0 kGy dózisú sugárkezelés egyaránt kisebb mértékű pusztulást okozott, mint az alkalmazott 3,0 kGy dózis, melynél kimutatási határérték alá csökkent a penészgombaszám és mindvégig e határ alatt maradt a fagyasztva tárolás során is. E paraméter tekintetében a kontroll és az alacsonyabb dózisú kezeléseknél a hét nap alatt nem figyelhető meg számottevő változás a kezdeti értékekhez képest.



**29. ábra** A különböző sugárdózisokkal kezelt, -18 °C-on tárolt fagyasztott meggyepüré penészgombaszámának alakulása



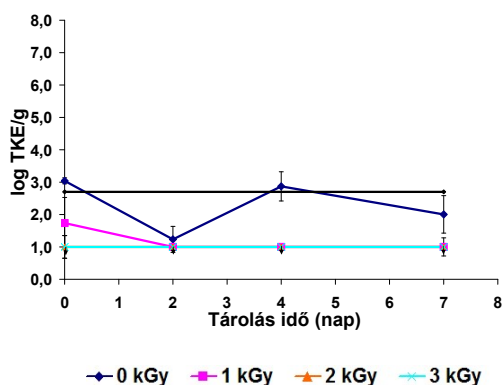
**30. ábra** A különböző sugárdózisokkal kezelt, -18 °C-on tárolt fagyasztott meggyepüré tejsavbaktérium számának alakulása

A 30. ábrán látható, hogy a kontroll fagyasztott meggyepüré minta tejsavbaktérium száma kezdetben  $9,0 \times 10^2$  TKE/g volt. Az ábrából a dózisok hatásai közötti különbségek is jól kivehetőek. A kezelés pusztító hatásaként 1,0 kGy; 2,0 kGy; 3,0 kGy esetén 0,58; 1,71 valamint 1,56 nagyságrendnyi csökkenést érhettem el a kontrollhoz képest a tejsavbaktériumok számában. A fagyasztott tárolás során sem a kontroll sem a kezelt minták értékeiben szignifikáns mértékű változást nem tapasztaltam.

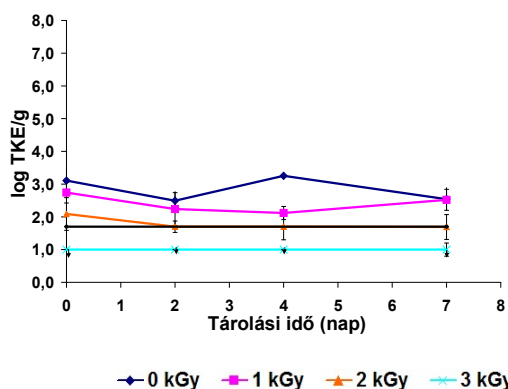
A kóliform-, az aerob és anaerob spóra szám, a *Staphylococcus aureus* szám kimutatási határ alatt volt a fagyasztott kontroll és kezelt meggyepürékben egyaránt.

*Salmonella* spp., valamint *Listeria monocytogenes* sem volt kimutatható 25g-ban.

A **fagyasztott málnapüré** mezofil aerob és fakultatív anaerob mikrobaszámának alakulását az alkalmazott különböző sugárdózisok függvényében a 31. ábrán mutatom be. Ezen az ábrán látható, hogy a kontroll minta mikrobaszámában kiugró értékeket is kaptam, amely a minta inhomogenitásának következményeként magyarázható és melyet a nagy szórás értékek is mutatnak.



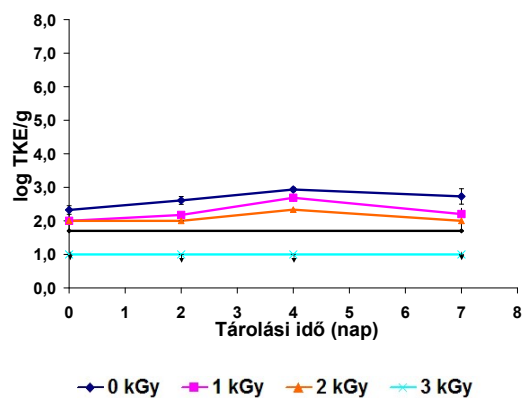
**31. ábra** A különböző sugárdózisokkal kezelt, -18 °C-on tárolt fagyasztott málnapüré összes élő sejszámának alakulása



**32. ábra** A különböző sugárdózisokkal kezelt, -18 °C-on tárolt fagyasztott málnapüré élesztőgombaszámának alakulása

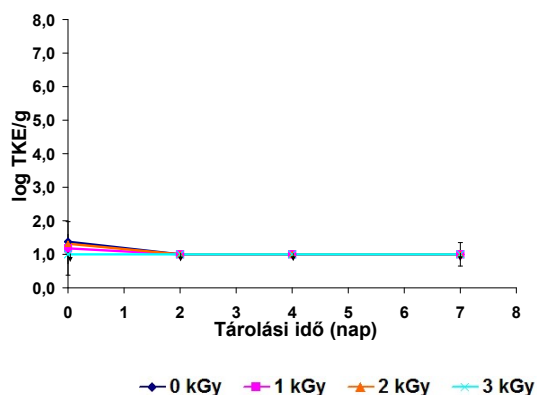
A 32. ábra mutatja, hogy a fagyasztott málnapüré élesztőgombaszáma az alkalmazott különböző dózisok mértékétől függően eltérően csökkent, mely csökkenés a dózis intenzitásával volt arányos. A málnapüré induló élesztőgombaszáma  $1,3 \times 10^3$  TKE/g volt, melyre az 1,0 kGy-es kezelés kismértékű hatással volt. A 2,0 kGy dózis 1 nagyságrendnyi pusztulást eredményezett, míg a 3,0 kGy kimutatható szint alá csökkentette az élesztőgombaszámot. A hét napos -18 °C-on tárolt kontroll és kezelt mintáknál számottevő változás nem következett be.

A kontroll fagyasztott málnapüré penészgombaszáma kezdetben  $1,2 \times 10^2$  TKE/g volt (33. ábra). A 3,0 kGy dózissal ez az érték kimutatási határ alá került, továbbá a fagyasztásnak köszönhetően nem változott -18 °C-on 7 napon keresztül. A 3,0 kGy-nél kisebb dózisú kezelésekkel a kontroll értékhez képest nem értem el nagy mértékű csökkenést.



**33. ábra** A különböző sugárdózisokkal kezelt, -18 °C-on tárolt fagyasztott málnapüré penészgombaszámának alakulása

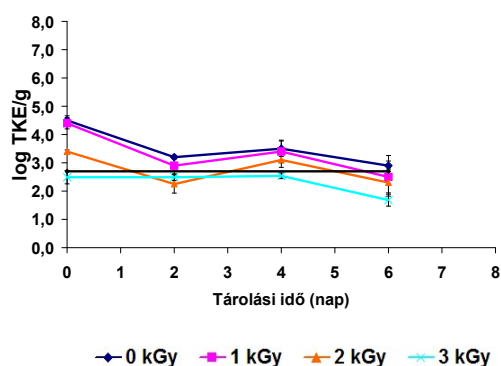
A málnapüré tejsavbaktérium számát mutatja a 34. ábra, melyen látható, hogy kezdetben ugyan nem számottevő mennyiségben ( $2,2 \times 10^1$  TKE/g), de jelen volt a tejsavbaktérium, majd a tárolás második napjától nem volt kimutatható egyik mintában sem. Feltehetően a fagyasztott tárolás nem kedvezett a tejsavbaktériumoknak. Azon mintáknál ahol 3,0 kGy dózist alkalmaztam, a tejsavbaktérium kezdetben sem volt kimutatható 1 g mintában.



**34. ábra** A különböző sugárdózisokkal kezelt,  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on tárolt fagyasztott málnapüré tejsavbaktérium számának alakulása

A kóliform szám, az aerob és anaerob spóraszám mind a fagyasztott kontroll mind a fagyasztott besugárzott mintákban  $10$  TKE/g alatt maradt a  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os tárolás során is. Továbbá a minták nem tartalmaztak patogén baktériumokat sem.

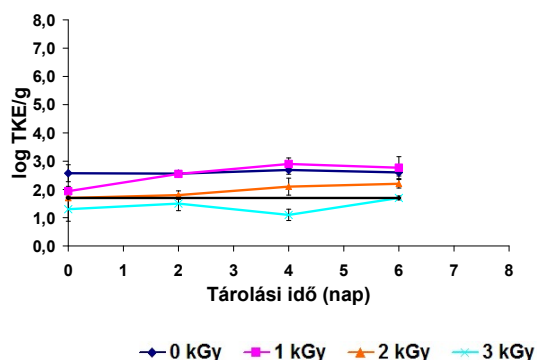
A kezelés nélküli **fagyasztott gesztenyepüré** kezdeti mikrobaszáma  $3,6 \times 10^4$  TKE/g volt, azonban a  $3,0$  kGy dózisú kezelés a kezdeti mikrobaszámot közel két nagyságrenddel csökkentette (35. ábra). A  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os, 6 napos tárolás végére a kontroll és a kezelt gesztenyepüré mikrobaszáma sem változott számottevően.



**35. ábra** A különböző sugárdózisokkal kezelt,  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on tárolt fagyasztott gesztenyepüré összes élő sejtszámának alakulása

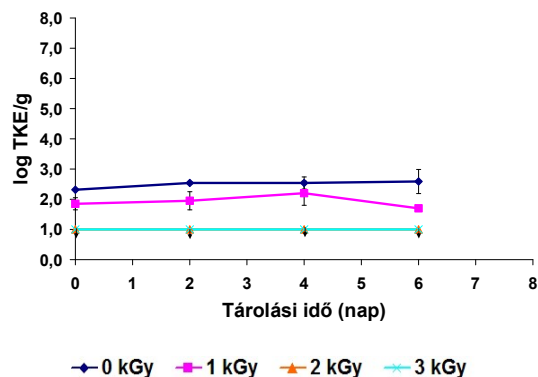


A kontroll, fagyasztott gesztenyepüré élesztőgombaszáma  $1,0 \times 10^3$  TKE/g érték alatt volt és a különböző dózisok révén a kontrollnál mikrobiológiailag kedvezőbb terméket tudunk elérni. Kezdetben a 2,0 kGy dózissal körülbelül egy logaritmus egységet csökkent a gesztenyepüré élesztőgombaszáma a kezeltlen mintákhoz képest, mely így  $1,0 \times 10^2$  TKE/g érték körül mozgott a fagyasztott tárolás során. A 3,0 kGy dózissal pedig sikerült lecsökkenteni az élesztőgombaszámot 50 TKE/g alá (36. ábra).



**36. ábra** A különböző sugárdózisokkal kezelt,  $-18\text{ °C}$ -on tárolt fagyasztott gesztenyepüré élesztőgombaszámának alakulása

A fagyasztott gesztenyepüré kontroll mintáiban viszonylag nagy számban voltak jelen a kóliform baktériumok ( $\sim 2,6$  log TKE/g), melyet a 37. ábra is mutat. Ez arra enged következtetni, hogy a gesztenyepüré gyártása során feltehetően az üzemben nem tartották be a megfelelő higiéniai követelményeket, és a gyártás során keresztzennyezés történhetett. A  $\geq 2,0$  kGy dózisú kezeléssel azonban a kimutatási határ alá került a kóliformok száma, így továbbra is megerősíthető az a megállapítás, hogy a kóliform baktériumok sugárérzékenyek.



**37. ábra** A különböző sugárdózisokkal kezelt,  $-18\text{ °C}$ -on tárolt fagyasztott gesztenyepüré kóliform számának alakulása

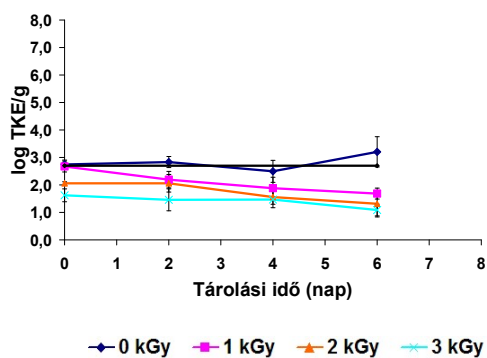
A gesztenyepüré penészgombaszáma nem volt jelentős mértékű, melyet már az általunk alkalmazott legkisebb dózis is kimutatási határ alá csökkentett és a tárolás ideje alatt  $-18\text{ °C}$ -on sem volt kimutatható.

A *Staphylococcus aureus*, az aerob- és anaerob spóraszámról megállapítottam, hogy számuk kezdetben és a tárolás során is a besugárzott és a kontroll mintákban egyaránt 10 TKE/g alatt volt.

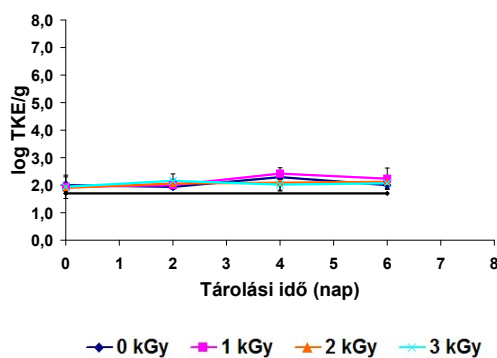
*Salmonella* spp. és *Listeria monocytogenes* nem voltak jelen a gesztenyepüré 25 grammjában.

A **piskótatészta** mikrobiológiai vizsgálatai a mezofil aerob és fakultatív anaerob mikrobák, a kóliformok, az aerob és anaerob spórák baktériumok, a penész- és élesztőgombák valamint a *Staphylococcus aureus* legvalószínűbb számának meghatározását ölelték fel.

A 38. ábráról leolvasható, hogy a kezeltlen piskóta mezofil aerob és fakultatív anaerob mikrobaszáma kezdetben  $6,8 \times 10^2$  TKE/g volt. Az 1,0 kGy dózis az induló mikrobaszámra nem volt jelentős hatással. A számunkra legmegfelelőbb hatás a 3,0 kGy dózisu kezeléssel valósult meg, mellyel így a mikrobaszám 50 TKE/g értékre esett vissza.



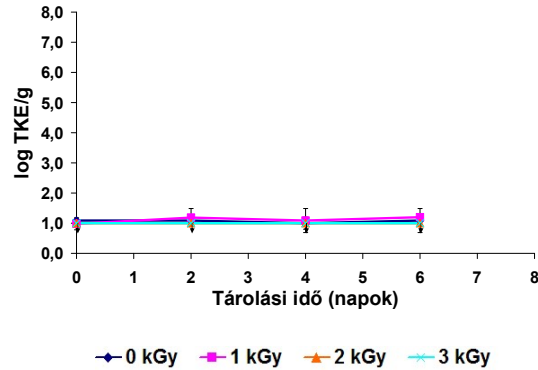
**38. ábra** A különböző sugárdózisokkal kezelt, -18 °C-on tárolt piskótatészta összes élő sejszámának alakulása



**39. ábra** A különböző sugárdózisokkal kezelt, -18 °C-on tárolt piskótatészta élesztőgombaszámának alakulása

A kontroll piskótatészta az élesztőgomba kis számban volt jelen, így a különböző dózisok hatásai között sem volt jelentős különbség, továbbá a tárolás során sem következett be változás a kontroll és kezelt minták élesztőgombaszámában (39. ábra).

A fagyasztott kezeltlen piskóta mintákban az aerob spórák is kimutathatók voltak (40. ábra), azonban a 2,0 kGy-es dózissal már a kimutatási határérték alá csökkent a számuk, ezáltal a kezelés mellett az aerob spóraszám szempontjából is biztonságosnak mondható a piskótatészta. Az anaerob spórák száma a kimutatási határ alatt maradt a kontroll és kezelt mintáknál egyaránt a tárolás során.



**40. ábra** A különböző sugárdózisokkal kezelt, -18 °C-on tárolt piskótatészta aerob spóraszámának alakulása

A fagyasztott piskótatészta a penészgombák nem jelentős mennyiségben, de jelen voltak, azonban számukat a 3,0 kGy a kimutatási határ csökkentette és a tárolás ideje alatt -18 °C -on sem történt változás.

Kóliformok és *Staphylococcus aureus* baktérium nem voltak kimutatható számban sem a kontroll sem a kezelt mintákban.

*Salmonella* spp., valamint *Listeria monocytogenes* sem volt kimutatható 25g-ban.

Az élesztő- és penészgombák a kísérletekben a baktériumoknál nagyobb sugárrezisztenciát mutattak. Ezért a besugárzott (1, 2 és 3 kGy) túró és fagyasztott málna mintákból gombákat izoláltunk, az izolátumokat molekuláris biológiai módszerekkel azonosítottuk. Az élesztőgombák között *Candida inconspicua*, *Candida lusitanae* és *Trichosporon* sp. opportunistá patogén fajokat azonosítottunk. Ezen élesztőfajok közül a *Candida inconspicua* az egyik leggyakrabban izolált klinikai jelentőségű faj, melyet csak a kontroll mintákból azonosítottunk, a besugárzott mintákból nem (Pomázi et al., 2015). Ezek az előzetes vizsgálatok is felhívják a figyelmet az ilyen típusú termékek élelmiszerbiztonsági kockázatára immunszupresszált fogyasztók esetén.

**Összegezve a desszerteken végzett vizsgálataim eredményeit elmondható,** hogy a túró desszertek (Túró Rudi, túrókrém) mikrobiotájában a mezofil aerob-, és anaerob spóraszám volt a meghatározó és számuk a 2,5 kGy-es dózissal biztonságos szintre volt csökkenthető. Ezzel a dózis értékkel a túródesszertek valamennyi mikrobiológiai paramétere elfogadható értékre csökkent, legalább 8 napig tartó hűtött tárolással ez a kedvező állapot mindvégig megőrizhető.

A tárolási kísérlet során megállapítottam, hogy a fagyasztott meggyepüré mezofil aerob és fakultatív anaerob-, penészgomba-, és tejsavbaktériumszámának megfelelő szintű csökkentéséhez a 3,0 kGy dózis alkalmazása elegendőnek bizonyult. Azonban az élesztőgombák megfelelő mértékű csökkentéséhez ez esetben 3,0 kGy-nél magasabb dózis alkalmazása lett volna szükséges. Ez arra enged következtetni, hogy a meggyepürében olyan élesztőgombák voltak jelen, melyek rendkívül sugárrezisztensek. További következtetések levonásához a már megkezdett élesztőgombák azonosítására irányuló molekuláris vizsgálatok folytatására lenne szükség. Az eredmények alapján a meggyepüré nem felelt meg az előírt mikrobiológiai követelményeknek, ezért ezt a vizsgált tételt az immunhiányos betegek étrendjébe nem javaslom bevonni.

Ezzel szemben a fagyasztott málnapürénél a 3,0 kGy dózis alkalmazása elegendő volt a megfelelően alacsony mikrobaszám biztosításához. E termékénél is a mikrobióta domináns alkotói az élesztőgombák voltak, azonban nem mutattak olyan mérvű ellenállást a besugárással szemben, mint a meggyepüré esetében.

A fagyasztott gesztenye massza kezdeti mezofil aerob és fakultatív anaerob mikrobaszáma nagy volt, azonban a 3,0 kGy dózissal kezeléssel számuk alacsony szintre csökkent. Továbbá e dózis mellett az élesztőgombák és kóliformok száma is a projekt szakértő tagjai által javasolt szintre csökkent.

A piskótatészta már kezdetben is kis mikrobaszámú volt, ezáltal a mikrobiológiai paramétereket tekintve, figyelembe véve a projektben résztvevő szakértő tagok által javasolt, az immunszupresszált betegek étkeztetésére vonatkozó mikrobiológiai határértékeket, a piskótatészta javasolt e speciális étrend bevonásába.

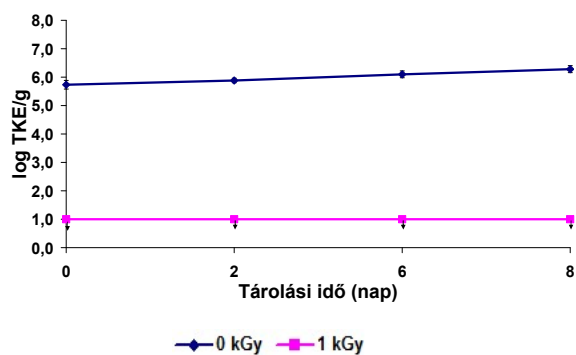
Az élelmiszerek teljes sterilitását az általunk használt kis dózissal nem tudtuk kivitelezni, azonban e kutatómunkának a célja elsősorban a kis mikrobaszám elérése volt, így csak azon betegek számára ajánlom e termékek fogyasztását, ahol az étrendben nem csak a teljes, úgynevezett "null tolerancia" a megengedett.

## 4.2. Challenge tesztek eredményei

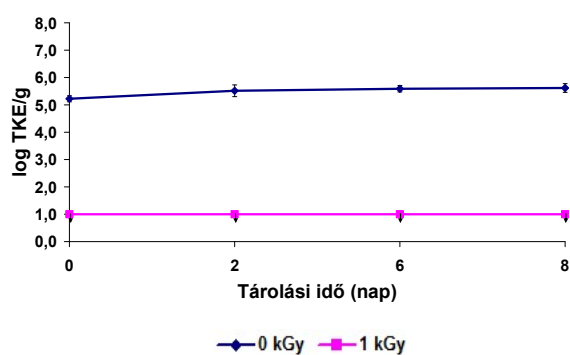
Kísérleteimet **Golden és Idared almafajták** vizsgálataival folytattam tovább. A gyümölcsök kiválasztásánál figyelembe vettem, hogy a sugárkezelésen átesett almafajták közül az Idared almafajta bizonyult mikrobiológiai szempontból a legmegfelelőbbnek, emellett az összehasonlíthatóság miatt a Goldent választottam, mely ugyanezen szempontokat figyelembe véve közel állt az Idared almához.

A Golden és az Idared alma fajták esetében alkalmazott oltószuszpenzió *L. monocytogenes* ScottA sejt száma  $1,2 \times 10^6$  TKE/ml, míg a *L. innocua* sejt száma  $7,6 \times 10^5$  TKE/ml volt, melyet TGE agarral történő lemezöntéses módszert követően telepszámlálással ellenőriztem vissza. Valamennyi ábrán (41-56 ábra) jól látható, hogy a beoltás minden esetben sikeres volt.

A **Golden alma** (pH  $3,70 \pm 0,2$ ) kockákra megapadt *L. monocytogenes* sejt szám  $6,8 \times 10^5$  TKE/g (41. ábra), az *L. innocua* sejt szám  $1,3 \times 10^5$  TKE/g (42. ábra) volt. Az alkalmazott 1,0 kGy dózisú kezelés a beoltott Golden alma minták *L. monocytogenes* és *L. innocua* sejt számát a kimutatási határ alá csökkentette. A tárolási kísérlet során 5 °C-on, a kontroll mintákon egyik teszt mikroba száma sem változott számottevően a kiindulási értékekhez képest. Ugyanígy a kezelt almaminták *Listeria*-száma a nyolc napos tárolás végéig a kimutatási határ (<10 TKE/g) alatt stagnált.



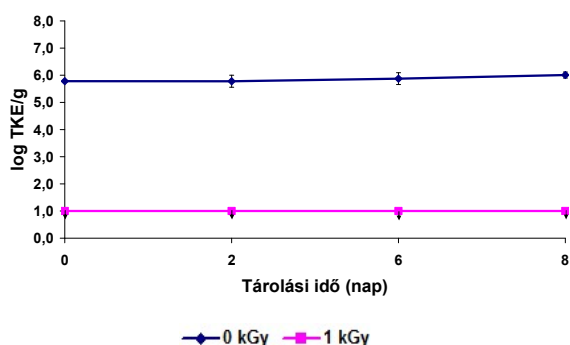
**41. ábra** Az ionizáló sugárkezelés hatása az 5 °C-on tárolt Golden alma kockákon vizsgált *L. monocytogenes* baktériumra



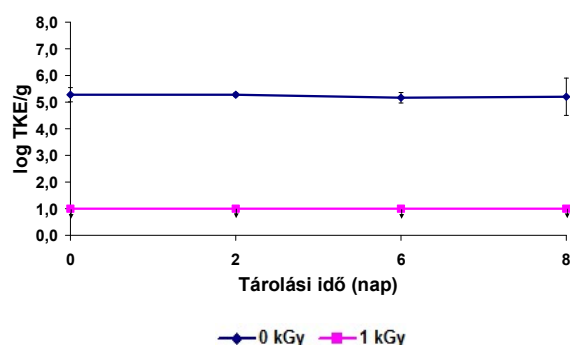
**42. ábra** Az ionizáló sugárkezelés hatása az 5 °C-on tárolt Golden alma kockákon vizsgált *L. innocua* baktériumra

A Golden almához hasonlóan az **Idared almán** (pH  $3,80 \pm 0,3$ ) a beoltást követően a termék felületén megapadt *L. monocytogenes*  $1,3 \times 10^6$  TKE/g (43. ábra), még az *L. innocua* szám  $4,2 \times 10^5$  TKE/g (44. ábra) volt. Az alkalmazott 1,0 kGy dózis több nagyságrendű csökkenést eredményezett, így a kezelt Idared almaminták esetében számolható telepek nem nőttek ki a szelektív táptalajon, akárcsak a Golden alma esetében. A 8 napon át tartó hűtött tárolás során a

kontroll Idared almán a *L. monocytogenes* és a *L. innocua* is képes volt túlélni, de nem szaporodott.

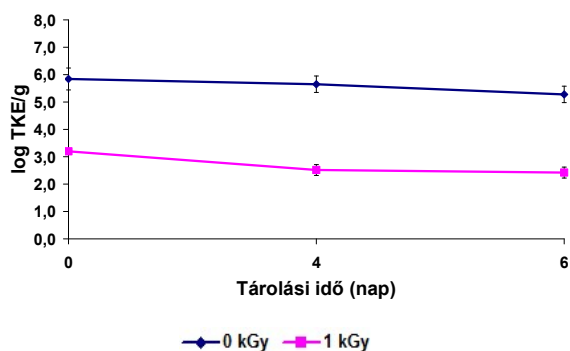


**43. ábra** Az ionizáló sugárkezelés hatása az 5 °C-on tárolt Idared alma kockákon vizsgált *L. monocytogenes* baktériumra

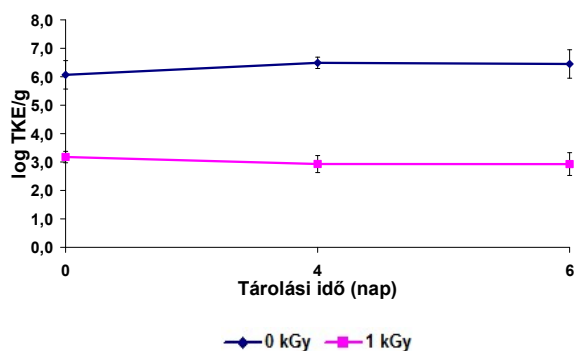


**44. ábra** Az ionizáló sugárkezelés hatása az 5 °C-on tárolt Idared alma kockákon vizsgált *L. innocua* baktériumra

A **narancs** esetében alkalmazott oltószuszpenzió *L. monocytogenes* ScottA sejt száma  $8,2 \times 10^6$  TKE/ml, míg a *L. innocua* sejt száma  $4,4 \times 10^6$  TKE/ml volt. A *L. monocytogenes* ScottA és *L. innocua* fajok túlélését a sugárkezelés hatására a narancs gyümölcs esetében a 45-46. ábrák mutatják a tárolási idő függvényében. Kezdetben a kontroll narancs mintákon (pH  $3,5 \pm 0,2$ ) a *L. monocytogenes* telepszáma  $1,2 \times 10^6$  TKE/g (45. ábra), míg a *L. innocua* szám  $6,9 \times 10^5$  TKE/g (46. ábra) volt. Az 1,0 kGy dózissal kezelt narancs *Listeria* száma mindkét fajnál megközelítőleg 3 nagyságrendet csökkent. A 8 napos 5 °C-os tárolás során a *L. monocytogenes* és a *L. innocua* sejt szám sem változott a kezelt és a kezeletlen narancs mintákon. Mint az ebben a kísérletben is bebizonyosodott a két különböző *Listeria* faj hasonlóan reagál a narancs savas pH-jú közegére.



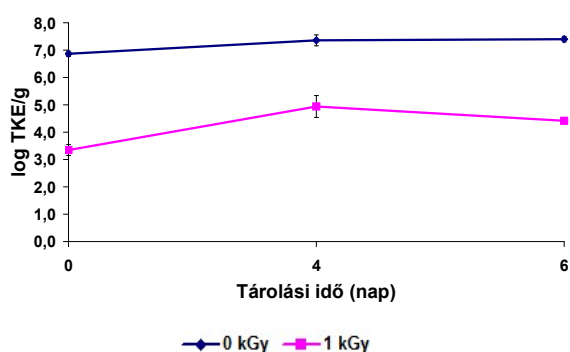
**45. ábra** Az ionizáló sugárkezelés hatása az 5 °C-on tárolt narancs kockákon vizsgált *L. monocytogenes* baktériumra



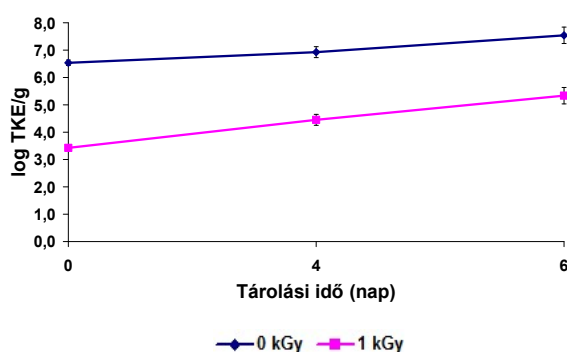
**46. ábra** Az ionizáló sugárkezelés hatása az 5 °C-on tárolt narancs kockákon vizsgált *L. innocua* baktériumra

A **banán** oltószuszpenziójának *L. monocytogenes* ScottA s sejtszáma  $2,9 \times 10^7$  TKE/ml, míg *L. innocua* sejtszáma  $3,8 \times 10^7$  TKE/ml volt.

A banán (pH  $4,7 \pm 0,2$ ) kedvezőnek mondható a *Listeria* szaporodása szempontjából, mint azt a 47-48. ábrák is mutatják. A beoltást követően a kontroll banán mintákon mindkét *Listeria* faj kezdetben közel  $10^7$  nagyságrendben volt jelen. Közvetlenül a besugárzást követő leoltásokból számolt eredmények alapján az előbb említett érték az 1,0 kGy hatására több mint 3 nagyságrendet csökkent mindkét említett *Listeria* faj esetében. Mind a kontroll mind a beoltásra került banán mintákon hűtött térben a *L. monocytogenes* és a *L. innocua* statisztikailag ugyan még nem szignifikáns mértékű, de lassú szaporodása figyelhető meg.



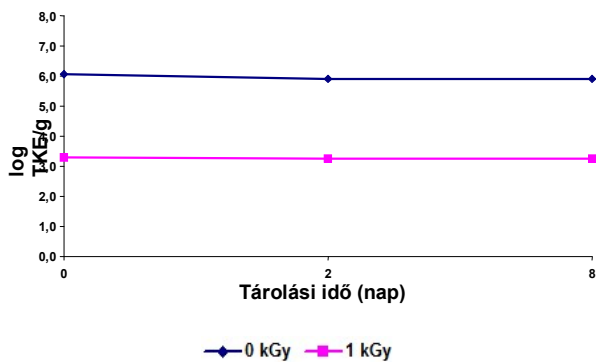
**47. ábra** Az ionizáló sugárkezelés hatása az 5 °C-on tárolt banán szeleteken vizsgált *L. monocytogenes* baktériumra



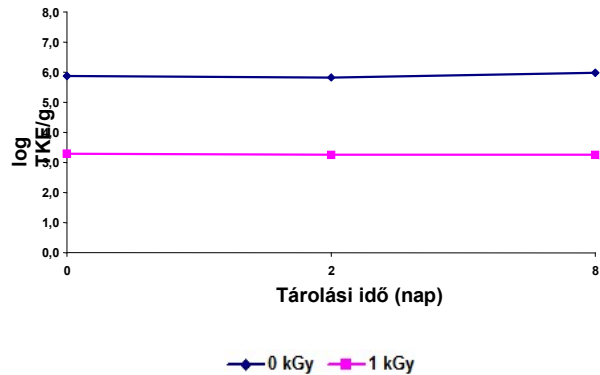
**48. ábra** Az ionizáló sugárkezelés hatása az 5 °C-on tárolt banán szeleteken vizsgált *L. innocua* baktériumra

A **paradicsom** oltószuszpenziójának *L. monocytogenes* ScottA sejtszáma  $1,3 \times 10^7$  TKE/ml, míg *L. innocua* sejtszáma  $8,9 \times 10^6$  TKE/ml volt.

Az előbbiekhöz hasonlóan a beoltott paradicsom (pH  $4,00 \pm 0,2$ ) kiinduló *L. monocytogenes* és *L. innocua* sejtszáma mindkét esetben  $1,0 \times 10^6$  TKE/g érték körül volt, mely egyik *Listeria* fajnál sem változott szignifikánsan a hűtött tárolás alatt (49-50. ábra). A tartósító kezelés hatásaként (1,0 kGy) 3 nagyságrendbeli csökkenés figyelhető meg mindkét teszt mikrobánál a kontrollhoz képest, mely különbség a kezelt és kezeletlen tételek között a 8 nap alatt az 5 °C-os közegben mindvégig megmaradt.



**49. ábra** Az ionizáló sugárkezelés hatása az 5 °C-on tárolt paradicsom kockákon vizsgált *L. monocytogenes* baktériumra



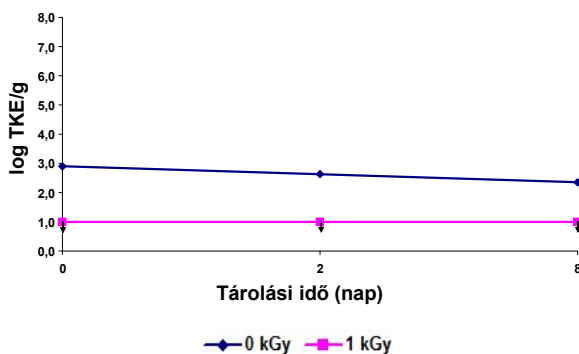
**50. ábra** Az ionizáló sugárkezelés hatása az 5 °C-on tárolt paradicsom kockákon vizsgált *L. innocua* baktériumra

A **sárgarépán** elvégzett oltási kísérlet során azt tapasztaltam, hogy a sárgarépa felületén sokkal kisebb számban tapadt meg mindkét felhasznált *Listeria* tenyészet, mint az általam vizsgált alma, narancs, banán gyümölcsökön valamint a paradicsomon.

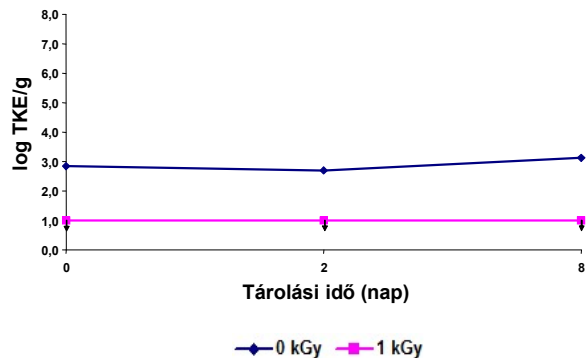
Korábbi kutatásokból már ismert a nyers sárgarépa anti-*Listeria* hatása. Az életképes *Listeria monocytogenes* populáció csökkent a nyers egész és aprított sárgarépával való érintkezést követően. Továbbá csökkent az életképes populáció a sejtuszpenzióban is, melybe a nyers sárgarépát merítették (Beuchat, Brackett, 1990; Nguyen-the, Lund, 1991).

A sárgarépa oltószuszpenziójának *L. monocytogenes* ScottA sejt száma  $6,9 \times 10^7$  TKE/ml, *L. innocua* sejt száma  $6,7 \times 10^7$  TKE/ml volt. Esetemben a kontroll sárgarépa mintákon (pH  $4,9 \pm 0,3$ ) a *L. monocytogenes* koncentráció kezdetben  $9,5 \times 10^2$  TKE/g (51. ábra), míg a *L. innocua* sejt szám  $8,9 \times 10^2$  TKE/g (52. ábra) volt, mely értékek az 1,0 kGy sugárdózist követően a kimutatható szint alá csökkentek. Az egy hetet meghaladó hűtött tárolás alatt változást sem a kontroll sem a kezelt mintáknál nem tapasztaltam (51-52. ábra).





**51. ábra** Az ionizáló sugárkezelés hatása az 5 °C-on tárolt sárgarépa szeleteken vizsgált *L. monocytogenes* baktériumra

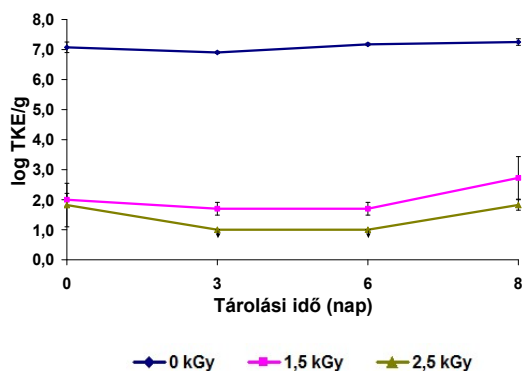


**52. ábra** Az ionizáló sugárkezelés hatása az 5 °C-on tárolt sárgarépa szeleteken vizsgált *L. innocua* baktériumra

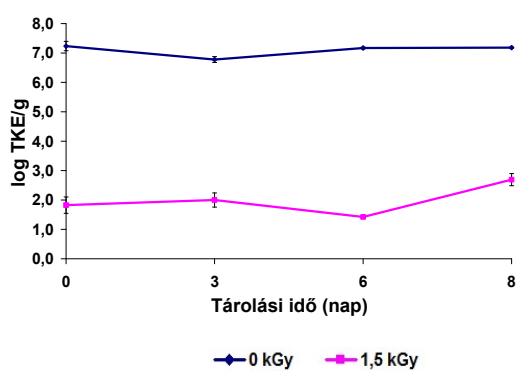
Eredményem összhangban van Farkas és munkatársai (1997) eredményével. Vizsgálva *L. monocytogenes* tesztmikroorganizmus túlélő sejtszámát a sugárkezelés hatására, arra a következtetésre jutottak, hogy kb.  $10^6$  TKE/ml mikroba szuszpenzióba mártott sárgarépa esetében az 1,0 kGy dózis a kimutatási szint alá csökkentette a vizsgált minta *L. monocytogenes* sejtszámát.

A **túrókrémbe** oltott *L. monocytogenes* ScottA és *L. innocua* fajok túlélését a sugárkezelés hatására az 53-56. ábrák mutatják a tárolási idő függvényében.

A 8 napos tárolásos kísérlet során azt tapasztaltam, hogy a körülbelül  $10^7$  nagyságrendű *L. innocua* és *L. monocytogenes* ScottA teszt mikroorganizmussal beoltott kezeletlen túrókrém mintákban mindkét *Listeria* faj túlélte hűtött körülmények között (53-54. ábra). A kezelés napján elvégzett vizsgálatok alapján a túrókrém esetében a 1,5 kGy kezelés legalább 5 nagyságrenddel csökkentette a vizsgált teszt mikroorganizmusok számát, de sem a *L. monocytogenes* sem a *L. innocua* sejtszám összességében nem mutatott számottevő változást hűtött körülmények között. A 2,5 kGy dózis elegendő volt ahhoz, hogy a hűtve besugárzott túrókrémbe a *L. innocua* baktériumot teljes mértékben inaktiválja, melyet jelenlét/hiány vizsgálatokkal is megerősítettem.

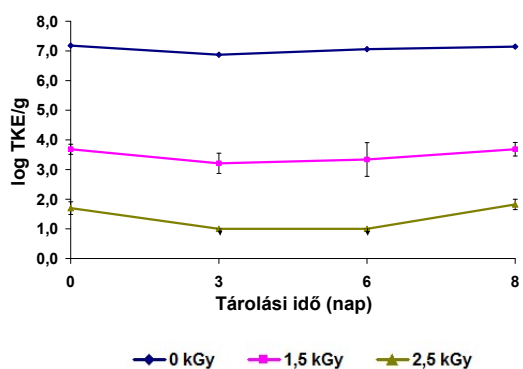


**53. ábra** Az ionizáló sugárkezelés hatása az 5 °C-on tárolt hűtve besugárzott túrókrémekben vizsgált *L. monocytogenes* baktériumra

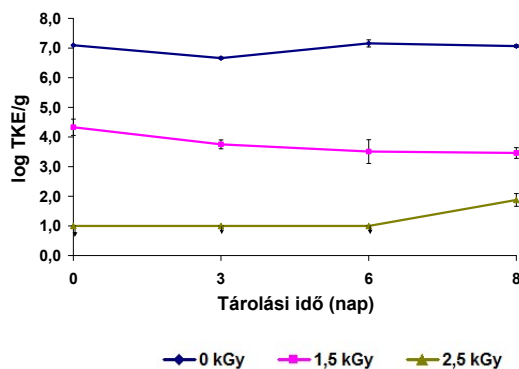


**54. ábra** Az ionizáló sugárkezelés hatása az 5 °C-on tárolt hűtve besugárzott túrókrémekben vizsgált *L. innocua* baktériumra

A kísérleteim azt is bizonyítják, hogy az általam vizsgált *Listeria* fajok fokozott sugárrezisztenciát mutatnak a fagyasztott túró készítményben (55-56. ábra). A kezdeti vizsgálatok szerint a 1,5 kGy dózissal kezelt fagyasztott túrókrém mintákban a *Listeria* fajok számában bekövetkezett csökkenés mértéke több mint 2 nagyságrend volt a kontroll minták értékeihez képest. Az előző, azaz a hűtve besugárzott túrókrém eredményeihez hasonlóan mindkét *Listeria* faj képes volt túlélni 5° C-on 8 napon át, mint ahogy már ismert a *Listeria* fajok hidegtűrése. A 2,5 kGy dózissal besugárzott desszertben az *L. innocua* ez esetben nem inaktiválódott teljes mértékben, hiszen a tárolás végére kimutatható számban volt jelen, mely eredmény alátámasztja azt a korábbi irodalmi megállapítást, hogy fagyasztva történő besugárzás esetén nagyobb dózist kell alkalmazni ugyanazon hatás elérése érdekében, mint abban az esetben, ha hűtve végeznénk el a kezelést.



**55. ábra** Az ionizáló sugárkezelés hatása az 5 °C-on tárolt fagyasztva besugárzott túrókrémekben vizsgált *L. monocytogenes* baktériumra



**56. ábra** Az ionizáló sugárkezelés hatása az 5 °C-on tárolt fagyasztva besugárzott túrókrémekben vizsgált *L. innocua* baktériumra

## **Listeria** teszt mikroorganizmusok D<sub>10</sub>-értékeinek meghatározása

A túrókrémbe beoltott *Listeria* törzsek számított D<sub>10</sub>-értéke mindkét faj esetében nagyobb volt fagyasztott (-18 °C) körülmények között, mint a hűtött (5 °C) minták esetében. A kockára vágott, beoltott majd besugárzott paradicsom mintákon a *L. monocytogenes* és *L. innocua* D<sub>10</sub>-értékei közel azonosak voltak (7. táblázat).

**7. táblázat** *L. monocytogenes* és a *L. innocua* számolt D<sub>10</sub>-értékei

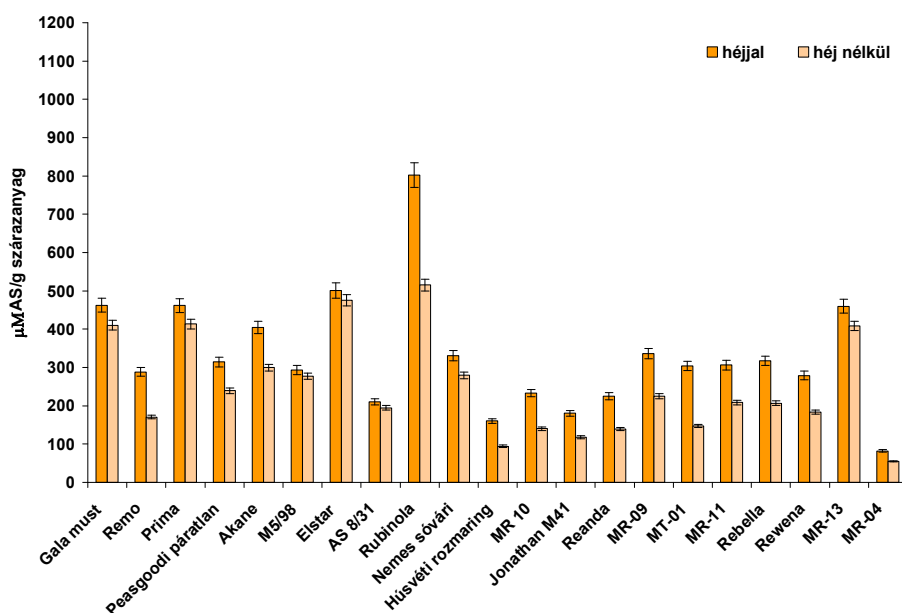
Teszt mikroba törzs	D <sub>10</sub> -értékek (kGy)					
	hűtött Túrókrém pH 4,9±0,1	fagyasztott Túrókrém pH 4,9±0,1	Paradicsom pH 4,00±0,2	pH 7.0 foszfát puffer (Farkas et al., 1995)	lucerna csíra (Mohácsi- Farkas et al., 2006)	Fagylalt -72 °C/0 °C (Kamat et al., 2000)
<i>L. monocytogenes</i>	0,32	0,38	0,40	-	-	0,38/0,25
<i>L. innocua</i>	0,29	0,49	0,39	0,4	0,46	-

Általam is bizonyított az az ismert tény, hogy a *Listeria* fajok egyrészt hidegtűrőek másrészt széles pH tartományt képesek elviselni (lásd. 37. oldal). Összességében elmondható, hogy mind a *L. monocytogenes* mind a *L. innocua* túlélte és a banán esetében valamelyest még szaporodott is a kontroll zöldség, gyümölcs mintákon valamint a túró desszertben hűtött körülmények között. Még a narancs savas pH-jú közege sem okozott problémát egyik vizsgált tesztmikroorganizmusnak sem túlélésük szempontjából. A sárgarépa elvégzett oltásos kísérletek is megerősítik azt megállapítást, hogy a nyers sárgarépa anti-*Listeria*-s hatású. A sugárkezelések eredményeként minden esetben több nagyságrendű csökkenést figyelhettünk meg a *L. monocytogenes* és a *L. innocua* számban egyaránt, mely mutatja érzékenységüket az ionizáló sugárkezelésre. A különböző élelmiszereken a *Listeria*-szám csökkenése a besugárzás hatására szignifikánsan eltért egymástól, mely az élelmiszerek különböző összetételével, tulajdonságaival, úgy, mint pH, vízaktivitás, vitamintartalom stb. magyarázható, ami nagymértékben befolyásolja a mikrobák sugártűrését. Fagyasztva történő besugárzás esetén nagyobb sugárdózis szükséges a kívánt hatás elérése érdekében, mint a termék hűtött állapotában. Továbbá a *L. monocytogenes* D<sub>10</sub>-értéke a kockára vágott, beoltott majd besugárzott paradicsom esetében közel azonos, mint ugyanezen körülmények között az *L. innocua* D<sub>10</sub>-értéke.

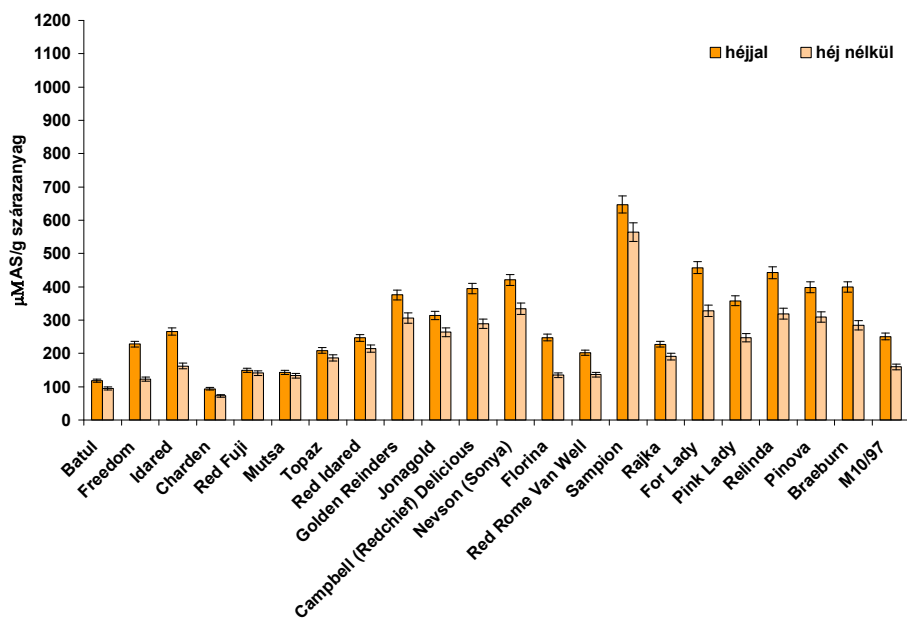
### 4.3. Kémiai vizsgálatok eredményei

#### 4.3.1. Gyümölcsök összes antioxidáns kapacitása és összes polifenol tartalma

Korábbi kísérleteim során már foglalkoztam azzal a kérdéssel, hogy hazai termesztésben található különböző almafajták, valamint néhány hazai nemesítésű hibrid eddig is ismert tulajdonságainak meghatározása mellett milyen különbségek adódnak a héjban és a húspan jelenlevő összes polifenol tartalomban és az összes antioxidáns kapacitás alakulásában (Fekete, 2009). A különböző hibrideket és almafajtákat az Újfehértói Gyümölcsstermesztési Kutató és Szaktanácsadó Kht. biztosította számomra. Az egészben és hámozottan elfogyasztott almának mások a táplálkozásélettani hatásai, melyet az 57-58. ábrák is mutatnak. A nyers almaminták esetében megfigyelhetjük, hogy a héjjal együtt vizsgált minták a héj nélküliekhez képest nagyobb antioxidáns kapacitással rendelkeztek. Valószínűleg ez arra vezethető vissza, hogy az alma legfontosabb antioxidáns hatású vegyületei (pl. a kvercetin) a héjában találhatóak (Stefanovits-Bányai, 2006). Az is megállapítható, hogy mind a héjas mind a héj nélküli minták között jelentős, közel 10-szeres volt az eltérés.

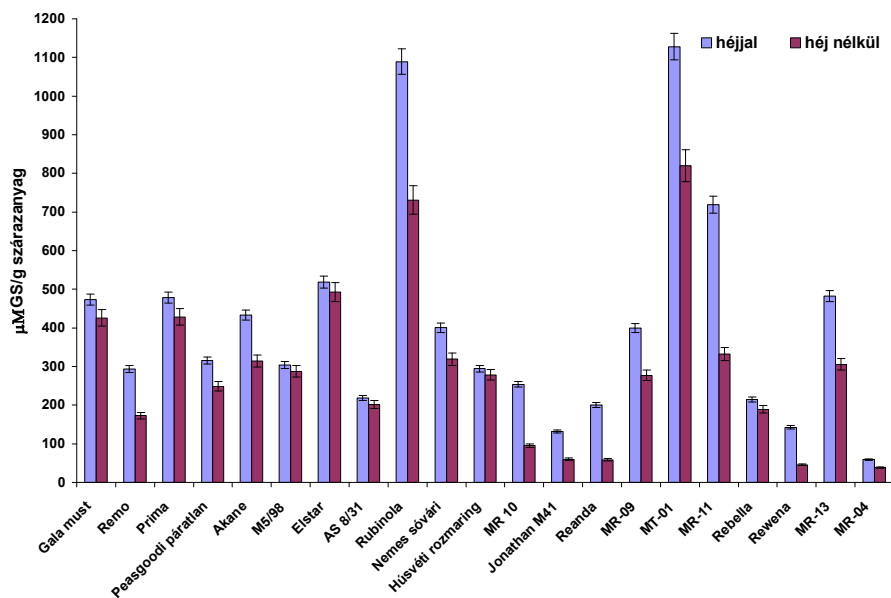


57. ábra Alma fajták és hibrdek összes antioxidáns kapacitása ( $\mu\text{M AS/g}$  szárazanyag)

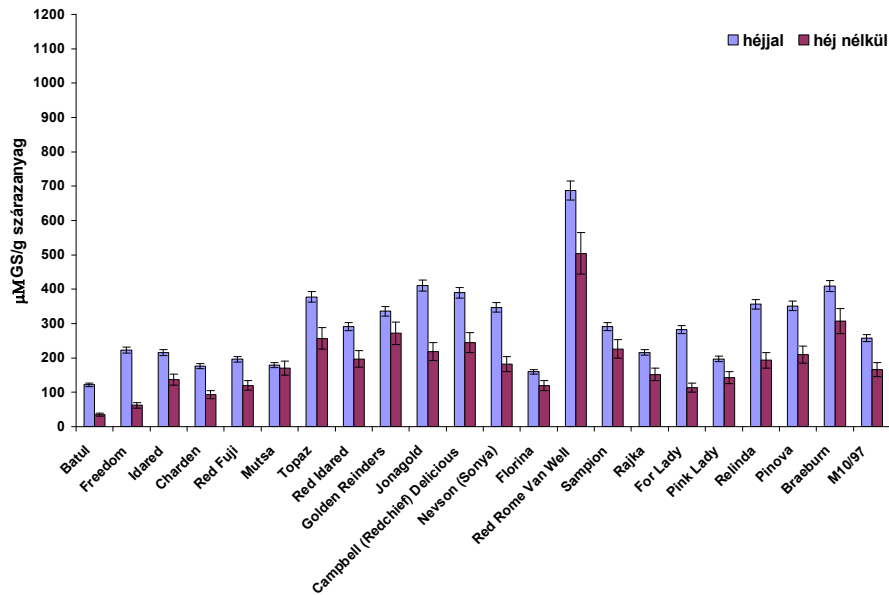


58. ábra: Alma fajták és hibridek összes antioxidáns kapacitása (µM AS/g szárazanyag)

Az előbb említett különbségek a polifenol tartalomban is megmutatkoztak. Minden fajta és hibrid esetében a héjas almaminták nagyobb összes polifenol tartalommal rendelkeztek (59-60. ábra).



59. ábra Alma fajták és hibridek összes polifenoltartalma (µM GS/g szárazanyag)



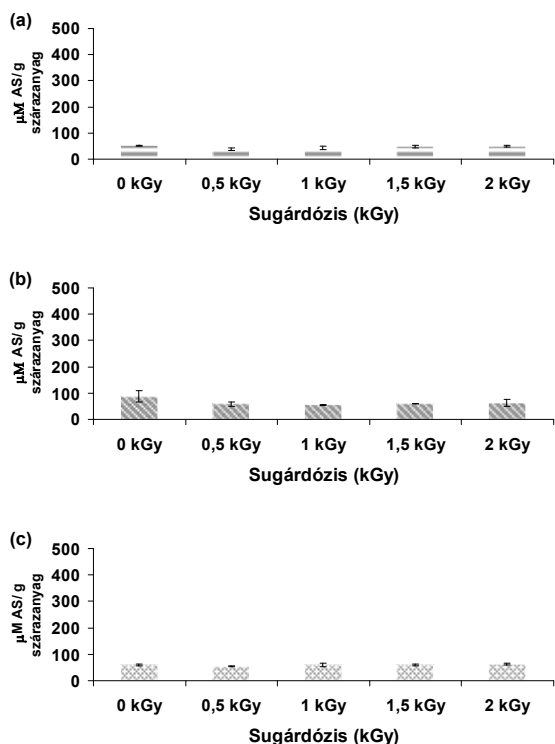
60. ábra Alma fajták és hibridek összes polifenoltartalma (µM GS/g szárazanyag)

Az azonos területről származó almafajták és hibridek egyes kémiai paraméterekben megjelenő különbségei az eltérő genetikai háttérre vezethetők vissza. Összességében elmondható, hogy a vizsgált almafajtákban és hibridekben, az általam vizsgált paraméterekben mutatkozó különbségek ismerete fontos támpont lehet a nemesítésben, a termesztésben és végül az almából készített termékek előállításakor is.

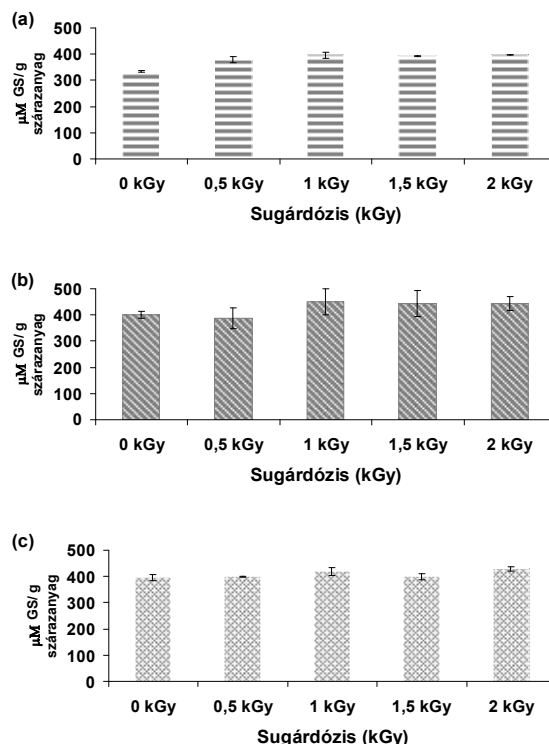
A korábbi vizsgálati eredményeim tehát azt mutatták, hogy jelentős különbségek adódtak a vizsgált összes antioxidáns kapacitás és összes polifenol tartalomban az egyes almafajták és -hibridek között.

Jelen kutatómunkám során a kiválasztott fajták között a **Golden, az Idared és a Granny Smith almafajták** szerepelnek, melyek a kereskedelmi forgalomban is kapható, nagy népszerűségnek örvendő gyümölcsök közé tartoznak. Mint az a 61(a). ábrából látható, az Idared alma antioxidáns kapacitása, melyet a helyi piacról szereztem be, határozottan eltért a korábban vizsgált újhefértői termőterületről származó Idared almától. Mindez magyarázható az eltérő termesztési terület adottságaival, a szüretelés esetlegesen eltérő időpontjával. Továbbá számításba kell venni, hogy a gyümölcsnek mely érettségi fokában történt a feldolgozás, és mindemellett fontos a termesztés évjárat is. Pintér (2013) meggy és cseresznye esetében nézte a termesztési mód, fajta és évjárat meghatározó szerepét a beltartalmi értékek alakulásában. Megállapította, hogy a két csonthéjas gyümölcsnél szignifikáns különbségek voltak az évjáratok között a polifenoltartalmat és antioxidáns kapacitását tekintve.

A 61(b). és 61(c). ábra mutatja a Golden és a Granny Smith almafajták összes antioxidáns kapacitásainak alakulásait is a különböző sugárdózisok hatására. Mindhárom almafajtánál a kontroll minták adatait összevetve a kezelt tételekre kapott értékekkel, nem mutatkozott szignifikáns eltérés egyik alkalmazott dózisonál sem. Ezt a változatlan tendenciát figyelhetjük meg az összes polifenoltartalomban is, ahol e paraméterre szintén nem voltak hatással az alkalmazott különböző dózisu kezelésesek (62(a),(b),(c). ábra). Mindhárom almafajta esetében az összes antioxidáns kapacitásra kapott értékek (27  $\mu\text{M AS/g}$  szárazanyag-64  $\mu\text{M AS/g}$  szárazanyag) alatta maradtak az összes polifenol tartalomhoz (255  $\mu\text{M GS/ g}$  szárazanyag - 353  $\mu\text{M GS/g}$  szárazanyag) képest. Az általam vizsgált almafajták esetében a fenolos komponensek meghatározó mennyiségben voltak jelen, mely a gyümölcs magas flavonoid tartalmára utal. Az összflavonoid mennyiséget tekintve pedig táplálkozásélettanilag jelentős az almával bevihető érték (Lugasi, Blázovics, 2004).

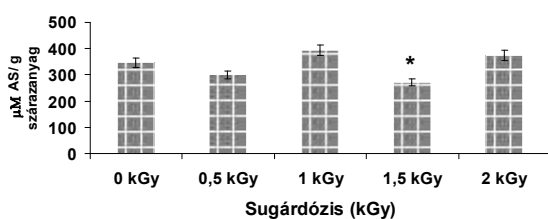


**61. ábra** A kontroll és a különböző sugárdózisokkal kezelt Idared (a) Golden (b) és Granny Smith (c) alma kockák összes antioxidáns kapacitásának alakulása ( $\mu\text{M AS/g}$  szárazanyag)



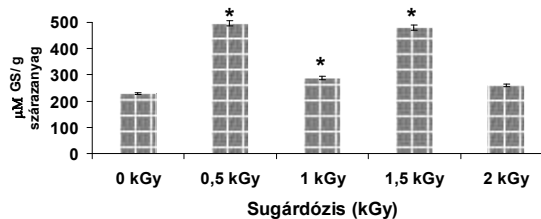
**62. ábra** A kontroll és a különböző sugárdózisokkal kezelt Idared (a) Golden (b) és Granny Smith (c) alma kockák összes polifenol tartalmának alakulása ( $\mu\text{M GS/g}$  szárazanyag)

A kontroll **narancs** minták összes antioxidáns kapacitása 275  $\mu\text{M AS/g}$  szárazanyag (63. ábra), még összes polifenol tartalma 188  $\mu\text{M GS/g}$  szárazanyag (64. ábra) volt. Statisztikailag szignifikáns változás a narancsra vonatkozó összes antioxidáns kapacitás tekintetében csupán a 1,5 kGy dózissal kezelt minták esetében figyelhető meg. A narancs összes polifenol tartalmát a 2,0 kGy dózissal kezelt minták esetében jelentős mértékben nem befolyásolta, azonban a 0,5; 1,0; 1,5 kGy-el kezelt mintáknál a kontrollhoz képest nagyobb értékeket kaptam. Ornelas-Pas és munkatársai (2017) egész mandarin gyümölcs kisdózissal besugárzásánál megállapították, hogy a mandarin összes fenolos komponens tartalma megnövekedett közvetlenül a besugárzás után, a növekedés mértéke az alkalmazott dózissal (0,15 kGy, 0,4 kGy, 1,0 kGy) arányos volt. A fenolos komponensek növekedésére magyarázat lehet, hogy a besugárzás okozta stressz stimulálja a gyümölcsök fenilalanin ammónia-liáz enzim aktivitását.



\* szignifikáns különbség  $\alpha \leq 0,01$  valószínűségi szinten

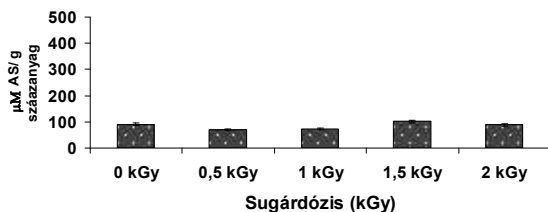
**63. ábra** A kontroll és a különböző sugárdózisokkal kezelt narancs kockák összes antioxidáns kapacitásának alakulása ( $\mu\text{M AS/g}$  szárazanyag)



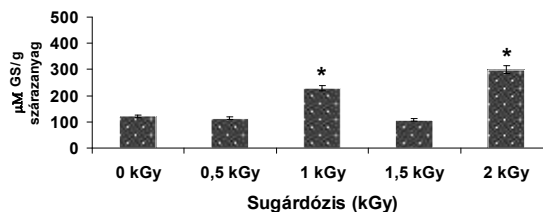
**64. ábra** A kontroll és a különböző sugárdózisokkal kezelt narancs kockák összes polifenol tartalmának alakulása ( $\mu\text{M GS/g}$  szárazanyag)

A következő ábrákon a **banán** összes antioxidáns kapacitása (65. ábra) és összes polifenol tartalmának (66. ábra) eredményei láthatóak a különböző sugárdózisok függvényében. Megfigyelhető, hogy e két paraméter értékei a legtöbb esetben nagyon közel állnak egymáshoz. A kapott eredményeim azt is mutatják, hogy nincs számottevő eltérés a kontroll és az egyes (0,5; 1,0; 1,5; 2,0 kGy) dózissal kezelt banán minták összes antioxidáns kapacitás értékei között. A banán összes polifenol tartalmát tekintve a kontrolltól szignifikáns eltérés mutatkozott az 1,0 és a 2,0 kGy dózissal kezelt tételek esetében.





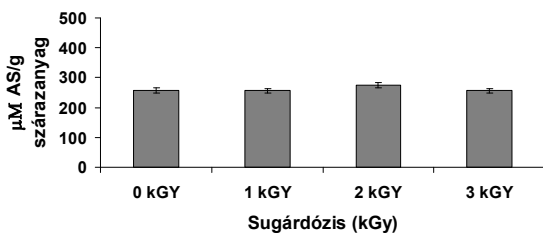
**65. ábra** A kontroll és a különböző sugárdózisokkal kezelt banán szeletek összes antioxidáns kapacitásának alakulása (µM AS/g szárazanyag)



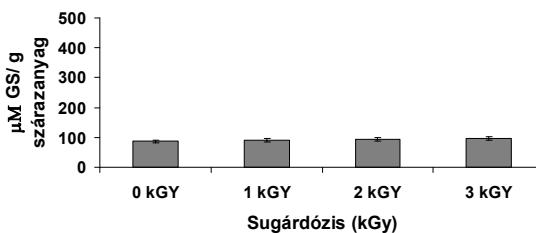
\* szignifikáns különbség  $\alpha \leq 0,01$  valószínűségi szinten

**66. ábra:** A kontroll és a különböző sugárdózisokkal kezelt banán szeletek összes polifenol tartalmának alakulása (µM GS/g szárazanyag)

A meggy és a málna antioxidáns tartalma igen figyelemre méltó a többi gyümölcshez képest. Vizsgálatok mutatták ki, hogy a málna összes polifenol tartalma fajtától függően 1-5 mg/ml lehet, a vasredukáló képességén alapuló módszerrel mért összantioxidáns tartalma pedig 4 mmol aszkorbinsav/l – 15 mmol aszkorbinsav/l közötti érték (Hegedűs és Stefanovitsné, 2012). A **fagyasztott málna** kezelés előtti antioxidáns kapacitása esetemben 271 µM AS/g szárazanyag volt, mely értékre még a 3,0 kGy dózisú kezelés sem volt jelentős hatással (67. ábra). Az alma mintákra kapott eredményekkel ellentétben a fagyasztott málnapüré összespolifenol tartalma az antioxidáns értékekhez képest határozottan kisebb volt (68. ábra). A különböző sugárdózisok alkalmazását követően a málna mért polifenol értékeiben sem mutatkozott jelentős mértékű változás, így az értékek a kontroll, azaz 94,6 µM GS/g szárazanyag körül mozogtak.

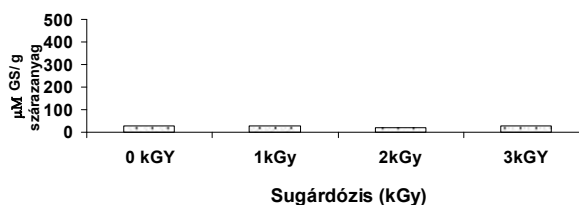
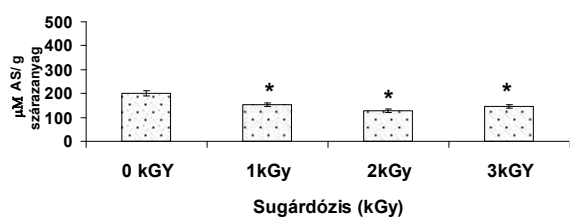


**67. ábra** A kontroll és a különböző sugárdózisokkal kezelt fagyasztott málnapüré összes antioxidáns kapacitásának alakulása (µM AS/g szárazanyag)



**68. ábra** A kontroll és a különböző sugárdózisokkal kezelt fagyasztott málnapüré összes polifenol tartalmának alakulása (µM GS/g szárazanyag)

A fagyasztott málna eredményeivel ellentétben a **fagyasztott meggy** FRAP értékeinél már volt különbség a különböző sugárdózisok függvényében, mely különbségek a 69. ábrán láthatóak. A kontroll mintától (225  $\mu\text{M AS/g}$  szárazanyag) az 1,0 kGy dózissal kezelt minta aszkorbinsavra vonatkoztatott antioxidáns kapacitása 24%-kal, a 2,0 kGy dózissal ellátott tételek 35% -kal, még a 3,0 kGy esetében 26%-kal tértek el. Kijelenthetjük, hogy a sugárzás hatására szignifikánsan csökkent az összantioxidáns kapacitás a kontroll mintához képest. E csökkenő tendencia a fagyasztott meggy-püré összes polifenoltartalmában is megmutatkozott a kezeléseket követően, azonban a minták közötti különbség a statisztikai értékelés alapján nem voltak szignifikánsak (70. ábra). Habár kutatómunkám során a C-vitamin tartalomra irányuló vizsgálatok nem történtek, de mint azt már korábbi kísérletekben bebizonyították, az aszkorbinsav a sugárzásra a legérzékenyebb vízben oldódó vitamin és az antioxidáns kapacitás csökkenéséhez elsősorban a C-vitamin degradáció járul hozzá. Feltehetően a fagyasztott meggy esetében a veszteség magyarázata az általam vizsgált gyümölcsöknél is ez lehetett. A csökkenés ellenére a páciensek mégis hozzájuthatnak ezekhez az élettanilag fontos vegyületekhez természetes formában, nem beszélve a termék élvezeti értékéről.



\* szignifikáns különbség  $\alpha \leq 0,01$  valószínűségi szinten

**69. ábra:** A kontroll és a különböző sugárdózisokkal kezelt fagyasztott meggy-püré összes antioxidáns kapacitásának alakulása ( $\mu\text{M AS/g}$  szárazanyag)

**70. ábra:** A kontroll és a különböző sugárdózisokkal kezelt fagyasztott meggy-püré összes polifenol tartalmának alakulása ( $\mu\text{M GS/g}$  szárazanyag)

**Összeségében** az általam vizsgált gyümölcsök közül a legnagyobb összes antioxidáns kapacitással a narancs (275  $\mu\text{M AS/g}$  szárazanyag) bírt, melyet a málnapüré (271  $\mu\text{M AS/g}$  szárazanyag) és a meggy-püré (255  $\mu\text{M AS/g}$  szárazanyag) követett szintén kiemelkedő értékekkel. Polifenolos vegyületekben főként az almák (255  $\mu\text{M GS/g}$  szárazanyag - 353  $\mu\text{M GS/g}$  szárazanyag) és a narancs (188  $\mu\text{M GS/g}$  szárazanyag) voltak gazdagok. Szignifikánsan kiugró értékeket a narancs teljes antioxidáns kapacitásában és összes polifenol tartalmában valamint a banán összes polifenol tartalmában tapasztaltam. Nem lehet azonban

egyértelmű következtetést levonni, hogy az ionizáló sugárkezelés növekedést vagy csökkenést indukál a vizsgált gyümölcsökben - melyet az irodalmi adatok is alátámasztanak - hiszen esetemben is rendkívül változó, kiugró eredményeket kaptam. Ezek a változások az esetek többségében még az alkalmazott dózisok mértékeivel sem voltak összefüggésben. A statisztikai értékelés alapján ezek az eltérések szignifikánsak voltak, azonban mégsem tekinteném eltérésnek ezen kiugró értékeket.

#### 4.3.2. Zöldségek karotinoid, tokoferol és C-vitamin tartalma

A HPLC készülékkel történő vizsgálatok során a detektált karotinoidok között zeaxantin, likoxantin (mono-hidroxi likopin), az össz-transz-likopin, cisz-likopin izomerek, az össz-transz- $\beta$ -karotin, és a szintelen fitoin voltak a fő komponensek. A gamma sugárzás hatását a tokoferol-, az aszkorbinsav és a karotinoid tartalomra a paradicsom esetében a 8-10. táblázatok mutatják. A szeletelt paradicsom  $\alpha$ - és  $\beta$ -tokoferol tartalmában (8. táblázat) valamint a karotinoid tartalomra vonatkozó szinte valamennyi vizsgált paraméterében (10. táblázatban) szignifikáns változás figyelhető meg a kontrollhoz képest, melyet a 2,0 kGy dózis eredményezett. A szeletelt sárgarépa  $\alpha$ -,  $\beta$ -és  $\gamma$ -tokoferol-tokoferol tartalmában (11. táblázat) továbbá a Cisz- $\zeta$ -karotin kivételével valamennyi vizsgált karotinoid tartalmában (13. táblázat) kisebb-nagyobb mértékű csökkenést tapasztaltam a 2,0 kGy dózis hatására az eredeti koncentrációhoz képest. Abushita és munkatársai (2000) paradicsom antioxidáns vitamin tartalmát vizsgálva megállapították, hogy a karotinoid koncentráció szignifikáns mértékben eltérhet különböző fajtáknál. Az egyes paradicsom fajták esetén nem csak az összes karotinoid tartalomban, hanem a különböző pigmentek, mint pl. a likopin, a  $\beta$  karotinoid és a lutein eloszlásában jelentős eltéréseket tapasztaltak. Köztudott, hogy az aszkorbinsav érzékeny az ionizáló sugárzásra (Thayer et al., 1991), ezért az aszkorbinsav tartalmat csupán 1,0 kGy dózisonál elemeztem. A paradicsom és a sárgarépa aszkorbinsav szintje is jelentős mértékben csökkent az eredeti koncentrációhoz képest az 1,0 kGy dózis hatására (9. és 12. táblázat). Habár ezek a veszteségek statisztikailag szignifikánsak voltak, azonban a fajták közötti eltérések ennél nagyobbak is lehetnek, továbbá a betakarítás utáni körülmények is okozhatnak számottevő veszteségeket a sárgarépa beltartalmi paramétereiben. Más kutatók (Diehl, 1995) is kimutatták már, hogy a sugárkezelés oxidálja az aszkorbinsav egy részét, ami dehidro aszkorbinsavvá alakul. Ismert, hogy a molekula oxidált és nem oxidált formája egyaránt biológiailag aktív. Így amikor aszkorbinsav veszteséget figyelnek meg a gyümölcsök és zöldségek szöveteiben 2,0 kGy dózis alatt, a C-vitamin szint (aszorbinsav és dehidro aszkorbinsav együtt) nem változik jelentős mértékben. Hajare és társai 2006-ban arról számoltak be, hogy 2,0 kGy gamma-sugárzás nem volt szignifikáns hatással ( $p < 0,05$ ) a minimálisan feldolgozott sárgarépa teljes C-vitamin tartalmára. A C-vitamin szint csökkenése az élő növényi szövetekben (zöldségek és gyümölcsök) elsősorban a metabolikus változásoknak, és nem a besugárzás közvetlen radiolitikus hatásának tudható be. A besugárzás hatására bekövetkező fiziológiai változás függ többek között a sugárdózistól, a növény fajtájától, a besugárzás és a vizsgálat között eltelt időtől, a növény érettségi fokától, a besugárzás közbeni és a tárolási hőmérséklettől (Diehl, 1995).

**8. táblázat** Gamma sugárzás hatása a paradicsom szeletek tokoferol tartalmára

	Koncentráció (µg/g friss termék)			
	α-tokoferol	β-tokoferol	γ-tokoferol	δ-tokoferol
0 kGy	4,44±0,03	0,31±0,00	2,88±0,15	0,15±0,01
2 kGy	2,86±0,01***	0,34±0,01**	2,63±0,01	0,15±0,01

\*\* szignifikánsan különböznek  $\alpha \leq 0,01$  valószínűségi szinten

\*\*\* szignifikánsan különböznek  $\alpha \leq 0,001$  valószínűségi szinten

**9. táblázat** Gamma sugárzás hatása a paradicsom szeletek aszkorbinsav tartalmára

	Koncentráció (µg/g friss termék)
	aszorbinsav
0 kGy	61,7±0,33
1 kGy	56,1±0,46***

\*\*\* szignifikánsan különböznek  $\alpha \leq 0,001$  valószínűségi szinten

**10. táblázat** Gamma sugárzás hatása a paradicsom szeletek karotinoid tartalmára

	Koncentráció (µg/g friss termék)			
	Zeaxantin	Likoxantin	Likopin	9Z+13Z
<b>Likopin</b>				
0 kGy	0,13±0,01	0,24±0,02	15,9±0,47	4,7±0,24
2 kGy	0,08±0,00***	0,25±0,04	13,9±0,84*	3,04±0,04***

	Koncentráció (µg/g friss termék)		
	β-karotin	ζ-karotin	Fitoin
0 kGy	2,15±0,19	0,34±0,03	0,81±0,01
2 kGy	1,7±0,08*	0,23±0,01**	0,53±0,40

\* szignifikánsan különböznek  $\alpha \leq 0,05$  valószínűségi szinten

\*\* szignifikánsan különböznek  $\alpha \leq 0,01$  valószínűségi szinten

\*\*\* szignifikánsan különböznek  $\alpha \leq 0,001$  valószínűségi szinten

**11. táblázat** Gamma sugárzás hatása a sárgarépa szeletek tokoferol tartalmára

	Koncentráció (µg/g friss termék)		
	α-tokoferol	β-tokoferol	γ-tokoferol
0 kGy	4,24±0.16	0,31±0.02	0,34±0,02
2 kGy	2,37±0.02***	0,23±0.01**	0,20±0,00***

\*\* szignifikánsan különböznek  $\alpha \leq 0,01$  valószínűségi szinten

\*\*\* szignifikánsan különböznek  $\alpha \leq 0,001$  valószínűségi szinten

**12. táblázat** Gamma sugárzás hatása a sárgarépa szeletek aszkorbinsav tartalmára

	Koncentráció (µg/g friss termék)
	aszorbinsav
0 kGy	27,9±0,24
1 kGy	18,9±0,32**

\*\* szignifikánsan különböznek  $\alpha = 0,01$  valószínűségi szinten

**13. táblázat** Gamma sugárzás hatása a sárgarépa szeletek karotinoid tartalmára

	Koncentráció (µg/g friss termék)					
	Zeaxantin	α-karotin	β-karotin	ζ-karotin	Cisz-ζ-karotin	Fitoin
0 kGy	2,71±0,05	21,1±0,27	100±0,75	4,28±0,11	8,09±0,08	6,88±0,19
2 kGy	2,45±0,07**	19,1±0,27***	82±0,57***	4,53±0,10*	7,80±0,20	6,28±0,04**

\* szignifikánsan különböznek  $\alpha \leq 0,05$  valószínűségi szinten

\*\* szignifikánsan különböznek  $\alpha \leq 0,01$  valószínűségi szinten

\*\*\* szignifikánsan különböznek  $\alpha \leq 0,001$  valószínűségi szinten

A szeletelt paradicsom esetében az α-tokoferol és néhány karotinoid a legsugárzékegyebb. A veszteség egyes esetekben körülbelül fele az eredeti koncentrációnak, melyet a 2,0 kGy dózis eredményezett. A sárgarépában α-, γ-tokoferolok szintje csökkent számottevő mértékben az eredeti koncentrációhoz képest. Mindkét zöldség aszkorbinsav tartalmában szignifikáns veszteség mutatkozott. Fontosnak tartom megjegyezni, hogy a kezelés okozta esetleges csökkenés ellenére, a páciensek mégis hozzájuthatnak ezekhez az élettanilag fontos vegyületekhez, természetes formában is – nem beszélve a termékek érzékszervi élvezeti értékéről.

### 4.3.3. Túró Rudi és túrókrém zsírtartalom, zsírösszetétel és lipid-peroxidációs jellemzői

A túrókrém esetén a termék zsírtartalma, valamint zsírsavösszetétele egyben igazolja, hogy a termék valóban tejalapú készítmény volt (14. táblázat). A kezelések hatására az avasodásra utaló MDA szint változatlan maradt, a konjugált diének mennyisége pedig csak minimális mértékben – nem szignifikánsan - emelkedett. A túrókrém a 2,0; 2,5; 3,0 kGy dózissal történő besugárzás hatására – a viszonylag kis zsírtartalom miatt - nem szenvedett kimutatható oxidatív károsodást. A besugárzással kezelt minták zsírsav-összetétele nem tért el a kezeletlen kontroll értékétől.

14. táblázat A túrókrém zsírsav összetételének alakulása a különböző sugárdózisok hatására

	0 kGy	2 kGy	2,5 kGy	3 kGy
<b>Zsírtartalom</b> (g/100 g)	2,60±0,07	2,62±0,03	2,71±0,13	2,78±0,01
<b>MDA</b> (mg/kg)	3,04±0,24	3,42±0,08	3,72±0,22	3,38±0,20
<b>Konjugált dién</b> (A233)	0,072±0,01	0,084±0,01	0,095±0,02	0,087±0,02
<b>Telített zsírsavak</b> (mg/100 g)	1647±41,27	1668±41,12	1762±113,9	1779±8,67
<b>Egyszeresen telítetlen zsírsavak</b> (mg/100g)	677±23,72	664±10,01	682±7,82	721±17,45
<b>Többszörösen telítetlen zsírsavak</b> (mg/100 g)	114±26,66	79±9,10	69±1,90	89±5,21

A Túró Rudi túró része közel 10 %-os zsírtartalmú. A növekvő dózissal történt besugárzás hatására a malondialdehid és a konjugált diének mennyisége emelkedő tendenciát mutatott, de a változás nem volt szignifikáns (15. táblázat). Összességében elmondható, hogy a Túró Rudi túró tölteléke sem a zsírtartalom, sem annak összetétele (zsírsavak, MDA, konjugált diének) nem mutatott szignifikáns változást a kezeletlen kontrollhoz képest. A vizsgálatba vont minták zsírsavösszetételét jelző kromatogramok igazolták, hogy a töltelék előállításához valóban tejet használtak fel.

**15. táblázat** A Túró Rudi túró rész zsírsav összetételének alakulása a különböző sugárdózisok hatására

	0 kGy	2 kGy	2,5 kGy	3 kGy
<b>Zsirtartalom</b> (g/100 g)	9,28±0,06	9,38±0,04	9,37±0,01	9,33±0,00
<b>MDA</b> (mg/kg)	6,27±0,40	6,09±0,30	6,33±0,41	6,46±0,91
<b>Konjugált dién</b> (A233)	1,928±0,22	1,743±0,32	1,773±0,27	2,05±0,35
<b>Telített zsírsavak</b> (mg/100 g)	5985±64,21	5959±5,53	6003±62,18	6142±88,03
<b>Egyszeresen telítetlen zsírsavak</b> (mg/100g)	2403±17,43	2380±2,48	2342±25,09	2357±2,53
<b>Többszörösen telítetlen zsírsavak</b> (mg/100 g)	226±2,40	328±25,42	315±41,82	249±7,60

A **Túró Rudi mártómassza része**, mely az élelmiszer külső részén helyezkedik el, mintegy 30%-os zsirtartalmú. A növekvő dózissal történt besugárzás hatására a mártómassza malondialdehid és konjugált diének értéke növekvő tendenciát mutatott (16. táblázat). A konjugált diének mennyiségének növekedése a 2,0 és 2,5 kGy kezeléseknél a kontrollhoz képest még nem jelentős (~2 százalék), viszont 3,0 kGy hatására már szignifikáns (~10 százalék) változás volt kimutatható, ami az avasodási folyamat beindulását jelezte. A Túró Rudi mártómassza részének zsirtartalma és zsírsav-összetétele nem változott a kezelés hatására. A mártómassza részben transz-zsírsavak nem voltak kimutathatók. A kromatogramm alapján megállapítható, hogy a termék jellemzően pálmamagolajat tartalmazott, kakaóvajtartalma nagyon alacsony volt.

**16. táblázat** A Túró Rudi mártómassza rész zsírsav összetételének alakulása a különböző sugárdózisok hatására

	0 kGy	2 kGy	2,5 kGy	3 kGy
<b>Zsirtartalom</b> (g/100 g)	31,0±0,29	31,5±0,08	31,6±0,11	30,4±0,40
<b>MDA</b> (mg/kg)	22,5±3,97	21,6±1,36	23,5±3,0	<b>25,3*±3,01</b>
<b>Konjugált dién</b> (A233)	7,23±0,44	7,45±0,31	7,38±0,21	<b>7,95*±0,23</b>
<b>Telített zsírsavak</b> (mg/100 g)	27759±373,21	28355±57,23	28428±58,89	27287±376,39
<b>Egyszeresen telítetlen zsírsavak</b> (mg/100g)	1382±64,95	1291±24,56	1288±14,99	1264±10,04
<b>Többszörösen telítetlen zsírsavak</b> (mg/100 g)	595±5,57	579±9,26	612±25,66	596±10,65

\*  $\alpha \leq 0,05$  valószínűségi szinten szignifikánsan eltérnek egymástól



**Össességében megállapítható,** hogy a 2,0; 2,5; 3,0 kGy besugárzás hatására a túrókrém nem szenvedett kimutatható mértékű oxidációs elváltozást. A Túró Rudi esetében is csupán a külső mártómassza bevonatában volt észlelhető némi jel az avasodási folyamatok beindulására. Kis dózisú ( $\leq 2,5$  kGy) besugárzással kezelt, mikrobiológiai és érzékszervi szempontból is elfogadható minőségű, az oxidatív elváltozások tekintetében biztonságos, túró alapú, desszert jellegű élelmiszerek alkalmasak lehetnek immunszupprimált egyének étrendjének bővítésére, változatosabbá tételére, így e termékek biztosítása - a megfelelő tárolási körülmények megléte esetén - a kórházi közétkeztetésben messzemenően javasolt.

#### 4.4. Gyümölcsök, zöldségek, desszertek érzékszervi vizsgálatainak eredményei

A kezelt és a kezeletlen gyümölcsök (**Golden, Idared, Granny Smith almafajták, narancs és banán**) érzékszervi vizsgálatainak eredményeit a Kramer próba alapján a 17-21. táblázatok mutatják. A rangsorszámok 18-42 tartományon belül  $\alpha \leq 0,01$  valószínűségi szinten, 20-40 tartományon belül pedig  $\alpha \leq 0,05$  valószínűségi szinten szignifikánsan nem térnek el egymástól. Megfigyelhető, hogy a kezelések nem okoztak jelentős változást a kontroll mintákhoz képest a vizsgált 2,0 kGy dóziséig. A kezeletlen és a sugárkezelt minták érzékszervi, azaz szín, illat, íz valamint állomány tulajdonságait azonosnak ítélték a bírálók. Fontos megemlíteni, hogy a teszteken minden alkalommal egészséges felnőtt (képzett és képzetlen) emberek, e vizsgálaton 10 bíráló vett részt.

**17. táblázat** Golden alma profilanalitikus érzékszervi bírálatának eredményei közvetlenül a kezelés után

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	29,5	25,5	26,0	26,5
0,5	6,20	±1,72	7,00	±1,45	6,10	±1,73	6,20	±1,51	34,5	30,0	23,5	22,5
1,0	6,60	±1,44	7,40	±1,95	5,40	±1,58	5,40	±1,29	28,0	27,0	35,0	35,5
1,5	6,70	±1,43	6,70	±1,63	5,50	±1,78	5,60	±1,51	31,5	32,0	30,5	27,0
2,0	6,90	±1,47	6,50	±1,57	5,20	±1,99	4,70	±1,50	26,5	35,5	35,0	38,5

**18. táblázat:** Idared alma profilanalitikus érzékszervi bírálatának eredményei közvetlenül a kezelés után

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	23,0	32,5	29,0	28,0
0,5	5,70	±1,75	6,90	±1,72	6,80	±1,14	7,10	±1,51	28,0	30,0	21,5	24,0
1,0	4,90	±1,60	7,30	±1,45	6,20	±1,62	6,60	±1,57	40,0	23,0	30,0	28,5
1,5	5,70	±1,57	6,70	±1,43	5,70	±1,64	5,90	±2,00	30,0	33,0	36,5	37,5
2,0	5,60	±1,57	6,80	±1,36	5,90	±1,66	6,40	±1,36	29,0	31,5	33,0	32,0

**19. táblázat** Granny Smith alma kockák profilanalitikus érzékszervi bírálatának eredményei közvetlenül a kezelés után

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	30,0	35,0	28,5	28,0
0,5	4,40	±1,63	6,60	±1,29	5,80	±2,04	7,00	±1,30	29,0	23,5	28,5	22,0
1,0	4,40	±1,29	5,60	±1,63	5,60	±1,90	5,90	±2,43	30,5	31,0	31,5	33,0
1,5	4,30	±1,35	6,00	±1,90	5,70	±1,77	5,60	±2,10	32,5	29,0	33,5	37,5
2,0	4,50	±1,51	5,50	±2,11	6,00	±2,11	6,30	±2,02	28,0	31,5	28,0	29,5

**20. táblázat** Narancs profilanalitikus érzékszervi bírálatának eredményei közvetlenül a kezelés után

Sugárdózis (kGy)	Pontátlagok								Rangsorszám			
	Szín		Illat		Íz		Állomány		Szín	Illat	Íz	Állomány
0	8,80	±0,42	6,60	±1,07	6,50	±2,32	8,10	±1,10	28,0	31,0	27,0	24,0
0,5	8,60	±0,70	6,40	±1,58	6,60	±1,43	7,80	±1,23	29,5	35,0	28,5	29,5
1,0	8,60	±0,70	6,90	±1,20	7,00	±1,56	8,00	±0,94	29,5	24,5	24,5	26,0
1,5	8,50	±0,97	6,70	±2,26	6,00	±2,21	7,10	±1,60	31,5	30,0	31,5	36,0
2,0	8,50	±0,97	6,40	±2,27	5,10	±0,45	7,30	±1,42	31,5	29,5	38,5	34,5

**21. táblázat** Banán profilanalitikus érzékszervi bírálatának eredményei közvetlenül a kezelés után

Sugárdózis (kGy)	Pontátlagok								Rangsorszám			
	Szín		Illat		Íz		Állomány		Szín	Illat	Íz	Állomány
0	3,30	±2,5	8,10	±0,58	7,40	±1,35	7,00	±1,66	32,0	24,0	31,5	0,0
0,5	3,30	±2,31	7,40	±1,51	7,00	±1,25	7,60	±1,17	31,0	33,5	35,0	24,5
1,0	3,20	±1,81	7,20	±1,75	7,00	±1,33	7,20	±1,23	30,5	37,0	35,0	30,5
1,5	3,30	±2,00	7,60	±1,71	7,40	±1,26	7,20	±1,23	29,5	29,0	27,0	30,5
2,0	3,50	±2,46	8,10	±0,57	7,80	±1,23	7,40	±1,86	27,0	26,5	21,5	30,0

A nyers, szeletelt **paradicsom** (22. táblázat) és **sárgarépa** (23. táblázat) érzékszervi tulajdonságainak meghatározásakor statisztikailag szignifikáns különbség csupán a 2,0 kGy-el kezelt sárgarépa állományában mutatkozott. A rangsorszámok a paradicsom és sárgarépa esetében a 22-38 tartományon belül  $\alpha \leq 0,01$  valószínűségi szinten, 23-37 tartományon belül pedig  $\alpha \leq 0,05$  valószínűségi szinten szignifikánsan nem térnek el egymástól. Ez esetben a 15 tagú vizsgáló bizottság többsége úgy ítélte meg, hogy a sárgarépa állománya jelentősen puhább, "főtt-szerű" a kezeletlen zöldséggel összehasonlítva. A többi érzékszervi paraméter tekintetében a kezelt tételek a kontrolltól egyik zöldség esetében sem tértek el. Megjegyzem azonban, hogy ezek a bírálók egészséges felnőtt emberek - elsősorban egyetemi hallgatók - voltak és a daganatos betegek sokkal inkább a kedvelik a puhább állományú nyers zöldségeket. Emiatt fontosnak és szükségesnek tartom a következő kísérleti fázisban a kórházi betegek által elvégzett érzékszervi vizsgálatokat. Narvaiz szerint (2015) a besugárzott kész ételek érzékszervi bírálatokor a kórházi betegek által adott pontszámok magasabbak voltak, mint az egészséges panelé. Ennek oka az lehet, hogy ezen ételek fogyasztása rendszerint tiltott bizonyos betegek számára az élelmiszer eredetű megbetegedések kockázata miatt. Továbbá az is fontos, hogy ezek a betegek szenvedhetnek a gyomor,- és a szájnyálkahártya károsodása miatt, mely szintén befolyásoló hatással lehet ilyen irányú vizsgálatok során (Mohácsi-Farkas, 2016).

**22. táblázat** Paradicsom profilanalitikus érzékszervi bírálatának eredményei közvetlenül a kezelés után

Sugárdózis (kGy)	Pontátlagok								Rangsorszám			
	Szín		Illat		Íz		Állomány		Szín	Illat	Íz	Állomány
0	7,87	±1,13	7,20	±1,97	7,13	±2,10	7,13	±1,85	27,0	24,5	23,0	25,5
1,0	7,60	±7,60	6,27	±2,22	5,60	±2,16	6,60	±1,40	31,5	30,0	34,0	32,5
2,0	7,60	±0,99	6,13	±2,56	5,67	±2,85	6,73	±1,44	31,5	35,5	33,0	32,0

**23. táblázat** Sárgarépa profilanalitikus érzékszervi bírálatának eredményei közvetlenül a kezelés után

Sugárdózis (kGy)	Pontátlagok								Rangsorszám			
	Szín		Illat		Íz		Állomány		Szín	Illat	Íz	Állomány
0	7,87	±1,06	6,73	±2,63	7,47	±1,19	8,07	±1,22	25,0	27,5	23,5	19,0
1,0	7,07	±7,27	7,47	±1,51	6,60	±1,99	6,80	±1,37	32,0	26,5	31,5	31,0
2,0	7,27	±1,91	6,27	±2,55	6,07	±2,40	6,00	±1,60	33,0	36,0	35,0	40,0*

\* szignifikáns különbség  $\alpha \leq 0,01$  valószínűségi szinten (Kramer, 1960)

A tejtermékek sugárkezelése a nem kívánatos oxidatív változások csökkentése illetve elkerülése érdekében fagyasztott állapotukban történt. Az érzékszervi vizsgálatra szánt termékek felengedtetést követően normál, hűtött állapotban kerültek felszolgálatra. A rangsorszámok a tejtermékeknél a 19-41 tartományon belül  $\alpha \leq 0,01$  valószínűségi szinten, 21-39 tartományon belül pedig  $\alpha \leq 0,05$  valószínűségi szinten szignifikánsan nem térnek el egymástól. A Túró Rudi (24. táblázat) és a Túrókrém (25. táblázat) érzékszervi tulajdonságaiban statisztikailag szignifikáns különbséget csupán a 2,0 kGy dózissal kezelt Túró Rudi esetében tapasztaltam, a 12 bíráló által végzett minősítés eredményeként. Ennek magyarázata egyrészt, hogy a sugárzás elősegíti a zsírok oxidációjának lejátszódását, mely avas mellékízt eredményezhet. Továbbá a kén tartalmú aminosavakban – cisztein, metionin, triptofán – törés keletkezik, ami kellemetlen mellékízben nyilvánul meg. Ez általában a tejtermékeknél figyelhető meg, de nem jelent tápértékbeli változást (Kilcast, 1995).

**24. táblázat** Túró Rudi profilanalitikus érzékszervi bírálatának eredményei közvetlenül a kezelés után

Sugárdózis (kGy)	Pontátlagok								Rangsorszám			
	Szín		Illat		Íz		Állomány		Szín	Illat	Íz	Állomány
0	8,67	±0,65	8,00	±1,21	6,25	±1,91	7,83	±1,27	32,0	30,0	28,5	30,5
2,0	8,33	±2,02	8,42	±0,67	8,00	±1,13	7,92	±1,44	30,5	26,0	20,5*	27,0
2,5	8,83	±0,39	7,83	±1,47	5,75	±2,22	7,75	±1,22	29,5	30,0	36,0	32,0
3,0	8,92	±0,29	7,75	±1,22	5,50	±2,68	7,83	±1,53	28,0	34,0	35,0	30,5

\* szignifikáns különbség  $\alpha \leq 0,01$  valószínűségi szinten

**25. táblázat** Túrókrém profilanalitikus érzékszervi bírálatának eredményei közvetlenül a kezelés után

Sugárdózis (kGy)	Pontátlatok								Rangsorszám			
	Szín		Illat		Íz		Állomány		Szín	Illat	Íz	Állomány
0	8,25	±0,97	8,42	±0,79	6,92	±2,71	7,83	±1,95	30,0	25,5	26,0	25,5
2,0	8,17	±1,03	8,08	±1,24	6,42	±1,78	7,00	±2,26	30,5	29,5	29,5	34,0
2,5	8,17	±0,94	8,00	±0,95	6,25	±1,82	7,50	±2,07	30,0	33,0	31,5	29,0
3,0	8,00	±1,35	7,83	±1,70	5,42	±2,87	7,17	±2,04	29,5	32,0	33,0	31,5

A málnapürés gesztenyes piskóta süteményt a 71. ábrán látható formában szolgáltuk fel a 19 fős érzékszervi mintsítés során.



**71. ábra** Málnapürés gesztenyes piskóta érzékszervi bírálatához előkészítve

A bíráló bizottság véleményének kiértékelését a 26. táblázat tartalmazza. A rangsorszámok a málnapürés gesztenyes piskóta esetében a 30-46 tartományon belül  $\alpha \leq 0,01$  valószínűségi szinten, 29-47 tartományon belül pedig  $\alpha \leq 0,05$  valószínűségi szinten szignifikánsan nem térnek el egymástól. A rangszámok alapján egyértelműen megállapítható, hogy a bírálók a kontroll mintát találták mind színében, illatában, ízében és állományában fogyasztás szempontjából a legjobbnak, tehát különbséget véltek felfedezni a kezelt és kezeletlen minták között. Az eredmények alapján a legnagyobb különbség a 3,0 kGy dózissal kezelt minták ízében mutatkozott a bírálók véleményezése szerint. Ennek ellenére az egyéb megjegyzések alapján összességében még így is elfogadhatónak, megfelelőnek ítélték a terméket, azt azonban hozzátették, hogy az alacsonyabb pontszámokat a kezelt desszert gesztenye részének kellemetlen illata miatt adták.

**26. táblázat** Málnapürés gesztenyes piskóta profilanalitikus érzékszervi bírálatának eredményei közvetlenül a kezelés után

Sugárdózis (kGy)	Pontátlatok								Rangsorszám			
	Szín		Illat		Íz		Állomány		Szín	Illat	Íz	Állomány
0	8,32	±0,89	8,05	±0,91	8,37	±1,26	8,05	±1,08	28,0**	24,5**	24,5**	28,5**
2,0	6,84	±6,58	5,74	±2,35	6,79	±1,72	7,00	±1,73	44,0	45,0	42,5	42,5
3,0	6,58	±2,22	5,63	±2,36	6,53	±1,58	6,79	±2,02	42,0	44,5	47,0*	43,0

\* szignifikáns különbség  $\alpha \leq 0,01$  valószínűségi szinten

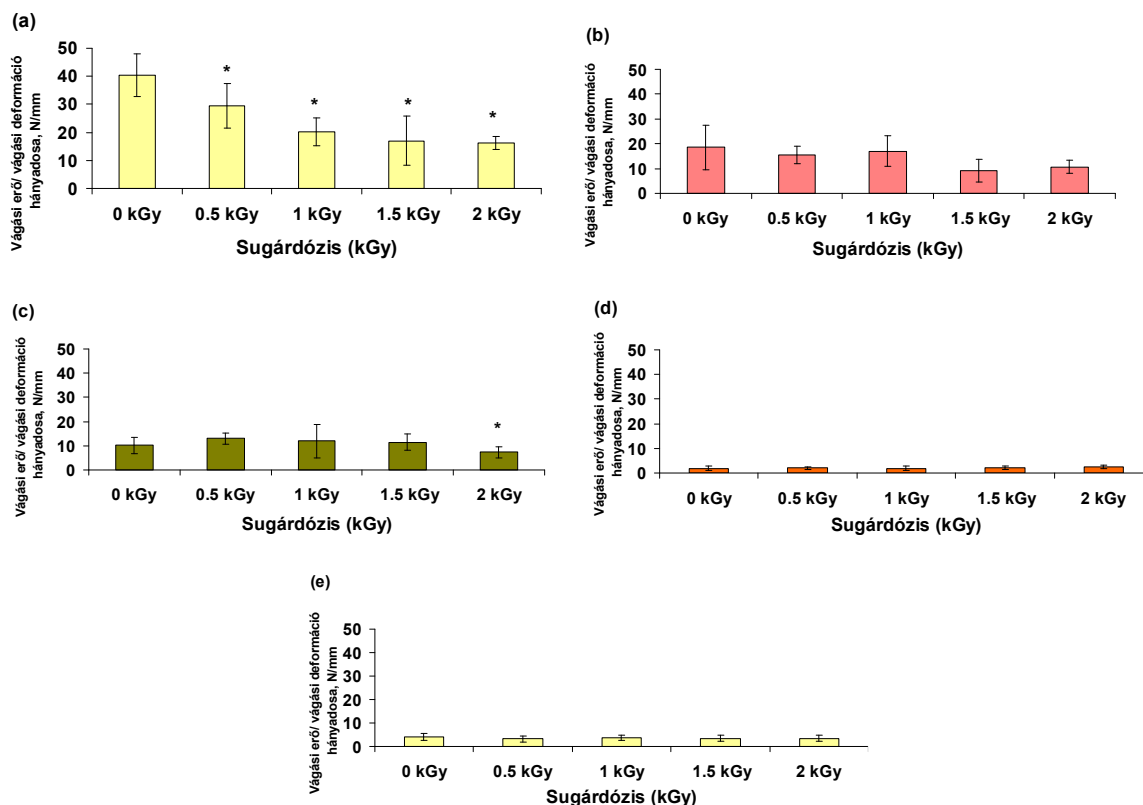
\*\* szignifikáns különbség  $\alpha \leq 0,05$  valószínűségi szinten

Közvetlenül a kezelések után elvégzett vizsgálatok eredményei alapján **összegezve megállapítható**, hogy a kis dózisú kezelések ( $\leq 3,0$  kGy) többségében nem okoztak markáns, kiugró eltéréseket a vizsgált gyümölcsök, zöldségek és desszertek érzékszervi tulajdonságaiban. Ettől eltérően egyes esetekben, mint a sárgarépanál a 2,0 kGy és a málnapürés gesztenyés piskótánál a 3,0 kGy, vagyis az alkalmazott legnagyobb dózisok következtében a vizsgált érzékszervi paraméterekben statisztikailag igazolható volt a különbség. Így megállapítható, hogy bizonyos kezelési dózison felül a termék jellege megváltozhat, ezért a megfelelő dózis kiválasztásának nagy szerepe van az érzékszervi tulajdonságok megőrzésében. Fontosnak tartom megjegyezni, hogy az immungyenge betegek ízlelő bimbói a kezelések miatt gyengébben működnek, tehát, amit egy egészséges ember kiérez a desszertből, azt ők nem biztos (Mohácsi-Farkas, 2016). Így javasolt lenne ezeket a vizsgálatokat a betegek alkotta csoportok körében is elvégezni. Továbbá ezek a vizsgálatok felhívják a figyelmet arra, hogy érdemes valamennyi érzékszervi tulajdonsággal részletesebben is foglalkozni. Éppen ezért egyes érzékszervi tulajdonságokat műszeres módszerrel is próbáltam megvizsgálni.

## 4.5. Fizikai vizsgálatok eredményei

### 4.5.1. Gyümölcsök állomány vizsgálata

A kutatómunkám során műszeresen mértem a **Golden**, az **Idared**, a **Granny Smith** almafajták, a **narancs** és a **banán** gyümölcsök állományát, majd összehasonlítottam a kezelt és a kontroll mintákra kapott értékeket. Az állomány vizsgálat során a vágási erő és vágási deformáció viszony ( $F_v/D_v$ ) hányadosát határoztam meg. A 72(a)-72(e). ábrákon az  $F_v/D_v$  paraméter látható feltüntetve a különböző sugárdózisok függvényében, 95%-os megbízhatósági szinten. A műszeres állományvizsgálat során statisztikailag ( $P < 0,05$ ) szignifikáns különbség csupán a Golden és a Granny Smith almafajták esetében mutatkozott. A Golden almafajtánál a kontrolltól szignifikáns mértékben a  $\geq 1,0$  kGy dózisú kezelések tértek el, de a 72(a). ábrán az is megfigyelhető, hogy minél nagyobb dózisú kezelést alkalmaztunk a gyümölcs keménységében bekövetkezett csökkenés mértéke annál nagyobb volt. A Granny Smith esetében a vágási erő/vágási deformáció hányadosában bekövetkező változás a kezeletlen gyümölcshöz viszonyítva, csupán a 2,0 kGy esetében volt jelentős mértékű (72(c). ábra).



\* szignifikáns különbség  $\alpha \leq 0,01$  valószínűségi szinten

**72. ábra** Golden (a), Idared (b), Granny Smith (c), narancs (d), banán (e) vágási erő és vágási deformáció viszonyai a sugárdózisok függvényében, 95%-os megbízhatósági szinten

Az eredmények alapján elmondható, hogy ezekben az esetekben a kezelés hatásaként puhulás történt, melynek mértéke sugárdózisok mértékeivel volt arányos. A gyümölcsök sugárkezelés hatására bekövetkező puhulásának oka egyrészt az lehet, hogy a sugárzás szétszakíthatja a nagy molekulatömegű, hosszúláncú szénhidrátokat kisebbekre, tehát a sejtfal alkotókat töri szét, mint például a pektint (Kilcast, 1995). Másrészt a gyümölcs poligalakturonáz enzim sugárkezelés okozta aktivitás növekedésére vezethető vissza (Kovács, 1995).

A többi gyümölcs állománya nagymértékben nem változott a besugárzás hatására a kontroll mintákhoz képest.



#### 4.5.2. Gyümölcsök színmérése

A 27-29. táblázatban tüntettem fel a korábbiakban mikrobiológiai, kémiai valamint érzékszervi szempontból is elemzett gyümölcsök három színösszetevőjének alakulását a sugárdózisok függvényében. A különbségeket mindhárom színösszetevőnél statisztikailag is értékeltem.

A három különböző almafajta **Golden, Idared, Granny Smith**  $L^*$   $a^*$   $b^*$  értékeit a 27(a), a 27(b). és a 27(c). táblázatok mutatják. Az  $L^*$  világossági tényező 0-100 közötti értéket vehet fel. Az összes vizsgált kontroll almaszelet  $L^*$  értéke 64-70 között mozgott, azaz még a különböző almafajták között sem volt számottevő különbség. Ugyanez igaz a kezelt tételekre is, ahol a kontrollhoz képest szintén nem lehetett számottevő különbséget kimutatni.

A piros-zöld színkonponens  $a^*$  értékei az alma minták esetében negatív előjelűek voltak, mely arra enged következtetni, hogy ez esetben a zöld szín dominált. A kezelések közvetlen hatásaként az  $a^*$  paramétert tekintve lényeges változást egyik esetben sem figyeltem meg.

A  $b^*$  érték a sárga-kék színátmenet mértékét mutatja. A Golden alma  $b^*$  értékei a kontroll és a kezelt mintákat beleértve 18-22, az Idared 16-19, még a Granny Smith 16-20 között volt, tehát mindhárom almafajta színét elsősorban a sárga színjelleg határozta meg. A statisztikai értékelés alapján összességében elmondható, hogy az ionizáló sugárkezelésnek nem volt szignifikáns hatása a Golden, az Idared és a Granny Smith almák színére.

A feltüntetett értékek minden esetben 20-20 párhuzamos meghatározás átlagából származnak.

**27. táblázat** Sugárkezelt Golden (a), Idared (b), és Granny Smith (c) tristimulusos színmérés vizsgálati eredményei

L\*: világossági tényező, a\*: vörös színezet, b\*: sárga színezet

(a) Golden

Sugárdózis (kGy)	L*		a*		b*	
	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás
0	69,6	±1,64	-1,172	±0,34	20,1	±2,48
0,5	69,8	±1,36	-1,054	±0,35	19,9	±2,54
1,0	69,2	±2,29	-0,732	±0,58	21,1	±2,90
1,5	68,1	±2,40	-0,814	±0,52	21,0	±2,33
2,0	68,0	±0,99	-1,168	±0,31	18,8	±1,93

(b) Idared

Sugárdózis (kGy)	L*		a*		b*	
	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás
0	67,4	±2,27	-0,709	±0,76	18,2	±2,11
0,5	67,4	±2,70	-0,569	±0,65	16,7	±2,62
1,0	66,6	±2,82	-0,133	±0,90	17,3	±3,31
1,5	66,6	±2,26	-0,398	±0,67	16,5	±2,53
2,0	66,5	±2,45	-0,565	±0,66	16,7	±2,86

(c) Granny Smith

Sugárdózis (kGy)	L*		a*		b*	
	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás
0	65,2	±3,57	-1,017	±0,57	16,5	±2,49
0,5	65,1	±2,58	-0,938	±0,86	17,7	±2,55
1,0	64,7	±2,90	-0,615	±0,62	17,5	±3,32
1,5	64,5	±2,00	-0,500	0,55	19,5	±2,99
2,0	65,7	±2,10	-1,072	±0,74	17,9	±2,85

A friss **narancs** és **banán** mintákban az ionizáló sugárzás szemmel látható színváltozást nem okozott. A műszeres színmérés vizsgálatainak eredményeit a 28(a). és a 28(b). táblázat foglalja össze. A 28(a). táblázat adataiból jól leolvasható, hogy a narancs esetében a 2,0 kGy-es kezelés az L\* értékben növekedést eredményezett, vagyis a minta világosabb lett, kifakult.

A narancs a\* értékei 0-2, még a banán 6-8 között helyezkedett el. Statisztikailag szignifikáns különbség nem volt megfigyelhető sem a kontroll, sem a kezelt narancs és banán mintáknál.

A b\* eredmények pozitív előjelei a sárga színt mutatják, melyek az a\* értékekhez képest mindkét esetben jóval nagyobbak. A kezeléseket nézve a banán b\* értéke a dózis nagyságával összefüggésben áll, hiszen minél nagyobb dózist kapott a gyümölcs, a b\* értéke annál jobban csökkent, így a 2,0 kGy-es kezeléskor már különbséget lehetett kimutatni. A narancs esetében lényeges változás nem mutatkozott.

**28. táblázat** Sugárkezelt narancs (a) és banán (b) tristimulusos színmérés vizsgálati eredményei  
(a) narancs

Sugárdózis (kGy)	L*		a*		b*	
	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás
0	30,7	±4,11	0,072	±2,02	39,7	±6,77
0,5	30,4	±5,78	1,165	±2,35	40,2	±8,39
1,0	28,5	±2,96	0,787	±2,24	37,5	±7,90
1,5	29,8	±2,92	1,280	±2,42	39,7	±7,73
2,0	<b>34,1**</b>	±4,24	0,014	±2,64	42,5	±8,13

(b) banán

Sugárdózis (kGy)	L*		a*		b*	
	átlag	Szórás	átlag	szórás	átlag	szórás
0	34,7	±7,30	6,55	±1,72	30,4	±8,16
0,5	33,8	±9,03	7,86	±3,77	27,0	±7,95
1,0	35,9	±7,45	6,66	±1,67	24,2	±5,51
1,5	38,3	±8,42	6,83	±2,00	25,1	±6,92
2,0	37,0	±11,9	6,35	±2,39	<b>23,7*</b>	±6,20

\* szignifikáns különbség  $\alpha \leq 0,01$  valószínűségi szinten

\*\* szignifikáns különbség  $\alpha \leq 0,05$  valószínűségi szinten

A 29(a). és a 29(b). táblázatok mutatják, hogy a fagyasztott bogyós gyümölcspürék világossági tényezői 24-30 közötti tartományban mozogtak, tehát a skála sötétebb (fekete=0) végéhez voltak közelebb. A fagyasztott meggy- és málnapüré minták L\* értékei egymástól számottevően nem tértek el. A kezelés hatásait tekintve a statisztikai elemzések alapján elmondható, hogy a 3,0 kGy dózisú tartósító művelet szignifikáns változást okozott a kezeléseket után mindkét fagyasztott gyümölcspüré műszeresen mért L\* értékeiben, mely értékeket a kezelés a világosabb szín irányába vitte el.

A gyümölcspürék piros színének köszönhetően az a\* értékei pozitív előjelűek voltak. A málnapüré értékei 28-31, a meggyé 14-17 között voltak, tehát a málnapüré színében erősebb piros szín volt mérhető. A kezeléseket közvetlen hatását tekintve lényeges változások nem történtek.

A b\* értékek pozitív előjelei a sárga színezetet jelzik. A 29(a). és a 29(b). táblázatokban megfigyelhető továbbá az is, hogy a b\* értékek kisebbek az a\* értékekhez képest. Meggypürénél ez csak 4-6, még málnánál 6-8, tehát a mindkét gyümölcs színét elsősorban a piros színjelleg határozta meg.

**29. táblázat** Sugárkezelt fagyasztott málnapüré (a) és fagyasztott meggypüré (b) tristimulusos színmérés vizsgálati eredményei.

(a) málnapüré

Sugárdózis (kGy)	L*		a*		b*	
	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás
0	25,9	±1,78	29,9	±3,20	6,69	±1,69
1,0	25,3	±3,53	28,1	±4,78	6,11	±2,00
2,0	25,9	±1,64	30,5	±3,46	7,32	±1,49
3,0	<b>29,6**</b>	±1,30	28,0	±3,33	7,56	±1,25

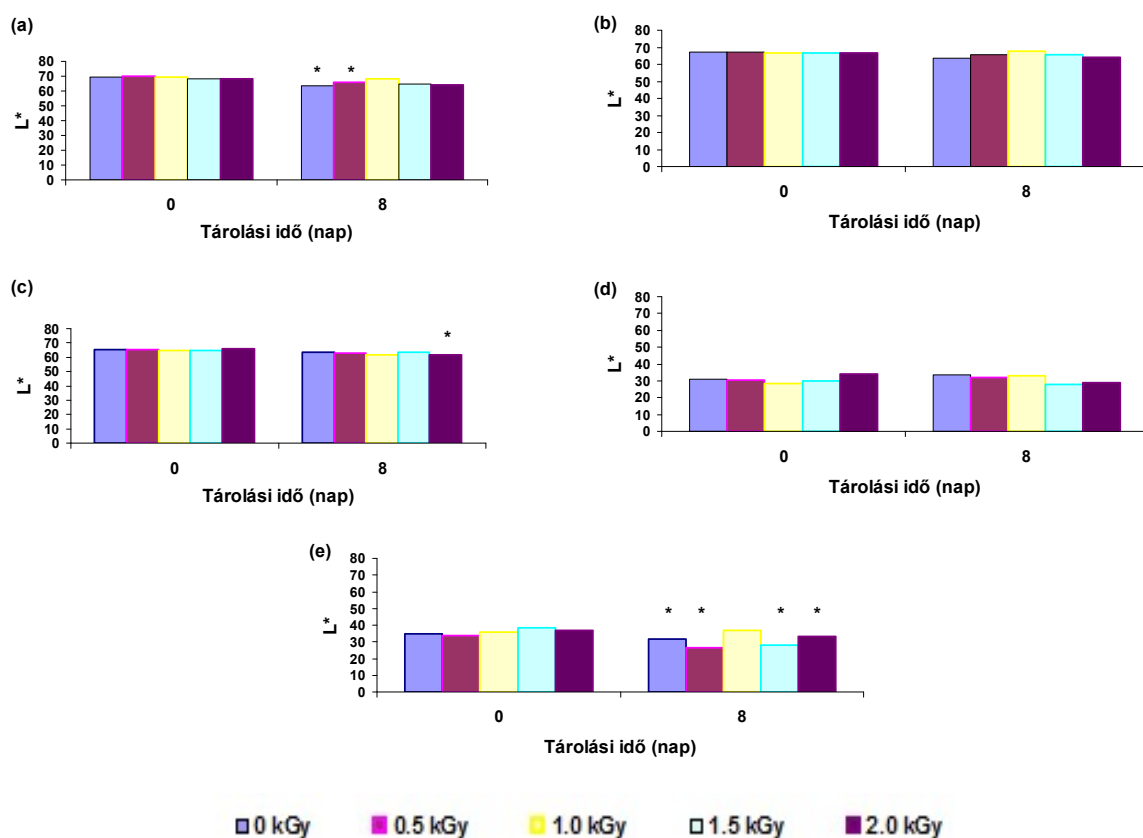
(b) meggypüré

Sugárdózis (kGy)	L*		a*		b*	
	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás
0	26,4	±1,96	15,8	±1,87	5,41	±1,34
1,0	25,8	±1,91	16,2	±3,08	5,06	±1,89
2,0	24,8	±1,34	15,6	±1,90	4,58	±1,05
3,0	<b>27,6**</b>	±1,58	14,5	±1,97	5,37	±1,03

\*\* szignifikáns különbség  $\alpha \leq 0,05$  valószínűségi szinten

Még a fagyasztott bogyógyümölcsöknél a 3,0 kGy, a narancs esetében a 2,0 kGy okozott jelentősebb változást, addig a különböző almafajtákra nem volt szignifikáns hatással egyik kezelés sem. Ez felhívja a figyelmet a gyümölcsök sugárkezelés következtében kialakuló eltérő viselkedésére, amit a kezelési dózis megválasztásánál külön-külön, termékekre szabottan kell meghatározni.

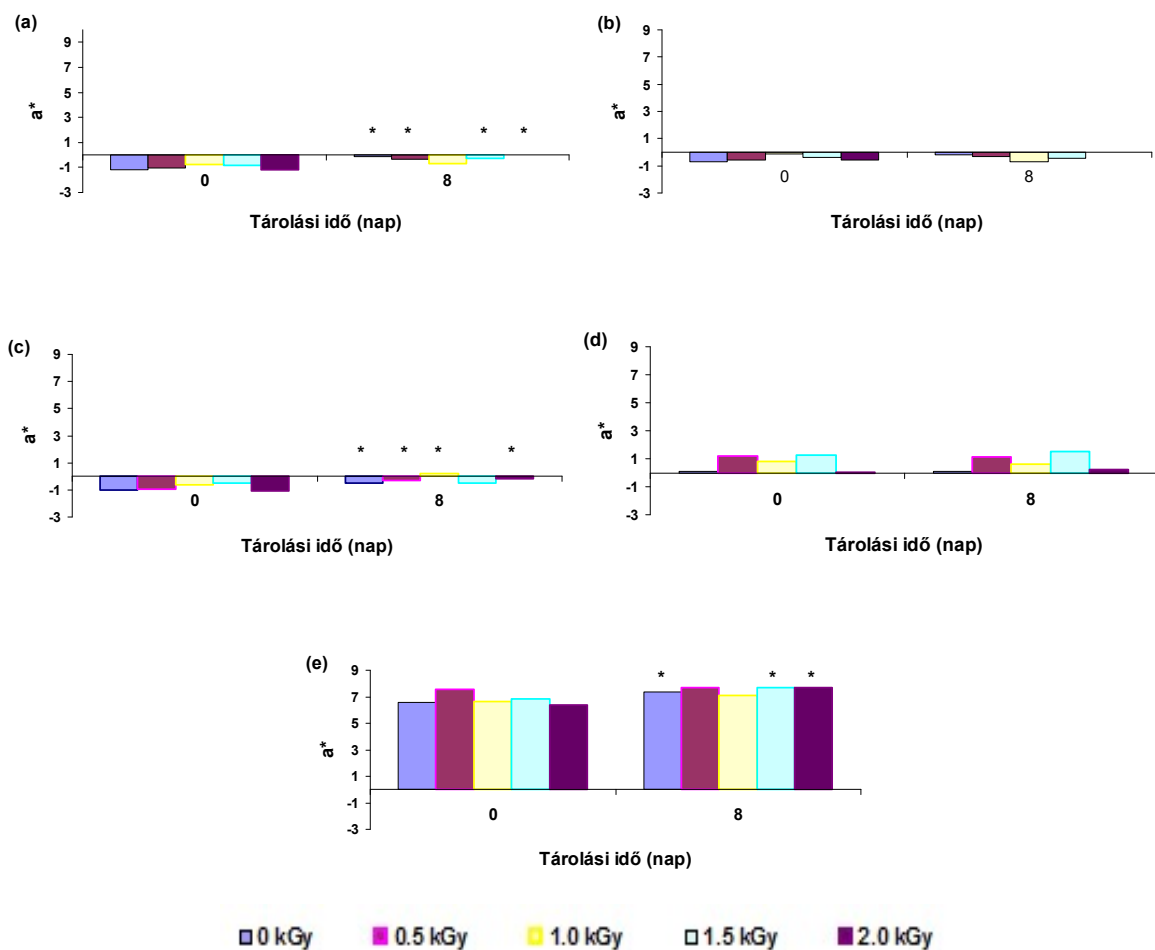
A nyolc napos hűtött tárolás alatt a kontroll és besugárzott Idared almafajta (73(b). ábra) és a narancs (73(d). ábra) L\* értékei nem változtak számottevően. E paraméter csökkenő tendenciája figyelhető meg az 5°C-on tárolt kezeletlen és sugárkezelt Golden (73(a). ábra) és Granny Smith (73(c). ábra) alma és a banán (73(e). ábra) minták esetében is. A csökkenő változás, azaz a gyümölcs sötétedése feltehetően a tárolás teljes ideje alatt folyamatosan ment végbe a kontroll és kezelt mintáknál egyaránt. Több mint valószínű, hogy enzimatis folyamatokkal magyarázható a tárolás során végbemenő barnulás.



\* szignifikáns különbség  $\alpha \leq 0,01$  valószínűségi szinten

**73. ábra** Kezeletlen és a különböző sugárkezelt (0,5; 1,0; 1,5; 2,0 kGy) Golden (a)-, Idared (b)- Granny Smith (c) alma minták, narancs (d) és banán (e) műszeres színmérésének L\* értékei a tárolás során

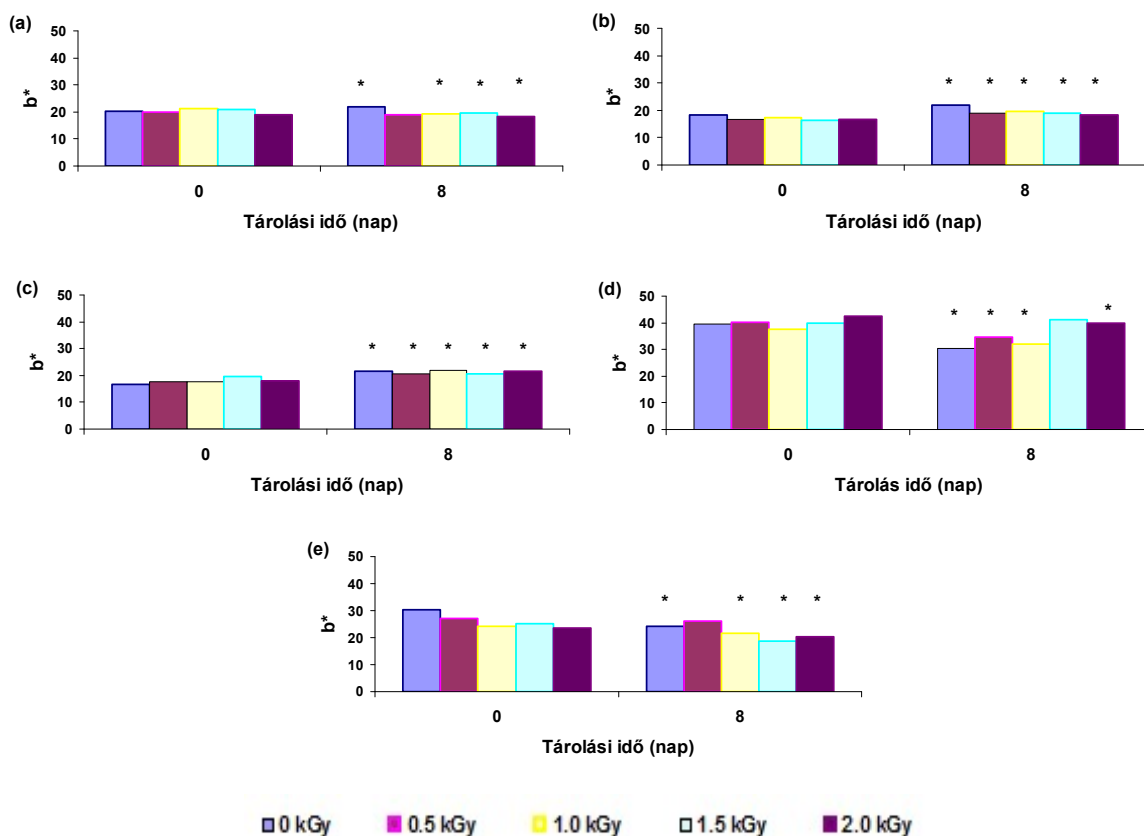
Az Idared almafajta (74(b). ábra) és a narancs (74(d). ábra) a\* értékei az előzőekhez hasonlóan stagnáltak a nyolc napig tartó hűtött tárolás során. Függetlenül a kezelés mértékétől a Golden (74(a). ábra) és a Granny Smith (74(c). ábra) almafajtáknál valamint a banánnál (74(e). ábra), növekedés volt kimutatható. Továbbá az is megállapítható volt, hogy a kontroll minta a\* értékei növekedtek az induló állapothoz képest, tehát színük az erősebb piros felé mozdult el.



\* szignifikáns különbség  $\alpha \leq 0,01$  valószínűségi szinten

**74. ábra** Kezeletlen és a különböző sugárkezelt (0,5; 1,0; 1,5; 2,0 kGy) Golden (a)-, Idared (b)-Granny Smith (c) alma minták, narancs (d) és banán (e) műszeres színmérésének  $a^*$  értékei a tárolás során

Csökkenő volt a tendencia a narancs (75(d). ábra) és a banán (75(e). ábra)  $b^*$  értékeiben az 5°C-on tárolt kezelt és kezeletlen gyümölcsöknél egyaránt. Ezzel ellentétben az összes besugárzott és kontroll alma (75(a),(b),(c). ábra) sárga színe ( $b^*$ ) erősebb lett, azáltal, hogy a  $b^*$  érték növekedett a hűtött tárolás során.



\* szignifikáns különbség  $\alpha \leq 0,01$  valószínűségi szinten

**75. ábra** Kezeletlen és a különböző sugárkezelt (0,5; 1,0; 1,5; 2,0 kGy) Golden (a)-, Idared (b)- Granny Smith (c) alma minták, narancs (d) és banán (e) műszeres színmérésének b\* értékei a tárolás során

A színmérésre vonatkozó vizsgálatokat a meggy és málna esetében csupán a kezelés napján végeztem el, a tárolás végén már nem, abból kiindulva, hogy az alma, a banán és a narancs esetében is a kiindulási állapotokhoz képest az eltéréseket nem a tartósító kezelés, hanem az amúgy is (a kontroll esetében is) végbemenő enzimatis barnulás okozta.

A 73-75. ábrák szórás értékeit az M4 számú mellékletben, táblázatban összefoglalva tüntettem fel.

**Összegezve** a különböző dózissal kezelt gyümölcsök és gyümölcspürék tristimulusos színmérés eredményeit megállapítható, hogy sem a világossági sem a színezeti tényezők nem változtak lényegesen a kezelések hatására a vizsgált különböző almafajtáknál. Csupán a nagyobb (2,0 és 3,0 kGy) dózisú kezelések okoztak műszeresen mérhető szignifikáns változásokat a fagyasztott gyümölcspürék, a narancs és a banán esetében a kontrollhoz képest. Ugyanakkor még ez esetekben sem fedeztünk fel különbséget, a szemrevételezést követően. A nyolc napig tartó

hűtött tárolás során enzimatikus folyamatok mentek végbe mind a kontroll mind a besugárzott gyümölcsöknél, mely az egyes színekben változást eredményezett, így elmondható, hogy az eltéréseket nem a tartósító kezelés okozta.



## **Egészségügyi és élelmiszeripari szakemberek oktatása/tájékoztatása a besugárzott élelmiszerekről és azok fogyasztásáról**

Két Workshopot sikerült megszervezni az Országos Élelmezés- és Táplálkozástudományi Intézzel együttműködve, annak érdekében, hogy tájékoztassuk az egészségügyi szakembereket (orvosokat, dietetikusokat, táplálkozási szaktanácsadókat) az élelmiszerbesugárzás adta lehetőségeiről, előnyeiről. A Workshopok meghívóit lsd. az M5-M6 melléletekben. Előadásainkban bemutattuk a FAO/IAEA kutatási projektet, a témával kapcsolatos eredményeinket, valamint az élelmiszerbesugárzás technikai hátterét. Továbbá, hogy eloszlassuk e tartósító eljárással összefüggő laikus félelmeket és az eljárás negatív megítélésén javítsunk, szórólapot (lsd. M7 melléklet) terveztünk majd terjesztettük azt az orvosi, dietetikusi és egészségügyi közösség köreiben. Bár a workshopok, ismertető beszámolók sikeresen zárultak, fontos a besugárzott élelmiszerek elfogadtatása, az ismeretek és kutatási tapasztalatok folyamatos átadása a kórházakban és ezen kívül természetesen a lakosság körében is. Valamint célszerű költségszámításokat végezni, hogy megfelelő gazdasági alapokon nyugodjon az eljárás alkalmazása.

#### 4.6. Új tudományos eredmények

1. Megállapítottam, hogy az általam vizsgált 3 féle gyümölcs, 2 féle zöldség és 4 féle desszert közül, ionizáló sugárkezelést követően, jó gyártási és higiéniai gyakorlat érvényesülése mellett melyek illeszthetők a legyengült immunrendszerű betegek étkeztetésébe. A kiválasztott termékek, amelyek a sugárkezelést követően a mikrobiológiai kritériumoknak eleget tettek, az alábbiak:

Minta	Sugárdózis (kGy)	Tárolási hőmérséklet (°C)	Minőség megőrzési idő (nap)
Darabolt alma	2,0	5	6
Szeletelt banán	0,5	5	7
Szeletelt paradicsom	1,5	5	8
Szeletelt sárgarépa	1,0	5	8
Túró Rudi	2,5	-18	min. 8
Túrókrém	3,0	-18	min. 8
Málnapürés gesztenyés piskóta	3,0	-18	min.6

2. Vizsgálataimmal alátámasztottam, hogy az élesztőgombák megfelelő mértékű elpusztításához az almából és a narancsból készített saláták esetén nagyobb, mint 2,0 kGy, valamint a fagyasztott meggypürénél nagyobb, mint 3,0 kGy dózisú sugárkezelés alkalmazása szükséges. Továbbá a kontroll túróból izolált *C. inconspicua*, mely az immunszuppresszált betegek estében gyakran izolált klinikai jelentőségű faj, a besugárzással kezelt mintákból nem volt azonosítható.
3. Megállapítottam, hogy a 2,0 kGy dózisú ionizáló sugárkezelés hatására a szeletelt paradicsom és sárgarépa tokoferol tartalmában valamint a karotinoid tartalomra vonatkozó szinte valamennyi vizsgált paraméterében szignifikáns csökkenés figyelhető meg a kontrollhoz képest.
4. Megállapítottam, hogy a 3,0 kGy sugárdózis a Túró Rudi fagyasztott állapotban történő besugárzásánál a mártómassza részben a konjugált dién-tartalom szignifikáns csökkenését okozta. Ami kisebb mértékű, de még elfogadható érzékszervi változást eredményezett.
5. Megállapítottam, hogy a 1,5 kGy dózisú kezelés legalább 5 nagyságrenddel csökkentette a vizsgált *Listeria monocytogenes* és a *Listeria innocua* sejtszámát, melyek számottevő

szaporodást nem mutattak hűtött körülmények között 8 napon át. A challenge teszttel bizonyítottam továbbá azt is, hogy túrókrémekben mind a *L. monocytogenes* mind a *L. innocua* tesztörzs az ionizáló sugárkezelésre ellenállóbb volt fagyasztott (-18 °C) körülmények között, mint a termék hűtött állapotában (5 °C).

## 5. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A dolgozatom alapján elmondható, hogy az ionizáló sugárkezelés hatása minden termék esetében változó mértékű volt, ezáltal javasolt minden termékre külön-külön elvégezni a vizsgálatokat és annak alapján meghatározni a szükséges dózis értékeket. Többségében a kezelések nem okoztak markáns, kiugró eltéréseket az általam vizsgált gyümölcsök, zöldségek és desszertek érzékszervi tulajdonságaiban, azonban egyes esetekben, mint a málnapürés gesztenyés piskótánál a gesztenyepüré rész jelentős mértékben eltért a kontrolltól érzékszervi paramétereit tekintve. A kísérlet folytatásaként fontosnak tartom a gesztenyepüré kémiai vizsgálatára is sort keríteni, hogy mely kémiai folyamat okozza az említett változást. Bizonyított azonban, hogy az immungyenge betegek ízlelő bimbói a terápiás kezelések miatt gyengébben működnek, ezért azokat az érzékszervi változásokat, amiket az egészséges emberek érzékelnek, a betegek nem feltétlenül (Mohácsi-Farkas, 2016). Így javasolt az érzékszervi vizsgálatokat a betegek alkotta csoportok körében is elvégezni. Az általam vizsgált Golden, Granny Smith almafajták, a narancs, a fagyasztott meggyepüré, a gesztenyepüré termékeknel az általam választott sugárdózis nem fejtett ki oly mértékű hatást, hogy a korábban említett beteg csoportok étrendjébe be lehessen vonni. A sugárkezelés előtt szükséges előzetesen a tétel mikrobiológiai állapotát felmérni és annak alapján megállapítani a megfelelő kezelési dózist. Az említett gyümölcsöknél a kívánt hatást legfőképpen a sugárrezisztens élesztőgombák miatt nem tudtam elérni, éppen ezért javaslom a már elkezdett molekuláris identifikációs vizsgálatok folytatását. A munka folytatásaként javaslom zöldpaprika, uborka, saláta, körte, szamóca, szőlő, citrusfélék, diabetikus desszertek, olajos magvak és egyéb készételek ionizáló sugárkezelését, melyeket a hazai kórházakban végzett felmérések alapján a dietetikusok és a betegek tanácsoltak illetve igényeltek. A jövőben az általam vizsgált desszerteken az ionizáló sugárkezelést MAP (módosított légterű) csomagolással is érdemes lenne kombinálni, mivel köztudott, hogy ugyanazon hatás eléréséhez a sugárdózis mértéke csökkenthető kombinált kezelés alkalmazásával, továbbá az oxidációs reakciók is elkerülhetők lennének. Az *E.coli* O157:H7 kórokozót sok esetben szarvasmarha trágyával kontaminálódott zöldség vagy gyümölcs közvetíti, és az alacsony infektív dózis, valamint a nyersen fogyasztott étel teszi lehetővé a fertőzés kialakulását. Emiatt ezzel az élelmiszerbiztonsági szempontból is jelentős kórokozóval a vizsgálatokat a jövőben kiegészíteném. Továbbá úgy vélem, hogy a fogyasztók, az orvosok, a kórházi dolgozók és a hatósági szakemberek tájékoztatására továbbra is szükség van a technológia megismertetése és elfogadottságának növelése céljából, melyet internetes felületeken, szórólapokon és rendezvények szervezésén keresztül stb. valósítanék meg. Gazdaságossági számítások után catering (készételgyártó és házhozszállító) cégeket is fel lehetne

keresni, és felhívni a figyelmet a technológia adta lehetőségekre, hiszen elsősorban az USA-ban már léteznek kis méretű, röntgen-berendezések, melyeket ma is használnak élelmiszer besugárzásra, többek között kórházi nagykonyhákban és szállító cégeknél. A tapasztalatok alapján a betegek családjának a kórházból hazatérés után sok esetben gondot okoz a biztonságos és megfelelő tápértékű élelmiszerek beszerzése, és akár hajlandók lennének többet is fizetni, ha ilyen termékek a kereskedelmi forgalomban is megvásárolhatóak lennének.

## 6. ÖSSZEFOGLALÁS

A hagyományos módszerekkel tartósított élelmiszerek hosszú időn keresztül kielégítették a fogyasztói igényeket. A 20. század közepétől azonban új kihívások jelentkeztek. A fogyasztók - főként az életszínvonal javulása révén - azt is igénylik, hogy az élelmiszerek az eddigieknél "természetesebb" állapotban, kevesebb vegyi adalékanyaggal, jobb érzékszervi minőséggel, ugyanakkor kényelmes formában és kevésbé szezonális jelleggel jussanak el hozzájuk. Ezekre az új kihívásokra az élelmiszeripar új eljárások kifejlesztésével igyekszik megoldást találni. Az új technológiák közül leginkább a nem hőkezeléses eljárásokon alapuló élelmiszer feldolgozás felé fordul a figyelem, mivel ezektől a hőkezelés káros hatásainak kiküszöbölését várják. Sikeresen alkalmazott, bár a köztudatban nem elterjedt módszerek közé tartozik az élelmiszerek ionizáló sugárzással történő tartósítása is. A felhasználás egyik speciális területe az immunkezelt betegek - jellemzően transzplantációs beavatkozáson vagy onkológiai kezelésen átesett páciensek, súlyos égési sérültek stb. - diétájában meghatározott élelmiszerek sterilizése illetve mikrobaszámának csökkentése. Mivel az immunhiányos betegek jobban ki vannak téve az élelmiszer eredetű mikrobiális fertőzéseknek, mint az egészséges emberek, hiszen a természetes védekező rendszerük a normál szint alatt van, a fogyasztható élelmiszerek köre is jelentősen leszűkült számukra. A hazai kórházakban végzett felmérés alapján megállapításra került azon élelmiszerek köre, amelyek fogyasztása táplálkozás-élettani és élvezeti értéke miatt ajánlatos volna, azonban az említett beteg csoportok nem fogyaszthatják. Továbbá szakértők által meghatározásra került a legyengült immunrendszerű betegek étkeztetésére vonatkozó mikrobiológiai paraméterek határértékei is, melyek a következők:

<i>Listeria</i> spp.	25 g-ban nem lehet jelen
<i>Salmonella</i> spp	25 g-ban nem lehet jelen
Mezofil aerob és fakultatív anaerob mikrobaszám	<500 TKE/g
Élesztő- és penészgombaszám	<50 TKE/g
Kóliformszám	<10 TKE/g
<i>Staphylococcus aureus</i> szám	<10 TKE/g
Aerob spóraszám	<10 TKE/g
Anaerob spóraszám	<10 TKE/g

Munkám során ezek alapján választottam ki néhány olyan élelmiszert, melyeken az ionizáló sugárkezelést elvégeztem. Minden esetben az adott élelmiszer minőségére legnagyobb befolyással lévő tulajdonságokban bekövetkezett változásokat igyekeztem nyomon követni. Vizsgáltam, hogy az ionizáló sugárkezelés egyes kezelési dózisok mellett javítja-e az adott

termék mikrobiológiai állapotát illetve jelentkeznek-e az eltarthatóságot és a fogyasztók preferenciáját befolyásoló egyéb változások.

A vizsgálati anyagok közé tartozott: szeletelt/kockázott Golden, Idared, Granny Smith almafajta (0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 kGy), narancs (0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 kGy), banán (0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 kGy), paradicsom (0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 kGy), sárgarépa (0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 kGy), Túró Rudi (0; 2,0; 2,5; 3,0 kGy), túrókrém (0; 2,0; 2,5; 3,0 kGy), meggy-, málna- és gesztenyepüré valamint piskóta (0; 2,0; 2,5; 3,0 kGy). A minták sugárkezelése minden esetben kereskedelmileg steril, fedeles polietilén dobozokban történt.

Táblázatban foglaltam össze azon termékeket, melyek a sugárkezelést követően mikrobiológiai szempontból a szakértő kutatócsoport által felállított kritériumoknak is eleget tettek.

Minta	Sugárdózis (kGy)	Kezelési hőmérséklet (°C)	Minőségmegőrzési idő 5 °C-on (nap)
<b>Idared alma</b>	2,0	5	6
<b>Banán</b>	0,5	5	7
<b>Paradicsom</b>	1,5	5	8
<b>Sárgarépa</b>	1,0	5	8
<b>Túró Rudi</b>	3,0	-18	8
<b>Túrókrém</b>	3,0	-18	8
<b>Málnapüré</b>	3,0	-18	6
<b>Gesztenyepüré</b>	3,0	-18	6
<b>Piskóta</b>	3,0	-18	6

A korábban említett, de a táblázatban fel nem sorolt termékeknél az alkalmazott maximális sugárdózisokkal sem értem el a kívánt hatást, így azokat a legyengült immunrendszerű betegek étrendjébe élelmiszerbiztonsági szempontból az általam elvégzett vizsgálatok alapján nem javaslom bevonni.

A mikrobiológiai vizsgálatok alapján a legnagyobb problémát a sugárrezisztens élesztőgombák száma okozta. Ebből kiindulva a molekuláris biológiai módszerekkel történő meghatározás során az élesztőgombák között *Candida inconspicua*, *Candida lusitanae* és *Trichosporon* sp. opportunistá patogén fajokat azonosítottunk. Ezen élesztőfajok közül a *Candida inconspicua* az egyik leggyakrabban izolált klinikai jelentőségű faj, melyet csak a kontroll mintákból azonosítottunk, a besugárzott mintákból nem.

Az élelmiszerbiztonsági feltételek teljesülése mellett fontos kérdés, hogy milyenek a kezelt termékek érzékszervi tulajdonságai. Közvetlenül a kezelés után végzett érzékszervi vizsgálataim eredményei alapján megállapítható volt, hogy a kis dózisú ( $\leq 3,0$  kGy) kezelések esetében valamennyi vizsgált termék közül csupán a sárgarépánál a 2,0 kGy és a málnapürés gesztenyés piskótánál a 3,0 kGy dózisú kezelést követően volt statisztikailag igazolható különbség a kontrollhoz képest az érzékszervi paraméterekben.

A *SMS TA-XT2 precíziós penetrométerrel* végzett állományvizsgálat szerint a kontrolltól szignifikáns mértékben a Golden ( $\geq 1,0$  kGy) és a Granny Smith (2,0 kGy) almafajták tértek el. Ezekben az esetekben a kezelés hatásaként puhulás történt, melyek mértéke a sugárdózisok mértékével volt arányos. A többi gyümölcs állománya nem változott nagymértékben a besugárzás hatására a kezeletlen mintákhoz képest.

A különböző dózissal kezelt gyümölcsök és gyümölcspürék tristimulusos színmérés eredményei, melyet *ColorLite sph850 típusú kézi spektrofotométerrel* mértem azt mutatták, hogy a nagyobb (2,0 és 3,0 kGy) dózisú kezelések műszeresen mérhető szignifikáns változásokat okoztak a fagyasztott gyümölcspürék, a narancs és a banán esetében. Ugyanakkor az emberi érzékelés alapján szemrevételezést követően elmondható, hogy a kontroll és a kezelt minták között a bírálók az érzékszervi vizsgálatok során nem vélték különbséget felfedezni. Az előző megállapítással ellentétben a vizsgált különböző almafajtáknál sem a világossági tényező sem a színezeti tényezők nem változtak lényegesen a kezelésekre hatására.

Az ionizáló sugárkezelés által okozott szignifikáns változás a narancsnál és a fagyasztott meggy-pürénél az összes antioxidáns kapacitás (FRAP), míg a narancs és banán esetében az összes polifenol tartalom eredményeiben mutatkozott. Nem lehet egyértelmű következtetést levonni, hogy az ionizáló sugárkezelés növekedést vagy csökkenést indukál a vizsgált gyümölcsökben - melyet az irodalmi adatok is alátámasztanak-, hiszen esetemben is rendkívül változó eredményeket kaptam. Ezek a változások az esetek többségében még az alkalmazott dózisok mértékeivel sem voltak összefüggésben.

A szeletelt paradicsom esetében az  $\alpha$ -tokoferol és néhány karotinoid a legsugárérzékenyebb. A veszteség egyes esetekben körülbelül fele az eredeti koncentrációnak, melyet a 2,0 kGy dózis eredményezett. A sárgarépában  $\alpha$ -,  $\gamma$ -tokoferolok szintje csökkent számottevő mértékben az eredeti koncentrációhoz képest. Továbbá mindkét zöldség aszkorbinsav tartalmában szignifikáns veszteség mutatkozott. Fontosnak tartom megjegyezni, hogy a kezelés okozta esetleges csökkenés ellenére, a páciensek mégis hozzájuthatnak ezekhez az élettanilag fontos vegyületekhez, természetes formában is – nem beszélve a termékek érzékszervi élvezeti értékéről.

A Túró Rudi túró része és a túrókrém 2,0; 2,5; 3,0 kGy besugárzás hatására nem szenvedett kimutatható mértékű oxidációs elváltozást. A növekvő dózissal történt besugárzás hatására a Túró Rudi külső mártómassza bevonatának malondialdehid és konjugált diének értéke növekvő tendenciát mutatott. A konjugált diének mennyiségének növekedése a 2,0 és 2,5 kGy kezeléseknél a kontrollhoz képest még nem jelentős (2 százalék), viszont 3,0 kGy hatására már szignifikáns (10 százalék) változás volt kimutatható, ami az avasodási folyamat beindulását



jelezte. A termékek kis dózisú besugárzással történő kezelése ( $\leq 2,5$  kGy) az oxidatív folyamatok szempontjából biztonságosnak tekinthető.

Kutatómunkám során mikrobiológiai challenge tesztet valamennyi általam vizsgált gyümölcsön, zöldségen és a túrókrémen is elvégeztem, modellezve ezzel azt a helyzetet, hogy mi történik, ha a termék kórokozóval fertőződik. A kísérleteket *Listeria monocytogenes* és *Listeria innocua* tesztmikroorganizmusokkal végeztem. Összeségében valamennyi vizsgált terméknel elmondható, hogy mind a *L. monocytogenes* szám mind a *L. innocua* szám több nagyságrendet csökkent az 1,0 kGy sugárkezelés hatására, de túlélte hűtött körülmények között, 5 °C-on az 1 hetes tárolást.

Az ionizáló sugárkezelés alkalmazásával lehetőség nyílt az élelmiszerfertőzések visszaszorítására, továbbá kórházi betegek étkeztetésének biztonságossá tételére. Már a kis dózisú besugárzás alkalmas a kórházi diéta színesítésére, választék bővítésére, mellyel hozzájárulhatunk állapotuk javításához. A kutatás legfontosabb, a gyakorlat számára is hasznosítható eredménye az lehet, hogy a kórházi betegek esélyt kaphatnak az amúgy is megváltozott életkörülményeik mellett a „normál”, ízletes és tápértékben gazdag, ugyanakkor mikrobiológiailag biztonságos ételek fogyasztására.

## 7. SUMMARY

Foods preserved using conventional methods had satisfied consumer demand for a long time. However, starting from the middle of the 20<sup>th</sup> century, new challenges have arisen. Consumers – mainly via the improvements in the standard of living – also require foods in a more "natural" state than before, containing less chemical additives, having better sensory properties and, at the same time, in a convenient form and with less seasonality. The food industry is trying to meet these challenges by developing new procedures. Of these new technologies, the greatest attention is being received by the non-thermal food processing technologies, because they are expected to eliminate the harmful effects of heat treatment. One of the methods that is used successfully, even though it is not widely known to the public, is the preservation of foods using ionizing radiation. A special area of application is the sterilization of or microbial reduction of foods consumed by patients undergoing immunotherapy – typically after transplant surgery or oncological treatment, severe burn victims, etc. Since immunodeficient patients are more at risk for food-borne microbial infections than healthy people, because their natural immune system is weak, therefore, the range of foods that can be consumed by them is significantly smaller. Based on a survey performed in domestic hospitals, the range of foods recommended for consumption because of their nutritional value and organoleptic properties was determined. In addition, limit values of microbiological parameters for the diet of patients with weakened immune systems were determined by experts, and are listed below:

<i>Listeria</i> spp.	not detected in 25 g
<i>Salmonella</i> spp	not detected in 25 g
Mesophilic aerobic and facultative anaerobic microbial counts	<500 CFU/g
Yeast and mold	<50 CFU/g
Coliform	<10 CFU/g
<i>Staphylococcus aureus</i>	<10 CFU/g
Aerobic spore count	<10 CFU/g
Anaerobic spore count	<10 CFU/g

Based on this limits, several foods were selected which were then subjected to ionizing radiation treatment. In all cases, the changes in properties that had the greatest influence on the qualities of the given food were followed. The microbiological status of the given product was improved by the ionizing radiation treatment at different treatment doses, and whether other changes influencing the shelf-life and consumer preferences occurred.

The substances investigated included pre-cut apple cultivars Golden, Idared and Granny Smith (0; 0.5; 1.0; 1.5; 2.0 kGy), orange (0; 0.5; 1.0; 1.5; 2.0 kGy), banana (0; 0.5; 1.0; 1.5; 2.0 kGy),

tomato (0; 0.5; 1.0; 1.5; 2.0 kGy), carrot (0; 0.5; 1.0; 1.5; 2.0 kGy) Túró Rudi (0; 2.0; 2.5; 3.0 kGy), curd cream (0; 2.0; 2.5; 3.0 kGy) and also sour cherry, raspberry and chestnut puree, cake (0; 2.0; 2.5; 3.0 kGy). Samples were irradiated in commercially sterile polyethylene boxes.

Products that, after radiation treatment, satisfy the criteria set forth by the expert research group from microbiological point of view are summarized in a table.

Sample	Radiation dose (kGy)	Product temperature (°C)	Maximum shelf life at 5 °C (day)
<b>Idared apples</b>	2.0	5	6
<b>Bananas</b>	0.5	5	7
<b>Tomatoes</b>	1.5	5	8
<b>Carrots</b>	1.0	5	8
<b>Túró Rudi</b>	3.0	-18	8
<b>Curd cream</b>	3.0	-18	8
<b>Raspberry puree</b>	3.0	-18	6
<b>Chestnut puree</b>	3.0	-18	6
<b>Cake</b>	3.0	-18	6

In the case of products that were mentioned above but are not listed in the table, the desired effect was not obtained even when applying the highest radiation doses, therefore, from a food safety point of view, I do not recommend to include them in the diet of patients with weakened immune systems.

Based on microbiological studies, the biggest problem was caused by the number of resistant yeasts. Starting from this *Candida inconspicua*, *Candida lusitaniae* and *Trichosporon* sp. opportunistic pathogenic species were identified with molecular biological methods. The *Candida inconspicua* is one of the most commonly isolated species among these yeast species, which was only identified from the control samples but not from the irradiated samples. In addition to meeting food safety requirements, the organoleptic properties of the treated products are also important. Based on the results of my sensory tests carried out immediately after treatment, it could be stated that, in the case of low dose treatments ( $\leq 3.0$  kGy), of all the products, statistically verifiable differences in sensory parameters compared to the control sample could only be detected following 2.0 kGy treatment of carrots and 3.0 kGy treatment of raspberry puree chestnut cake.

According to texture analyses performed by an *SMS TA-XT2 precision penetrometer*, significant differences from the control sample were observed for the Golden ( $\geq 1.0$  kGy) and Granny Smith (2.0 kGy) apple cultivars. In these cases, the treatment resulted in softening, the extent of which was proportional to radiation doses. There were only small changes in the texture of the other fruits compared to untreated samples after irradiation.

Tristimulus color measurement results of fruits and fruit purees subjected to different doses, performed using a *ColorLite sph850 handheld spectrophotometer*, showed that larger doses (2.0 and 3.0 kGy) caused significant changes in case of frozen fruit purees, oranges and bananas. However, after visual inspection, it can be stated that human sensory perception could not differentiate between control and treated samples. Contrary to the previous statement, neither brightness nor hue factors changed significantly due to the treatments in case of the different apple cultivars tested.

The significant change due to ionizing radiation treatment manifested in the total antioxidant capacity (FRAP) for oranges and frozen sour cherry puree, while for oranges and bananas in total polyphenol content. No unanimous conclusion can be drawn whether an increase or a decrease is induced in the fruits treated by ionizing radiation treatment – supported by literature data – because the results varied widely in my case also. In most cases, the changes did not even correlate to the doses applied.

There were no detectable oxidation changes in the cottage cheese part of Túró Rudi and curd cream due to 2.0, 2.5 or 3.0 kGy irradiation. With increasing irradiation dose, the malondialdehyde and conjugated diene value of the outer candy coating of Túró Rudi showed an upward trend. The increase in the amount of conjugated dienes compared to the control is not considerable in the case of the 2.5 kGy treatment (2%), but a significant change (10%) could be detected as a result of the 3.0 kGy treatment, indicating the onset of rancidity. Low dose ( $\leq 2.5$  kGy) radiation treatment of the products is considered safe in terms of oxidative processes. During my research, I performed microbiological challenge tests on all of the fruits and vegetables investigated, as well as on the curd cream, to simulate the situation when infection with a pathogen occurs. Experiments were performed using *Listeria monocytogenes* and *Listeria innocua* test microorganisms. Overall, it can be stated for all products that both the number of *L. monocytogenes* and *L. innocua* decreased by several orders of magnitude due to radiation treatment of 1.0 kGy, however they can survive under refrigerated conditions, at 5 °C, for a storage time of one week.

By using ionizing radiation treatment, it might be possible to suppress food-related infection, and to make the catering of hospital patients safer. Even low doses of irradiation are suitable for making the hospital diet more colorful and for extending the range of foods, thus contributing to the improvement of their condition. The most important result of the research that can be utilized in practice is that hospital patients, despite their already altered living conditions, get a chance to consume foods that are “normal”, delicious and full of nutrients, and which are, at the same time, microbiologically safe.

## 8. MELLÉKLETEK

### M1. melléklet Irodalomjegyzék

- ABUSHITA, A.A , DAOOD, H. G., BIACS, P.A. (2000): Change in carotenoids and antioxidant vitamins in tomato as a function of varietal and technological factors. *J. Agric. Food Chem.*, 48 (6), 2075–2081 p.
- ADAMS M. R., MOSS, M. O. (2008): Food Microbiology. RSC Publishing, University of Surrey Guildford, UK.
- ADAMS M. R., MOSS, M. O. (2008): Food Microbiology. RSC Publishing, University of Surrey Guildford, UK.
- AKER, S. N., CHENEY, C. L. (1983): The use of sterile and low microbial diets in ultrasolation environments. Reviews. *Jpen-Parenter Enter*, Vol 7., No.4, 390-396 p.
- AKER, S. N. (1984): On the cutting edge of dietetic science. irradiation of hospital food for patients with reduced immuno-responses. *Nutr Today*, 1-4 p.
- AL-BACHIR, M. (1986): Az ionizáló sugárzás hatása a gyümölcs-félék és a csemegeeszőllő tárolhatóságára. Kertészeti Egyetem, Kandidátusi Értekezés, Budapest.
- AL-BACHIR, M. (1999): Effect of gamma irradiation on storability of apples (*Malus domestica* L.) *Plant Food Hum Nutr*, Volume 54, Issue 1, 1-11p.
- AL-BACHIR, M. (2007): Effect of gamma irradiation on microbial load and sensory characteristics of aniseed (*Pimpinella anisum*) *Bioresource Technol*, 98, 1871–1876 p.
- ALLENDE, A., Tomas-Berberan, F.A., Gill, M.I. (2006): Minimal processing for healthy traditional foods. *Trends Food Sci Tech*, 17, 513-519 p.
- ALOTHMAN, A. (2005): Infection control and the immunocompromised host. *Saudi J of kidney Diseases and Transplantation*, 16 (4): 574-555 p.
- ANON (1989): Chilled and frozen: guidelines on cook-chill and cook-freeze catering systems. Department of Health, London, Her Majesty's Stationery Office, 4-19 p.
- BAN, G-H., KANG, D-H. (2014): Effects of gamma irradiation for inactivating *Salmonella* Typhimurium in peanut butter product during storage. *Int J Food Microbiol*, Volume 171, 3, 48-53 p.
- BANDEKAR, J. R., CHANDER, R., NERKAR, D. P. (1987): Radiation control of *Vibrio parahaemolyticus* in shrimp. *J Food Safety*, 8, 83-88 p.
- BARBUT, S., MAURER, A. J., THAYER, D. W. (1987): Gamma-irradiation of *Clostridium botulinum* inoculated turkey frankfurters formulated with different chloride salts and polyphosphates. *J Food Sci*, Volume 52, Issue 5, 1137–1139 p.
- BARROS, É. A., BROETTO, F., BRESSAN, D. F., SARTORI, M.M.P., COSTA, V. E. (2014): Chemical composition and lipoxygenase activity in soybeans (*Glycinemax* L. Merr.) submitted to gamma irradiation. *Radiat Phys Chem*, 98, 29–32 p.

- BAUERNFEIND, J. C. (1981): Carotenoids as Colorants and Vitamin A Precursors - *Technological and Nutritional Applications*. Academic Press, New York, 47-317 p.
- BEHRENS, J.H., BARCELLOS, M. N., FREWER, L. J., NUNES, T. P., LANDGRAF, M. (2009): Brazilian consumer views on food irradiation. *Innov Food Sci Emerg*, 10, 383-389 p.
- BENZIE, I. F. & STRAIN, J. J. (1996): The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Anal Biochem*, 239, 70-76 p.
- BEUCHAT, L. R., BRACKETT, R.E. (1990): Inhibitory effects of raw carrots on *Listeria monocytogenes*. *Appl Environ Microbiol*, 56 (6) 1734-1742 p.
- BIACS, P., DAOOD, H. G. (1994): HPLC and photodiode-array detection of carotenoids and carotenoid esters. *J Plant Physio*, 143, 520-525 p.
- BOYLE, F. P., KERTESZ, Z. I., GLEGG, R. E., CONNOR, M. A. (1957): Effect of ionizing radiation on plant tissues, II, softening of different varieties of apples and carrots by gamma rays, *J Food Res*, 22, 89 p.
- BRUHN, C. M. (1998): Consumer acceptance of irradiated food: Theory and reality, *Radiat Phy Chem*, 52, 129-133 p.
- BRUHN, C. M. (2007): Enhancing consumer acceptance of new processing technologies, *Innov Food Sci Emerg*, 8, 555-558 p.
- BUZZINI, P., MARGESIN, R. (2014): Cold-adapted yeast. Biodiversity, Adaptation Strategies and Biotechnological Significance. 502-508 p.
- CARPENTER, R. P., LYON, D. H., HASDELL, T. A. (2000): Guidelines for sensory analysis in food product development and quality control, second ed. Aspen.
- CHENG, A., WAN, F., XU, T., DU, F., WANG, W., ZHU, Q. (2011): Effect of irradiation and storage time on lipid oxidation of chilled pork. *Radiat Phys Chem*, 80, 475-480 p.
- CHOULIARA, I., SAMELIS, J., KAKOURI, A., BADEKA, A., AVVAIDIS, 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 Sci*, 74, 303-311 p.
- CLARK, I. D. (1968): Effects of ionizing radiation on the storage properties of fruits, in preservation of fruit and vegetables by radiation, IAEA, Vienna, 65.
- COTTER, P. D., GAHAN, C. G. M., HILL, C. (2001): A glutamate decarboxylase system protects *Listeria monocytogenes* in gastric fluid. *Mol Microbiol*, 40, 465-475 p.
- CRAWFORD, Y. J., MURANO, E. A., OLSON, D. G., SHENOY, K. (1996): Use of high hydrostatic pressure and irradiation to eliminate *Clostridium sporogenes* chicken breast. *J. Food Prot*, 59, 711-715 p.
- DAOOD, H. G., BENCSEK, GY., PALOTÁS, G., PÉK, Z., SIDIKOV, A., HELYES, L. (2013): HPLC analysis of carotenoids from tomatoes using cross-linked C18 column and MS detection. *J Chromatogr Sci*, <http://dx.doi.org/10.1093/chromsci/bmt139>.

- DAOOD, H. G., BIACS, P., DAKAR, M., HAJDU, F. (1994): Ion-pair chromatography and photo mode-array detection of vitamin C and organic acid. *J Chrom Sci*, 32, 481–487 p.
- DAOOD, H. G., BIACS, P., HOSCHKE, É., HARKAY-VINKLER, M., HAJDÚ, F., (1987): Separation and identification of tomato pigments by TLC and HPLC. *Acta Aliment*, 10, 339–350 p.
- DAOOD, H. G., SOLYMOS, K., BÁNÁTI, D., BERTA, Z., NYÉKI, J., SZABÓ, Z. (2011): Carotenoid composition and content in products of sea buckthorn and peach as determined by high-performance liquid chromatography. *Int J Hort Sci*, 16, 59–61 p.
- DEÁK T. (Szerk.) (2006): Élelmiszer mikrobiológia, Budapest, Mezőgazda Kiadó, 94-99; 155-156p.
- DIEHL, J. F. (1995): Safety of Irradiated Foods. Marcel Dekker, Inc. New York, Basel, Hong Kong 11; 89-142 p.
- DONG, F.M., LEE, C.J., RASCO, B.A., HUNGATE, F.P. (2007): Effects of gamma-irradiation on the contents of thiamin, riboflavin and vitamin B-12 in dairy products for low microbial diets. *J Food Process Pres*, Vol. 13. Issue 3, pp:233-244, doi:10.1111/j. 1745-4549.1989.tb00103.x
- EC. (1999): Directive 1999/2/EC of the European Parliament and of the Council of 22 February 1999 on the approximation of the laws of the Member States concerning foods and food ingredients treated with ionising radiation. *Official Journal of the European Communities*, L66/16-L66/23. 13.3. 1999.
- EFSA (2012): The European Union Summary Report on Trends and Sources of Zoonoses, Zoonotic Agents and Food-borne Outbreaks in 2012, Scientific report of EFSA and ECDC, *EFSA Journal* 2014;12(2):3547.
- EHLERMANN, D. A. E. (2005): Four decades in food irradiation. Editorial. *Radiat Phys Chem*, 73, 346-347 p.
- EL-ZAWAHRY, Y. A., ROWLEY, D. B. (1979): Radiation resistance and injury of *Yersinia enterocolitica*. *Appl Environ Microbiol*, 37, 50-54 p.
- EURÓPAI BIZOTTSÁG Jelentése a 2012. évre Vonatkozóan az Ionizáló Sugárzással kezelt Élelmiszer-összetevőkről, 2014
- EURÓPAI PARLAMENT ÉS TANÁCS 1999/2/Ek Irányelve (1999. február 22.)- az ionizáló sugárzással kezelt élelmiszerekre és élelmiszer-összetevőkre vonatkozó tagállami jogszabályok közelítéséről
- FARKAS, J. (2002): Új, nem termikus módszerek élelmiszerek mikrobiológiai biztonságának és minőség-megőrzésének javítására. *Élelmezési Ipar*, LVI. (6) 164-170 p.
- FARKAS, J. (2005). A tartósító és állati termék feldolgozó iparágakban közös technológiák. Budapest, Budapesti Corvinus Egyetem Élelmiszertudományi kar, 128-171 p.
- FARKAS, J. (2006): Irradiation for better foods. *Trends Food Sci Tech*, 17, 148–152 p.

- FARKAS, J., ANDRÁSSY, É., MÉSZÁROS, L., BÁNÁTI, D. (1995): Growth of untreated and radiationdamaged *Listeria* as affected by environmental factors. *Acta Microbiol et Immunol Hung*, 42(1), 19-28 p.
- FARKAS J., MOHÁCSI-FARKAS CS. (2011): History and future of food irradiation. *Trends Food Sci Tech*, 22, 121-126 p.
- FARKAS, J., SÁRAY, T., MOHÁCSI-FARKAS, CS., HORTI, K., ADRÁSSY, É. (1997): Effects of low dose gamma radiation on shelf life and microbiological safety of pre-cut/prepared vegetables. *Adv Food Sci*, 19 (3/4) 111-119 p.
- FEKETE, B. (2009): Hazai almafajták és hibridek szerepe táplálkozásunkban. Budapesti Corvinus Egyetem, Diplomadolgozat. 35 p.
- FEKETE, B., KISKÓ, G., STEFANOVITS-BÁNYAI, É., and MOHÁCSI-FARKAS, CS. (2012): Use of irradiation to improve the microbiological safety of some fresh pre cut fruits. *Acta Aliment*, Vol. 41 (Suppl.), pp. 53–62 p.
- FERNANDES, Â., ANTÓNIO, A., BARROS, L., BARREIRA, J. C. M., BENTO, A., BOTELHO, M. L., FERREIRA, I.C.F.R. (2011)a: Low dose gamma irradiation as a suitable solution for chestnut (*Castanea sativa* Miller) conservation: effects on sugars, fatty acids and tocopherols. *J Agric Food Chem*, 59, 10028–10033 p.
- FERNANDES, Â., BARREIRA, J. C. M., ANTÓNIO, A. L., BENTO, A., BOTELHO, M. L., FERREIRA, I.C.F.R. (2011)b: Assessing the effects of gamma irradiation and storage time in energetic value and in major individual nutrients of chestnuts. *Food Chem Toxicol*, 49, 2429–2432 p.
- FERNANDES, Â., ANTONIOA, A. L., BARREIRAA, J.C.M., OLIVEIRAB, M.B.P.P., MARTINSA, A., FERREIRAA, I.C.F.R. (2012): Effects of gamma irradiation on physical parameters of *Lactarius deliciosus* wild edible mushrooms. *Postharvest Biology and Technology*, 74, 79–84 p.
- FODOR, A., ROHONCZY, K., TABAJDINÉ, P. V. (2008). Húsipari termékek biztonságos eltarthatósági idejének meghatározása. EOQ MNB XVI. Élelmiszer Minőségellenőrzési Konferencia, Tihany.
- GASPARIKNÉ REICHARDT, J., BORÓKAY, ZS., ZOLLER, L., KOVÁCSNÉ, K. É., RESKÓNÉ, N.M. (2013). Challenge tesztek az élelmiszeriparban. Hungalimenteria, Budapest.
- GNANOU-BESSE, N., BARRE, L., BUHARIWALLA, C., VIGNAUD, M.L., KHAMISSI, E., DECOURSEULLES, E., NIRSIMLOO, M., CHELLY, M., KALMOKOFF, M.L. (2010). The overgrowth of *Listeria monocytogenes* by other *Listeria* spp. in food samples undergoing enrichment cultivation has a nutritional basis. *Int J Food Microbiol*, 136(3), 345-351 p.
- GOLDING, JOHN B.; BLADES, BARBARA L.; SATYAN, SHASHIREKHA; JESSUP, ANDREW J.; SPOHR, LORRAINE J.; HARRIS, ANNE M.; BANOS, CONNIE; DAVIES, JUSTIN B. (2014). Low dose gamma irradiation does not affect the quality, proximate or nutritional profile of 'Brigitta' blueberry and 'Maravilla' raspberry fruit. *Postharvest Biology and Technology*, Vol. 96, p. 49-52 p.



- GOULET, V., MARCHETTI, P. (1996): Listeriosis in 225 non-pregnant patients in 1992: aspects and outcome in relation to predisposing conditions. *Scand J Infect Dis*, 28, 367-374 p.
- GRANT, I. R., PATTERSON, M.F. (1991)a: A numerical taxonomic study of lactic acid bacteria isolated from irradiated pork and chicken packaged under various gas atmospheres. *J Appl Bacteriol*, 70, 302-307 p.
- GRANT, I. R. AND PATTERSON, M. F. (1991)b: Effect of modified atmosphere packaging on the microbiological and sensory quality of pork stored at refrigeration temperatures. *Int J Food Sci Technol*, 26, 507-519 p.
- GRANT, I. R., PATTERSON, M. F. (1991)c: Effect of irradiation and modified atmosphere packaging on the microbiological safety of minced pork stored under temperature abuse conditions. *Int J Food Sci Technol*, Volume 26, Issue 5, pages 521–533 p.
- GRANT, I. R.; PATTERSON, M. F. (1995): Combined effect of gamma radiation and heating on the destruction of *Listeria monocytogenes* and *Salmonella typhimurium* in cook-chill roast beef and gravy. *Int J Food Microbiol*, Volume 27, Issues 2–3, Pages 117–128 p.
- GRANT, I. R., NIXON, C. R., PATTERSON, M. F. (1993): Effect of low dose irradiation on growth of and toxin production by *Staphylococcus aureus* and *Bacillus cereus* in roast beef and gravy. *Int J Food Microbiol*, 18, 25-36 p.
- GUIMARAES, I. C., MENEZES, E. G. T., DE ABREU, P. S., RODRIGUES, A. C., BORGES, P.R.S., BATISTA, L. R., CIRILO, M. A., LIMA, L.C.O., (2013): Physicochemical and microbiological quality of raspberries (*Rubus idaeus*) treated with different doses of gamma irradiation. *Food Sci Technol*, (Campinas) 33, 316–322 p.
- GUNES, G., TEKIN., M. D. (2006): Consumer awareness and acceptance of irradiated foods: Results of a survey conducted on Turkish costumers, *LWT*, 39, 443-447 p.
- HAJARE, S. N., DHOKANE, V. S., SHASHIDAR, R., SHARMA, A., BANDEKAR, J. R. (2006): Radiation processing of minimally processed carrot (*Daucus carota*) to ensure safety: effect of nutritional and sensory quality. *J Food Sci*, 71 (3), 198–203 p.
- HAYES, P. S.; FEELEY, J. C., GRAVES, L. M., AJELLO, G. W., FLEMING, D. W. (1986): Isolation of *Listeria monocytogenes* from raw milk. *Appl Environ Microbiol*, vol. 51 no. 2 438-440 p.
- HARDER, M. N. C.; DE TOLEDO, T. C. F.; FERREIRA, A. C. P., ARTHUR, V. (2009): Determination of changes induced by gamma radiation in nectar of kiwi fruit (*Actinidia deliciosa*) *Radiat Phys Chem*, 78, 579–582 p.
- HARRISON, K., WERE, L. M. (2007): Effect of gamma irradiation on total phenolic content yield and antioxidant capacity of Almond skin extracts. *Food Chem*, 102, 932–937 p.
- HASTINGS, J. W., HOLZAPFEL, W. H., NIEMAND, J.G. (1986): Radiation resistance of lactobacilli isolated from radurised meat relative to growth and environment. *Appl Environ Microbiol*, 52, 898-901 p.

- HEGEDŰS A., STEFANOVITSNÉ, B. É. (2012): Természetes antioxidáns-forrásunk: A gyümölcs. Debreceni Egyetem, AGTC, Kertészettudományi Intézet. 47-49; 131-140 p.
- HOCAOGLU, A., A. Ş. DEMIRCI, T. GUMUS, M. DEMIRCI. (2012): Effects of gamma irradiation on chemical, microbial quality and shelf life of shrimp. *Radiat Phys Chem*, 81(12), 1923–1929 p.
- HOLZAPFEL, W. H., NIEMAND, J.G. (1985): The role of lactobacilli and other bacteria in radurized meat. Food Irradiation Processing. Proceedings of a Symposium, Washington D.C. IAEA Vienna, 239-40 p.
- HOZOVA, B., BUCHTOVA, V., DODOK, L., ZEMANOVIC, J. (1997): Microbiological, nutritional and sensory aspects of stored amaranth biscuits and amaranth crackers. *Nahrung*, 41(3), 155–158 p.
- SONG, H-P., BYUN, M-W., JO, C., LEE, C-H., KIM, K-S., KIM, D-H. (2007): Effects of gamma irradiation on the microbiological, nutritional, and sensory properties of fresh vegetable juice. *Food Control*, v.18, no.1, (6) (ISSN: 0956-7135), 5 p.
- IAEA. (2007): Food and Environmental Protection Newsletter, Vol.10, No2.
- IAEA, (2010): Report of the First Research Coordination Meeting on The Development of Irradiated Foods for Immuno-Compromised Patients and other Potential Target Groups. Vienna, Austria
- ISO 21527-1:2008 Microbiology of food and animal feeding stuffs -- Horizontal method for the enumeration of yeasts and moulds -- Part 1: Colony count technique in products with water activity greater than 0,95
- ISO 11290-1:2004 Microbiology of food and animal feeding stuffs -- Horizontal method for the detection and enumeration of *Listeria monocytogenes*
- JAVANMARD, M., ROKNI, N., BOKAIE, S., SHAHHOSSEINI, G. 2006. Effects of gamma irradiation and storage on microbial, chemical and sensory quality of chicken meat in Iran. *Food Control*, 17, 469–473 p.
- JO, C., KIM, H-J., KIM, D-H., LEE, W.-K., HAM, J.-S., BYUN. M.-W. (2007): Radiation sensitivity of selected pathogens in ice cream. *Food Control*, Volume 18, Issue 7, 859–865 p.
- KAMAT, A., PINGULKAR, K., BHUSHAN, B., GHOLAP, A., THOMAS, P. (2003): Potential application of low dose gamma irradiation to improve the microbiological safety of fresh coriander leaves. *Food Control*, 14, 529–537 p.
- KAMAT, A., WARKE, R., KAMAT, M., THOMAS, P. (2000): Low-dose irradiation as a measure to improve microbial quality of ice cream. *Int J Food Microbiol*, 62, 27-35 p.
- KFI Microbiological Methods Manual, Part II., Method 12 – 19.08.2003
- KFI Microbiological Methods Manual, Part II., Method 20 – 19.08.2003

- KHELEF, N., LECUIT, M., BUCHRIESER, C., CABANES, D., DUSSURGET, O., COSSART, P. (2006): *Listeria monocytogenes* and the genus *Listeria*. Prokaryotes. Chapter 1.2.11., 4, 404-476 p.
- KILCAST, D. (1995): Food irradiation: current problems and future potential. *Int Biodeter Biodegr*, 279-296.
- KIM, K.-H., YOON, H.-S. (2009) Effect of gamma irradiation on quality of kiwi fruit. (*Actinidiadeliciosa* var. *deliciosa* cv. Hayward). *Radiat Phys Chem*, 78, 414–421 p.
- KISS I. (1993) Élelmiszerek sugártartósítása Magyarországon. *Fizikai Szemle*, 7, 263 p.
- KISS, I. F., FORMANEK, Z., POLYÁKNÉ-FEHÉR, K., FARKAS, J. (1995): Ionizáló sugárzás hatása sajtok érzékszervi és néhány kémiai tulajdonságára. Élelmiszerfizikai közlemények, VIII. évfolyam, V. szimpózium, Gödöllő, 109-113 p.
- KOVÁCS, E. (1995): A besugárzás hatása a gyümölcsök reológiai jellemzőire. Élelmiszerfizikai közlemények, VIII. évfolyam, V. szimpózium, Gödöllő, 114-121 p.
- KRAMER, A. (1960): A rapid method for determining significance of differences from rank sums. *Food Technol*, 19, 576–581 p.
- KRAMER, A., TWIGG, B.A. (1962): Fundamentals of Quality-Control for the Food Industry. The Avi Publishing Company, Inc., Westport, Connecticut, USA., 512 p.
- KUME, T., FURUTA, M., TODOROKI, S., UENOYAMA, N., KOBAYASHI, Y. (2009)a: Quantity and economic scale of food irradiation in the world. *Radioisotopes*, 58 (1), 27-35 p.
- KUME, T., FURUTA, M., TODOROKI, S., UENOYAMA, N., KOBAYASHI, Y. (2009)b: Status of food irradiation in the world. *Radiat Phys Chem*, 78, 222-226 p.
- LACROIX, M., OUATTARA, B. (2000): Combined industrial processes with irradiation to assure innocuity and preservation of food products— a review Volume 33, Issue 9, 2000, Pages 719–724 p.
- LAMBERT, A.D., SMITH, J.P., DODDS, K.L. (1992): Physical, chemical and sensory changes in irradiated fresh pork packaged in modified atmosphere. *J Food Sci*, Volume 57, Issue 6, pages 1294–1299 p.
- LEE, J. W., KIM, J. K., SRINIVASAN, P., CHOI, J., KIM, J. H., HAN, S. B., KIM, D.-J., BYUN, M. W. (2009)a: Effect of gamma irradiation on microbial analysis, antioxidant activity, sugar content and color of ready-to-use tamarind juice during storage LWT - *Food Sci Tech*, 42, 101–105 p.
- LEE, J.-W., KIM, H.-J., YOON, Y., KIM, J.-H., HAM, J.-S., BYUN, M.-W., BAEK, M., JO, C., SHIN, M.-G. (2009)b: Manufacture of ice cream with improved microbiological safety by using gamma irradiation. *Rad. Phys. Chem.*, 78 (7-8), 593-595 p.
- LESCANO, G., NARVAIZ, P., KAIRIYAMA, E., KAUPERT, N. (1991): Effect of chicken breast irradiation on microbiological, chemical and organoleptic quality. *Lebensm Wiss Technol*, 24, 130-134 p.

- LOAHARANU, P. (2007): Irradiated foods. The american council on science and health. <https://books.google.hu/books?id=jBn5ZnJWfo0C&pg=PA36&dq=Loaharanu,+2007+irradiated+foods&hl=hu&sa=X&ved=0ahUKewjmlld6534bWAhWqFJoKHZssCq8Q6AEIJTAA#v=onepage&q=Loaharanu%2C%202007%20irradiated%20foods&f=false>
- LÓPEZ V., L.; AVENDAÑO V., SONIA; ROMERO R., J.; GARRIDO, S.; ESPINOZA, S.; VARGAS, M. (2005): Effect of gamma irradiation on the microbiological quality of minimally processed vegetables, *Arch Latinoam Nut*, V.: 55, issue: 3, 287-292 p.
- LŐRICZNÉ TÁBORFI, J., KOVÁCS, V. A. (2011): A kórházi felmérés eredményeinek bemutatása. FAO/IAEA kutatási program. <http://docplayer.hu/1545390-A-korhazi-felmeres-eredmenyeinek-bemutatasa.html>
- LUGASI, A., BLÁZOVICS, A. (2004): Az egészséges táplálkozás tudományos alapjai, 4. Számú útmutató az egészség megőrzéshez. Országos Élelmezés- és Táplálkozástudományi Intézet, Budapest. 55-57 p.
- LUND, B.M., BAIRD-PARKER, T.C., GOULD, G.W. (2000): *Microbiological Safety and Quality of Food* 69.
- LUND, B. M., O BRIEN, S. J. (2009): Microbiological safety of food in hospitals and other healthcare settings. *J Hosp Infect.* 73, 109-120 p.
- LUND, B. M., O BRIEN, S. J. (2011): The occurrence and prevention of foodborne disease in vulnerable people. *Foodborne Pathogens and Disease*, 8 (9), 961-973 p.
- MAHMOUD, B. S. M., BACHMAN, G., LINTON, R. H. (2010): Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella enterica* and *Shigella flexneri* on spinach leaves by X-ray, *Food Microbiology*, 27, 24-28 p.
- MAHTO, R., DAS, M. (2013): Effect of gamma irradiation on the physico-chemical and visual properties of mango (*Mangifera indica* L.), cv. 'Dushehri' and 'Fazli' stored at 20°C. *Postharvest Biology and Technology*, 86, 447-455 p.
- MASSEY, L. M. JR., PARSONS, G. F., SMOCK, R. M. (1964): Radiation Processing of foods; some effects of gamma radiation on the keeping qualities of apples, *J Agric Food Chem*, 12. 268p.
- MCCARTHY, J-A, DAMOGLOU, A. P. (1993): The effect of low-dose gamma irradiation on the yeast of British fresh sausage. *Food Microbiol*, 10, 439-446 p.
- MCCLURE, P. J., BEAUMONT, A. L., SUTHERLAND, J. P., ROBERTS, T. A. (1997): Predictive modelling of growth of *Listeria monocytogenes* The effects on growth of NaCl, pH, storage temperature and NaNO<sub>2</sub>. *Int J Food Microbiol*, 34(3). 221-232 p.
- MCLAUHLIN, J., REES, C. E. D. (2009): Genus *Listeria* Pirie 1940a, 383AL. In *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. The Firmicutes* (2nd ed.). New York: Springer, ISBN 978-0-387-95041-9.
- MEAD, P. S., SLUTSKER, L., DIETZ, V., MCCAIG, L. F., BRESEE, J. S., SHAPIRO, C., GRIFFIN, P. M., TAUXE, R. V. (1999): Food-related illness and death in the United States. *Emerging Infectious Diseases* 5(5), 607-625 p.

MÉK 1-2-1999/2 - Az élelmiszerek ionizáló energiával való kezelési szabályai

MÉK 1-2-19/1979 számú előírás, Az élelmiszer besugárzó létesítményekajánlott működési szabályzata

MÉSZÁROS, L., FARKAS, J., MOHÁCSI-FARKAS, CS., ADRÁSSY, É., SÁRAY, T., HORTI, K. (1998): Effect of low dose gamma irradiation on *L. monocytogenes* inoculated onto pre-cut packaged white cabbage and radish. In: Proceedings of the 3rd Karlsruhe Nutrition Symposium: European research toward Safer and Better Food. Part 2: Posters. Bundesforschungsanstalt für Ernährung, Karlsruhe.402-409 p.

MEXIS, S. F., KONTOMINAS, M.G. (2009): Effect of  $\gamma$ -irradiation on the physicochemical and sensory properties of cashew nuts (*Anacardium occidentale* L.). *Food Sci Technol*, 42,1501–1507 p.

MILLER, F. A., RAMOS, B., GIL, M. M., BRANDÃO, T. R. S., TEIXEIRA, P., SILVA, C. L. M. (2009): Influence of pH, type of acid and recovery media on the thermal inactivation of *Listeria innocua*. *Int J Food Microbiol*, 133(1-2),121–128 p.

MOHÁCSI-FARKAS, CS. (2016): Food irradiation: Special solutions for the immunocompromised. *Radiat Phys Chem*,129, 58–60 p.

MOHÁCSI-FARKAS, CS., FARKAS, J., ANDRÁSSY, É., POLYÁK-FEHÉR, K., BRÜCKNER, A., KISKÓ, G., ÁGOSTON, R. (2006): Improving the microbiological safety of some fresh pre-cut and prepackaged chilled produce by low-dose gamma irradiation. In: Use of Irradiation to Ensure the Hygienic Quality of Fresh, Pre-cut Fruits and Vegetables and Other Minimally Processed Food of Plant Origin. IAEA TecDoc 1530, IAEA, Vienna, 130-169 p.

MOHÁCSI-FARKAS, CS., FARKAS, J., KISKÓ, G., ÁGOSTON, R. (2010): Irradiation to improve safety of minimally processed fresh-produce. In: NAARRI International Conference on Isotope Technologies and Applications- New Horizons. NIC-2010, December 13-15, 2010, Mumbai, India. Vol. I. Invited talks, IT-03, National Association for Application of Radioisotopes and Radiation in Industry, Mumbai, India, 13-17 p.

MSZ 20900-2:1987 Édesipari termékek vizsgálata. Zsírtartalom meghatározása

MSZ EN ISO 11290-2:2012 Élelmiszerek és takarmányok mikrobiológiai vizsgálata. Horizontális módszer a *Listeria monocytogenes* kimutatására és számlálására. 2. rész: Számlálási módszer (ISO 11290-2:1998)

MSZ EN ISO 4833:2003 Élelmiszerek és takarmányok mikrobiológiája. Horizontális módszer a mikroorganizmusok számlálására. Telepszámlálási technika 30 °C-on (ISO 4833:2003)

MSZ EN ISO 6579:2006 Élelmiszerek és takarmányok mikrobiológiája. Horizontális módszer a szalmonellafajok kimutatására (ISO 6579:2002)

MSZ EN ISO 6887-1:2000 Élelmiszerek és takarmányok mikrobiológiája. A vizsgálati minták, az alapsuszpenzió és a decimális hígítások elkészítése mikrobiológiai vizsgálathoz. 1. rész:

Az alapszuspenzió és a decimális hígítások elkészítésének általános szabályai (ISO 6887-1:1999)

MSZ EN ISO 6888-1:1999 Élelmiszerek és takarmányok mikrobiológiája. Horizontális módszer a koagulázpozitív sztafilokokkusok (*Staphylococcus aureus* és más fajok) számának meghatározása. 1. rész: Baird-Parker-agar táptalajos eljárás (ISO 6888-1:1999)

MSZ ISO 11133-1:2000 Élelmiszerek és takarmányok mikrobiológiája. A táptalajok elkészítésének és előállításának irányelvei 1. rész: A laboratóriumban végzett táptalajkészítés minőségbiztosításának általános irányelvei (ISO/TR 11133-1:2000)

MSZ ISO 15214:2005 Élelmiszerek és takarmányok mikrobiológiája. Horizontális módszer a mezofil tejsavtermelő baktériumok megszámlálására. Telepszámlálási technika 30 °C-on

MSZ ISO 5508:1992 Animal and vegetable fats and oils. Analysis by gas chromatography of methyl esters of fatty acids

MUSTAPHA, M. B., BOUSSELMY, M., JERBI, T., BETTAĐEB, N. B., FATTOUCH, S. 2014. Gamma radiation effects on microbiological, physico-chemical and antioxidant properties of Tunisian millet (*Pennisetum Glaucum* L.R.Br.) *Food Chemistry*, 154, 230–237 p.

NARVAIZ, P. (2015): Irradiated food for special diets. *Stewart Postharvest Review* 3:3

NGUYEN-THE, C., LUND, B. M. (1991): The letal effects of raw carrots on *Listeria monocytogenes*. *J. Appl. Bacteriol.*, 70, 479-488 p.

NIEMAND, J. G. VAN DER LINDE, H. J., HOLZAPFEL, W. H. (1983): Shelf-life extension of minced beef through combined treatments involving radurization. *J. Food Prot.* , 46, 791-796 p.

NIEMIRA, B. A. (2008): Irradiation compared with chlorination for elimination of *Escherichia coli* O157:H7 internalized in lettuce leaves: influence of lettuce variety. *J Food Sci* , Volume 73, 5 p.

NIEMIRA, B. A., FAN, X. (2006): Low-dose irradiation of fresh and fresh-cut produce: safety, sensory and shelf life. In Sommers, C.H., Fan , X. (Eds): *Food Irradiation Research and Technology*, Iowa. Blackwell Publishing and the Institute of Food Technologist, Ames, 169-181p.

NUFER, U., STEPHAN, R., TASARA, T. (2007): Growth characteristics of *Listeria monocytogenes*, *Listeria welshimeri* and *Listeria innocua* strains in broth cultures and a sliced bologna-type product at 4 and 7 °C. *Food Microbiol*, 24 (5): 444– 451 p.

ODAMTTEN, G. T., APPIAH, V. , LANGERAK, D. I. (1987): Influence of inoculum size of *Aspergillus flavus* Link on the production of aflatoxin B<sub>1</sub> in maize medium before and after exposure to combination treatment of heat and gamma radiation. *Int. J. Food Microbiol*, 4, 119-127 p.

O'NEILL, K. DAMOGLU, A. P., PATTERSON, M. F. (1991): Sensitivity of common grain fungi to irradiation on grain and in phosphate-buffered saline. *Lett. Appl. Micobiol*, 12. 180-183p.

- ORNELAS-PAZ, J. J., MEZA, M. B., OBENLAND, D., RODRIGUEZ (FRISCIA), K., JAIN, A., THORNTON, S., PRAKASH, A. (2017): Effect of phytosanitary irradiation on the postharvest quality of Seedless Kishu mandarins (*Citrus kinokuni mukakukishu*). *Food Chem.* 230, 712-720p.
- PAL, A., LABUZA, T. P., DIEZ-GONZALEZ, F. (2008): Comparison of primary predictive models to study the growth of *Listeria monocytogenes* at low temperatures in liquid cultures and selection of fastest growing ribotypes in meat and turkey product slurrie. *Food Microbiol.* 25(3), 460–470 p.
- PATTERSON, M. F. (1989): Sensitivity of *Listeria monocytogenes* to irradiation on poultry meat and in phosphate-buffered saline, *Lett. Appl. Microbiol.* 8, 181-184 p.
- PATTERSON, M. F. (1995): Sensitivity of *Campylobacter* spp. to irradiation in poultry meat. *Appl. Microbiol.* 20, 338-340 p.
- PÉREZ, J., LIRES, C., HORAK, C., PAWLAK, E., DOCTERS, A., KAIRIYAMA, E. (2009): Gamma irradiation as a phytosanitary treatment for fresh pome fruits produced in Patagonia *Radiat Phys Chem*,78, 647–650 p.
- PIETRANERA ADEIL M. S., NARVAIZ P., HORAK C., KAIRIYAMA E. (2003): Irradiated icecreams for immunosuppressed patients. *Radiat Phys Chem*, 66, 357–365 p.
- PINTÉR, SZ. (2013): Ökológiai és integrált gazdálkodással termesztett csonthéjas és almatermésű gyümölcsök mikrobiológiai és kémiai analízise, Doktori értekezés, 100-103 p.
- POMÁZI, A., GEPHARD, A., TSAPOURNIOTI, P., BELÁK, Á., MOHÁCSI-FARKAS, CS. (2015): Fungal contaminants of irradiated foods made for immuno-compromised patients. In: Engelhardt T., Dalmadi I., Baranyai L., Mohácsi-Farkas Cs. (szerk.) Food Science Conference 2015- Integration of science in food chain: Book of proceedings. Budapest, Corcinus University of Budapest, 209-212 p.
- 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. *Radiat Phys Chem*, 63, 387–390 p.
- RIEBE, F.A., SCHNITZLER, J., SCHONBERG, N., GOEBEL, A., SCHUBERT, P. (1997): Isolation of catalase-negative *Listeria monocytogenes* strains from listeriosis patients and their rapid identification by anti-p60 antibodies and/or PCR. *J Clin Microbiol*, 35, 179-183 p.
- RODRIGUES F. T., FANARO G. B., DUARTE R. C., KOIKE A. C., C.H.VILLAVICENCIO A. L. (2012): A sensory evaluation of irradiated cookies made from flaxseed meal. *Radiat Phys Chem*, 81, 1157–1159 p.
- ROHONCZY, K., TABAJDINÉ, P. V., FODOR, A., BORÓKAY, ZS., ZOLLER, L. (2009): Húsipari termékek minőségmegőrzési időtartamának validálása az EU ajánlás tükrében. Hungalimentaria Konferencia. Budapest.
- ROLLIN F., KENNEDY, J., WILLIS, J. (2011): Consumers and new food technologies. *Trends Food Sci Tech*, 22, 99-111 p.

- ROWLEY, D. B., FIRSTENBERG-EDEN, R., POWERS, E. M., SHATTUCK, G. E., WASSERMAN, A. E., WIERBICKI, E. (1983): Effect of irradiation on the inhibition of *Clostridium botulinum* toxin production and the microbial flora in bacon. *J Food Sci*, Volume 48, Issue 4, pages 1016–1021 p.
- RYU, J., PARK, S. H., YEOM, Y. S., SHRIVASTAV, A., LEE, S.-H., KIM, Y.-R., KIM, H.-Y. (2013): Simultaneous detection of *Listeria* species isolated from meat processed foods using multiplex PCR. *Food Control*, 32 (2) 659- 664 p.
- SCHRÖDER, M. J. (2003): Food quality and consumer value. Springer-Verlag, Berlin 330.
- SCHWARTZ, B., HEXTER, D., BROOME, C. V., HIGHTOWER, A. W., HIRSCHHORN, R. B., PORTER, J. D., HAYES, P. S., BIBB, W. F., LORBER, B., FARIS, D. G. (1989): Investigation of an outbreak of listeriosis: New hypotheses for the etiology of epidemic *Listeria monocytogenes* infections. *J Infect Dis*, 159, 680–685 p.
- SHAO, Y., TANG, F., XU, F., WANG, Y., BAO, J. (2013): Effects of  $\gamma$ -irradiation on phenolics content, antioxidant activity and physicochemical properties of whole grain rice. *Radiat Phys Chem*, 85, 227–233 p.
- SHARMA, A., BEHERE, A. G., PADAWL-DESAI, S. R., NADKARNI, G. B., (1980): Influence of inoculum size of *Aspergillus parasiticus* spores on aflatoxin production. *Appl Environ Microbiol*, 40. 989-993 p.
- SINGLETON, V. L., & ROSSI, J. A. (1965): Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Vitic.*, 16. 144–158 p.
- SONG, H-P., BYUN, M-W., JO, C., LEE, C-H., KIM, K. S., KIM, D-H. (2007): Effects of gamma irradiation on the microbiological, nutritional, and sensory properties of fresh vegetable juice. *Food Control*, 18, 5–10 p.
- STEFANOVITS-BÁNYAI, É. (2006): Kertészeti növények antioxidáns hatásának vizsgálata. MTA Doktori értekezés.
- SUNG, W. C. (2005): Effect of gamma irradiation on rice and its food products. *Radiat Phys Chem*, 73, 224–228 p.
- SZEKÉR, K. (2007): Tejsavbaktériumok és élelmiszer-eredetű romlás- és kórokozó baktériumok versengési kölcsönhatásának vizsgálata; doktori disszertáció [http://phd.lib.uni-corvinus.hu/281/1/szeker\\_krisztina.pdf](http://phd.lib.uni-corvinus.hu/281/1/szeker_krisztina.pdf). 37 p.
- TAIPINA, M. S., GARBELOTTI, M. L., LAMARDO, L. C. A., SANTOS, J. S., RODAS, M.A.B. (2011): The effect of gamma irradiation on the nutritional properties of sunflower whole grain cookies *Procedia. Food Sci*, 1, 1992-1996 p.
- TAKALA, P. N., VU, K. D., SALMIÉRI, S., LACROIX, M. (2011): Effect of antimicrobial coatings on the radiosensitization of *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*, and *Listeria monocytogenes* in fresh broccoli. *J Food Prot*, Vol.74, No. 7, 2011, 1065-1069 p.
- TEZOTTO-ULIANA, J. V., BERNO, N. D., SAJI, F. R. Q., KLUGE, R. A. (2013): Gamma radiation: An efficient technology to conserve the quality of fresh raspberries *Scientia Horticulturae* 164, 348–352 p.



- THAYER, D. W. (2004): Irradiation of Food — Helping to Ensure Food Safety. *The New England Journal of Medicine*. 350,1811-1812 p.
- THAYER, D. W., FOX JR, J. B., LAKRITZ, L. (1991): Effects of ionizing radiation on vitamins. In: Thorne, S. (Ed.), *Food Irradiation*. Elsevier Applied Science Publishers, London, 285–325 p.
- THAYER, D. W., BOYD, G. (1994): Control of enterotoxigenic *Bacillus cereus* on poultry or red meats, and in beef gravy by gamma radiation. *J Food Prot*, 57, 758-64 p.
- THAYER, D. W., SONGPRASERTCHAI, S., BOYD, G. (1991): Effects of heat and ionizing radiation on *Salmonella typhimurium* in mechanically deboned chicken meat. *J Food Prot*, 54, 718-724 p.
- TRIGO, M. J., SOUSA, M.B., SAPATA, M. M., FERREIRA, A., CURADO, T., ANDRADA, L., BOTELHO, M. L., VELOSO, M. G. (2009): Radiation processing of minimally processed vegetables and aromatic plants. *Radiat Phys Chem*, 78, 659–663 p.
- URBAIN, W. M. (1986): *Food Irradiation* Academic Press, Inc. New York and London.
- VAN TIEL, F. H., HARBERS, M. M., TERPORTEN, P. H. W., VAN BOXTEL, R.T.C., KESSELS, A. G., VOSS, G.B.W.E., SCHOUTEN, H. C., (2007): Normal hospital and low bacterial diet in patients with cytopenia after intensive chemotherapy for hematological malignancy: a study of safety. *Annals of Oncology*, doi: 10.1093/annonc/mdm082.
- VILLAVICENCIO, A.L.C.H., ARAUJO, M. M., FANARO, G. B., RELA, P. R., MANCINI-FILHO, J. (2007): Sensorial analysis evaluation in cereal bars preserved by ionizing radiation processing. *Radiat Phys. Chem.* 76, 1875–1877 p.
- WAJE, C. K., JUN, S. Y., LEE, Y. K., KIM, B. N., HAN, D. H., JO, C., KWON, J. H. (2009): Microbial quality assessment and pathogen inactivation by electron beam and gamma irradiation of commercial seed sprouts. *Food Control*, 20, 200-204 p.
- WEN, H.-W., CHUNG, H.-P., CHOUB, F.-I., LIN, I., HSIEH, P.-C. (2006): Effect of gamma irradiation on microbial decontamination, and chemical and sensory characteristic of lycium fruit. *Radiat Phys Chem*, 75, 596–603 p.
- WHO (World Health Organization). (1981): Wholesomeness of Irradiated Food. Report of Joint FAO/IAEA/WHO Expert Committee. Technical Report Series 659. World Health Organisation, Geneva.
- WHO (World Health Organization). 1999. High-Dose Irradiation. Wholesomeness of Foods Irradiated with Doses above 10 kGy. Report of a Joint FAO/IAEA/WHO Study Group. WHO Technical Report Series 890. Geneva.
- WHO 1988. Food Irradiation. A technique for preserving and improving the safety of Food. Geneva: World Health Organization.
- YILDIRIM., I., UZUNLU., S., TOPUZ, A. 2004. Effect of gamma irradiation on some principle microbiological and chemical quality parameters of raw Turkish meat ball. *Food Control*, 16, 363–367 p.

YUN, H., LEE, K. H., LEE, H. J., LEE, J. W., AHN, D. U., JO, C. (2012): Effect of high-dose irradiation on quality characteristics of ready-to-eat chicken breast. *Radiat Phys Chem*, 81, 1107–1110 p.

YUN, J., LI, X., FAN, X., TANG, Y., XIAO, Y., WAN, S. (2012): Effect of gamma irradiation on microbial load, physicochemical and sensory characteristics of soybeans (*Glycine max* L. Merrill). *Radiat Phys Chem*, 81, 1198–1202 p.

YOON, Y., LEE, S., CHOI, K-H. (2016): Microbial benefits and risks of raw milk cheese. *Food Control*, Volume 63, May 2016, 201-215 p.

ZHANG, K., DENG, Y., FU, H., WENG, Q. (2014): Effects of Co-60 gammairradiation and refrigerated storage on quality of Shatang mandarin, *Food Science and Human Wellness*.

<http://korny.uni-corvinus.hu>

<https://www.agroster.hu>

<https://www.iaea.org>

<https://www.vitaliskft.com>

**67/2011. (VII. 13.) VM** rendelet az élelmiszerek ionizáló sugárzással való kezelésének szabályairól, *Módosítás: 2009. évi XXVIII. tv., 2009. évi LVI. tv., 2010. évi IX. tv.*

**2008. évi XLVI.** törvény az élelmiszerláncról és hatósági felügyeletéről (*Módosítás: 2009. évi XXVIII. tv., 2009. évi LVI. tv., 2010. évi IX. tv.*)

**19/2004. (II:16.) FVM-ESZCSM-GKM** rendelet az élelmiszerek jelöléséről  
*Módosítás: 26/2010. (III. 19.) FVM* rendelet

**1999/3/EK Irányelve** (1999. február 22.) az ionizáló sugárzással kezelt élelmiszerek és élelmiszer-összetevők közösségi listájának megállapításáról

**2073/2005/EK** rendelet (2005. november 15.) az élelmiszerek mikrobiológiai kritériumairól

**M2. melléklet Összefoglaló táblázat:** Különböző termékeken az összes mezofil aerob mikrobaszám, élesztő,- és penészgombaszám, kóliform-, *E.coli*-, *S. aureus*-, tejsavbaktériumszám valamint *Salmonella typhimurium* inaktiválódásának mértéke különböző kezelési dózisok hatására

Mikroorganizmus	Közeg	Sugárkezelés (kGy)	Inaktiváció mértéke (log CFU/g)	Referencia
Összes mezofil aerob mikroba	Friss csirkehús	1	1.22	Javanmard et al., (2006)
		3	1.84	
		5	4.77	
	Nyers török húsgombóc	2	1.29	Yıldırım et al., (2005)
		4	2.15	
	Késze sült fűszeres csirkemell	5	0	Yun et al., (2012)
	Görög száraz szalámi alapanyag (hús/zsír)	2	1.6	Chouliara et al., (2006)
		4	2.2	
	Rák	1	1.99	Hocaoğlu et al., (2012)
		3	2.82	
		5	4.6	
	Roma paradicsom	0.5	1.34	Prakash et al., (2002)
		1.24	0.96	
	Sárgarépalé	1	2.40	Song et al., (2007)
		2	3.82	
	Kelkáposztalé	1	1.00	Song et al., (2007)
		2	1.49	
		3	1.97	
		5	3.91	
	Tamarind dzsúz	1	0.44	Lee et al., (2009a)
3		0.88		
5		1.12		
Ánizsmag	1.5	2.74	Al-Bachir (2007)	
Koriander	1	2.33	Kamat et al., (2003)	
	2	3.71		
	3	4.71		
Szójabab	1	1.12	Yun et al. (2012)	
Rizs (TCN 1)	0.1	0.17	Sung (2005)	
	1	0.24		
	0.1	0.35		
	1	0.72		
Élesztő,- és penészgomba	Roma paradicsom	0.5	1.08	Prakash et al., (2002)
		1.24	1.08	
		3.7	2.39	
	Koriander	1	0.77	Kamat et al., (2003)
Szójabab	1	1.11	Yun et al., (2012)	
Élesztőgomba	Görög száraz szalámi alapanyag (hús/zsír)	2	0.1	Chouliara et al., (2006)
		4	0.7	
Tejsavbaktérium	Görög száraz szalámi alapanyag (hús/zsír)	2	1.2	Chouliara et al., (2006)
		4	2.5	
Kóliform	Friss csirkehús	0.75	1.64	Javanmard et al., (2006)
		3	3.54	
		5	5.4	
	Rák	1	1.03	Hocaoğlu et al., (2012)
		3	2.79	
	Sárgarépalé	1	2.51	Song et al., (2007)
		2	3.78	
	Kelkáposztalé	1	0.98	Song et al., (2007)
		2	1.56	
		3	2.14	
5		4.03		
<i>E.coli</i>	Rák	1	1.38	Hocaoğlu et al., (2012)
	Sárgarépalé	1	2.6	Song et al., (2006)
<i>S. aureus</i>	Rák	1	0.43	Hocaoğlu et al., (2012)
<i>Salmonella typhimurium</i>	Sárgarépalé	1	2.9	Song et al., (2006)
		2	4.9	
	Mogyoróvaj A	1	1.85	Ban és Kang (2014)
		2	2.76	
		3	3.88	
	Mogyoróvaj B	1	1.3	
		2	2.59	
		3	3.45	
	Mogyoróvaj C	1	1.78	
		2	2.55	
3		3.97		

**M3. melléklet Országos Élelmezés- és Táplálkozástudományi Intézet által végzett kórházi felmérés az immunszupprimált betegek étkeztetéről**

***IMMUNSZUPPRIMÁLT BETEGEK ÉTKEZTETÉSE***

***KÓRHÁZI FELMÉRÉS***

**2011**

**KÉRDŐÍV**

***A FELMÉRÉST VÉGZI:***

***ORSZÁGOS ÉLELMEZÉS- ÉS TÁPLÁLKOZÁSTUDOMÁNYI INTÉZET (OÉTI)***

*Kérdőív felvétel ideje: 2011. január*



### KITÖLTÉSI ÚTMUTATÓ

A kérdőíves felmérés formája személyes kérdezés. A kórházi címlista alapján az vegye fel a kapcsolatot az Intézmény igazgatójával. Ezt követően az osztályvezető főorvossal (O), a vezető dietetikussal (D), az osztály főnővérrel (N) és a szolgáltató főzőkonyha élmezésvezetőjével (É) töltsse ki a kérdőív vonatkozó részeit.

A kérdéseknél a 88 és 99 kóddal jelzett, a vízszintes vonal alatti válaszokat kérjük, soha ne olvassa fel, csak jelölje be, ha nem tud, vagy nem akar válaszolni a kérdezett!

A kérdőív felvételekor ügyeljen arra, hogy megválaszolatlan kérdés ne maradjon a kérdőívben!

A kérdőív kitöltését segítő instrukciókat az adott kérdésnél találja meg!

#### KÉRJÜK TÖLTSE KI AZ ALÁBBI ADATOKAT!

1. Kitöltés dátuma: .....év ..... hónap ..... nap

2. Kérdőívet kitöltötte:

Név: .....

3. Az Intézet neve: .....

4. Az Intézet címe: .....

5. Az élmezési ellátást biztosító cég és az élmezésvezető neve: .....

6. Az élmezési ellátást biztosító telefonszáma: .....

6. A válaszadó orvos neve és tel. száma: .....

7. A válaszadó dietetikus neve és tel. száma: .....

8. A válaszadó nővér neve és tel. száma: .....

Az OÉTI felmérést végez, melynek célja, hogy képet kapjunk az egészségügyi intézményekben kezelt immunszupprimált betegek étkeztetéséről.

Minél pontosabbak az Ön válaszai, annál megbízhatóbb információk alapján tudunk hozzájárulni a jelenlegi helyzet javítását célzó beavatkozások tervezéséhez.

#### N - AZ ELLÁTÓ OSZTÁLYOK NEVE ÉS AZ IMMUNSZUPPRIMÁLT

#### BETEGEK ÁTLAGOS HAVI SZÁMA OSZTÁLYONKÉNT:

1. ....

2. ....

3. ....

O, D, É 1. Ki tervezi az immunszupprimált betegek részére az étlapot? (Több válasz is megjelölhető!)

1 – dietetikus

2 – élmezésvezető

3 – szakács

4 – egyéb: .....

88 – nem tud válaszolni

99 – nem akar válaszolni

O, D, É 2. Milyen diétás protokollt alkalmaznak az immunszupprimált betegek ellátása során?

O, D, É 3. Kérjük, sorolja fel a diéta összeállításakor alkalmazott legfontosabb irányelveket!

D, É 4. Külön ételt készítenek az immunzupprimált betegek számára?

- 1 – igen
- 2 – nem
- 3 – egyéb:.....
- 88 – nem tud válaszolni
- 99 – nem akar válaszolni

D, É 5. Eltérő konyhatechnológiát alkalmaznak az immunzupprimált betegek számára?

- 1 – igen
- 2 – nem
- 3 – egyéb:.....
- 88 – nem tud válaszolni
- 99 – nem akar válaszolni

D, É 6. Alkalmaznak bármilyen csiraszám csökkentő eljárást (pl. autokláv) az elkészült ételeknél?

- 1 – igen
- 2 – nem
- 3 – csak bizonyos ételeknél:.....
- 4 – egyéb:.....
- 88 – nem tud válaszolni
- 99 – nem akar válaszolni

N 7. Hogyan történik az immunzupprimált betegek étkeztetése?

É 8. Mekkora összegű nettó nyersanyag norma áll rendelkezésre ellátottanként a felmérés időszakában? Amennyiben a felmérésben szereplő osztályokon az étrendre, diétára eltérő norma vonatkozik, kérjük, hogy az immunzupprimáltaknál alkalmazott normát adja meg!

Nettó napi nyersanyagnorma:

Egy ételmezési napra jutó nyersanyag költség ÁFA nélküli Ft értéke:

1. – napi norma nettó értéke: .....Ft/fő/nap

Ezen belül:

2. – reggeli .....Ft/fő/nap

3. – tízórai .....Ft/fő/nap

4. – ebéd .....Ft/fő/nap

5. – uzsonna .....Ft/fő/nap

6. – vacsora .....Ft/fő/nap

7. – pótvacsora .....Ft/fő/nap

8. – a steril étrend nettó nyersanyag költsége .....Ft/fő/nap

88 – nem tud válaszolni

99 – nem akar válaszolni

D 9. Az immunzupprimált betegek táplálkozási anamnéziséről a dietetikusok készítenek DIÉTÁS ADATLAP-ot?

- 1 – igen
- 2 – nem
- 88 – nem tud válaszolni
- 99 – nem akar válaszolni

D, N, É 10. Minden esetben tudja-e biztosítani az immunzupprimált beteg számára az individuális betegélelmezést? Amennyiben nem, kérjük, sorolja fel az okokat!

- 1 – igen
- 2 – nem
- 3 – nem, mert.....
- 88 – nem tud válaszolni
- 99 – nem akar válaszolni

É, D 11. Az étlap összeállításakor, történik-e tápanyagszámítás az immunzupprimált betegekre vonatkozóan?

Ha a válasz „nem”, folytassa a 13. kérdéssel!

- 1 – igen, naponta étkezésenként és összesítve minden alkalommal
- 2 – igen, esetenként
- 3 – nem
- 88 – nem tud válaszolni
- 99 – nem akar válaszolni

É, D 12. Ha igen, akkor milyen módon történik?

- 1 – manuálisan
- 2 – számítógépes szoftver segítségével
- 3 – az alkalmazott szoftver neve és típusa

- 88 – nem tud válaszolni  
99 – nem akar válaszolni

É, D 13. Használják-e bioélelmiszereket az ellátottak ételmezésében? Bioélelmiszer alatt értjük a hivatalos minősítés alapján bevizsgált élelmiszereket.

Ha a válasz „nem”, folytassa a 16. kérdéssel!

- 1 – igen  
2 – nem

- 88 – nem tud válaszolni  
99 – nem akar válaszolni

É, D 14. Ha igen, milyen gyakorisággal használnak bioélelmiszert?

- 1 – naponta minden étkezéshez  
2 – naponta a főétkezéshez  
3 – naponta a kísétkezésekhez  
4 – hetente egyszer  
5 – hetente többször  
6 – havonta egyszer  
8 – ritkábban, éspedig.....

- 88 – nem tud válaszolni  
99 – nem akar válaszolni

É, D 15. Ha igen, milyen típusú bioélelmiszert? (Több válasz is megjelölhető!)

- 1 – kenyér, pékáru  
2 – tej, tejtermék  
3 – zöldség  
4 – gyümölcs  
5 – bio zöldség- és gyümölcslevek  
6 – gabonapelyhek  
7 – lisztek  
8 – édességek  
9 – egyéb, éspedig:.....

- 88 – nem tud válaszolni  
99 – nem akar válaszolni

É, D 16. Használják-e vitaminnal, ásványi anyaggal dúsított élelmiszereket az immunszupprimált betegek étkeztetésében?

- 1 – igen: .....  
2 – nem

- 88 – nem tud válaszolni  
99 – nem akar válaszolni  
adag/nap

É 17. Az elkészített ételeket milyen tárolási rendszer alkalmazásával juttatják el a legyengült szervezetű betegekhez?

- 1 – egyéni tálcsás tárolás  
2 – badellás kiszállítás, osztályos tárolás  
3 – egyéb:

- 88 – nem tud válaszolni  
99 – nem akar válaszolni

É 18. Milyen eljárást alkalmaznak az ételek sterilizálásának eléréséhez?

- 1- autokláv  
2- ionizáló sugárzás  
3- tápszerek  
4- konzervek  
5- egyéb, éspedig.....

É 19. Az étrendek sterilizálásának gyakorisága naponta:

- 1 - étkezésenként, éspedig.....  
2 - 3 alkalommal, éspedig.....  
3 - 4 alkalommal, éspedig.....  
4 - 5 alkalommal, éspedig.....  
5 - gyakrabban, éspedig.....

É 20. Az ételek sterilizálásához használt készülék

- 1 - típusa: ...../db.....gyártási éve.....  
2 - típusa: ...../db.....gyártási éve.....  
3 - típusa: ...../db.....gyártási éve.....  
4 - típusa: ...../db.....gyártási éve.....

É, D, N 21. Sorolja fel a betegek által leggyakrabban igényelt élelmiszereket, amelyeket nem tudnak sterilizálni!

- 1 – zöldségek.....  
2 – gyümölcsök.....  
3 – felvágottak, húskészítmények.....

- 4 - tej- és tejtermékek.....  
5 - sütemények, desszertek.....  
6 - ételek, éspedig.....

**D 22. Készítenek-e DIETOTERÁPIÁS BETÉTLAP-ot a beteg dokumentációba?**

1 – igen

2 – nem

---

88 – nem tud válaszolni

99 – nem akar válaszolni

**D, O 23. Kérem, sorolja fel az immunszupprimált betegek dietoterápiás tanácsadásának módját és gyakoriságát a kezelés megkezdésétől az eltávozásig! Minden esetben jelölje meg a tanácsadást végző szakmai végzettségét is!**

**D, O 24. Az immunszupprimált betegek kapnak-e étrendi ajánlást az otthoni életvitel segítéséhez? HA IGEN, KÉRJÜNK EL 1 PÉLDÁNYT!**

1 – igen

2 – nem

---

88 – nem tud válaszolni

99 – nem akar válaszolni

**D, É 25. Kérem, sorolja fel a munkáját nehezítő, akadályozó tényezőket!**

**D, É 26. Milyen módszerek, eszközök, szakmai irányelvek segítenék munkájának hatékonyságát?**

**Köszönjük, hogy a kérdőív pontos kitöltésével segítette munkánkat!**



**M4. melléklet Érzékszervi bírálati lap**

**Érzékszervi bírálat**

**Dátum:.....**

**Kérjük, 1-9 skálán pontozza az alábbi jellemzőket:**

**(1) nem eladható, (9) kiváló**

**Termék megnevezése:.....**

<b>Minta</b>				
<b>Pontszám</b>	<b>1.</b>	<b>2.</b>	<b>3.</b>	<b>4.</b>
<b>Íz</b>				
<b>Illat</b>				
<b>Állomány</b>				
<b>Szín</b>				

**Termék megnevezése:.....**

<b>Minta</b>				
<b>Pontszám</b>	<b>1.</b>	<b>2.</b>	<b>3.</b>	<b>4.</b>
<b>Íz</b>				
<b>Illat</b>				
<b>Állomány</b>				
<b>Szín</b>				

**M5. melléklet Színmérés eredményeihez tartozó szórás értékek**

Golden	L*		a*		b*	
	0. nap	8. nap	0. nap	8. nap	0. nap	8. nap
<b>Kontroll</b>	±1,64	±2,48	±0,34	±0,96	±2,48	±2,69
<b>0.5 kGy</b>	±1,36	±1,52	±0,35	±0,63	±2,54	±1,98
<b>1.0 kGy</b>	±2,29	±1,90	±0,58	±0,44	±2,90	±1,88
<b>1.5 kGy</b>	±2,40	±3,72	±0,52	±0,91	±2,33	±2,69
<b>2.0 kGy</b>	±0,99	±3,60	±0,31	±0,88	±1,93	±2,77

Idared	L*		a*		b*	
	0. nap	8. nap	0. nap	8. nap	0. nap	8. nap
<b>Kontroll</b>	±2,27	±2,48	±0,76	±0,96	±2,69	±2,11
<b>0.5 kGy</b>	±2,70	±1,52	±0,65	±0,63	±2,01	±2,62
<b>1.0 kGy</b>	±2,82	±2,10	±0,90	±0,44	±1,87	±3,31
<b>1.5 kGy</b>	±2,26	±3,19	±0,67	±0,52	±1,78	±2,53
<b>2.0 kGy</b>	±2,45	±3,60	±0,66	±0,88	±2,77	±2,86

Granny Smith	L*		a*		b*	
	0. nap	8. nap	0. nap	8. nap	0. nap	8. nap
<b>Kontroll</b>	±3,57	±2,91	±0,57	±0,82	±2,49	±3,25
<b>0.5 kGy</b>	±2,58	±2,86	±0,86	±0,79	±2,55	±3,40
<b>1.0 kGy</b>	±2,90	±2,11	±0,62	±0,82	±3,32	±2,86
<b>1.5 kGy</b>	±2,00	±1,83	±0,55	±0,94	±2,99	±2,78
<b>2.0 kGy</b>	±2,10	±2,50	±0,74	±0,56	±2,85	±3,06

Narancs	L*		a*		b*	
	0. nap	8. nap	0. nap	8. nap	0. nap	8. nap
<b>Kontroll</b>	±1,64	±2,48	±0,34	±0,96	±2,48	±2,69
<b>0.5 kGy</b>	±1,36	±1,52	±0,35	±0,63	±2,54	±1,98
<b>1.0 kGy</b>	±2,29	±1,90	±0,58	±0,44	±2,90	±1,88
<b>1.5 kGy</b>	±2,40	±3,72	±0,52	±0,91	±2,33	±2,69
<b>2.0 kGy</b>	±0,99	±3,60	±0,31	±0,88	±1,93	±2,77

Banán	L*		a*		b*	
	0. nap	8. nap	0. nap	8. nap	0. nap	8. nap
<b>Kontroll</b>	±7,30	±9,81	±1,72	±3,84	±8,16	±7,44
<b>0.5 kGy</b>	±9,03	±8,81	±3,77	±2,16	±7,95	±10,75
<b>1.0 kGy</b>	±7,45	±7,31	±1,67	±1,05	±5,51	±3,27
<b>1.5 kGy</b>	±8,42	±11,61	±2,00	±2,67	±6,92	±6,94
<b>2.0 kGy</b>	±11,89	±6,81	±2,39	±1,48	±6,20	±5,14

**M6. melléklet 2011. június 21-én megrendezésre került Workshop meghívója**



**M E G H Í V Ó**  
AZ  
**ORSZÁGOS ÉLELMÉZÉS- ÉS TÁPLÁLKOZÁSTUDOMÁNYI INTÉZET**  
ÉS A  
**BUDAPESTI CORVINUS EGYETEM MIKROBIOLÓGIA ÉS BIOTECHNOLÓGIA**  
**TANSZÉK**  
SZERVEZÉSÉBEN MEGRENDEZÉSRE KERÜLŐ  
**„BESUGÁRZOTT ÉLELMISZEREK ELŐÁLLÍTÁSA IMMUNGYENGE**  
**BETEGEK ÉS MÁS LEHETSÉGES FOGYASZTÓI CSOPORTOK SZÁMÁRA” c.**  
**FAO/IAEA KUTATÁSI PROGRAM BEMUTATÁSÁRA**

**Időpont:** 2011. június 21.

**Helyszín:** Országos Élelmezés- és Táplálkozástudományi Intézet 1097 Budapest, Gyáli út 3/a.

**Program:**

9.00 – 10.00 Regisztráció

10.00 – 10.10 **Köszöntő**

Dr. med. habil. Martos Éva – OÉTI

10.10 – 10.40 **Az élelmiszer besugárzásról**

Prof. Dr. Farkas József – BCE

10.40 – 11.00 **A FAO/IAEA kutatási projekt bemutatása, ismertetése**

Mohácsiné dr. Farkas Csilla - BCE

11.00 – 11.20 **Budapesti Corvinus Egyetem – Hol tartunk?**

Fekete Brigitta PhD-hallgató - BCE

11.20 – 11.40 **A kórházi felmérés eredményeinek bemutatása**

Lirinczné Táborfi Julianna, Dr Kovács Viktória Anna - OÉTI

11.40 – 12.00 **A technikai háttér bemutatása**

Bánréti Miklós, Láng Zsuzsanna – AGROSTER Besugárzó Rt.

12.00 – 12.10 **Zárszó**

Dr. habil. Lugasi Andrea – OÉTI

**Élelmiszer bemutató - BÜFÉ**

1097 Budapest, Gyáli út 3/a. ☎ **Levelezési cím:** H-1437 Budapest, Pf. 839 **Telefon:** +(36-1) 476-1100

**Fax:** +(36-1) 215-5305

**E-mail:** titkarsag@oeti.antsz.hu, martos.eva@oeti.antsz.hu

**Bankszámlaszám:** 10032000-00290050-00000000 **Adóigazgatási azonosító:** 15598189-2-43

M7. melléklet 2012. december 5-én megrendezésre került Workshop meghívója



## MEGHÍVÓ

A  
BUDAPESTI CORVINUS EGYETEM MIKROBIOLÓGIAI ÉS  
BIOTECHNOLÓGIAI TANSZÉK  
ÉS AZ  
ORSZÁGOS ÉLELMEZÉS-ÉS TÁPLÁLKOZÁSTUDOMÁNYI INTÉZET

SZERVEZÉSÉBEN MEGRENDEZÉSRE KERÜLŐ

„BESUGÁRZOTT ÉLELMISZEREK ELŐÁLLÍTÁSA IMMUNGYENGE  
BETEGEK ÉS MÁS LEHETSÉGES FOGYASZTÓI CSOPORTOK  
SZÁMÁRA” c. FAO/IAEA KUTATÁSI PROGRAM BEMUTATÁSÁRA

- EDDIGI EREDMÉNYEINK

**Időpont:** 2012. december 5.

**Helyszín:** Budapesti Corvinus Egyetem, ”G” épület alagsor, Tudásközpont terem  
1118, Budapest, Villányi út 29-43.

### Program:

13.30-14.00	<b>Regisztráció</b>
14.00-14.10	<b>Köszöntő</b> Mohácsiné Dr. Farkas Csilla- BCE
14.10-14.40	<b>A kutatási projekt ismertetése</b> Mohácsiné Dr. Farkas Csilla- BCE
14.40-15.00	<b>Eredményeink bemutatása- Mikrobiológiai vizsgálatok</b> Fekete Brigitta- BCE
15.00-15.20	<b>Eredményeink bemutatása- Kémiai vizsgálatok</b> Felkai Csaba, Kertészné Lebovics Vera, Hóvári Judit- OÉTI
15.20-15.30	<b>Zárszó</b> Dr. habil. Lugasi Andrea- OÉTI

**Kötetlen beszélgetés és élelmiszer bemutató**

**Levelezési cím:** 1118, Budapest, Somlói út 14-16. **Telefon:** +(36-1) 482-6010

**Fax:** +(36-1) 482-6340 **E-mail:** [csilla.farkas@uni-corvinus.hu](mailto:csilla.farkas@uni-corvinus.hu)

## Élelmiszerek besugárzása

### Jótevény sugarak az élelmiszerek biztonsága és minősége szolgálatában

A patogén baktériumok okozta élelmiszer eredetű megbetegedések világszerte egyre növekvő problémát jelentenek, amely különösen veszélyes a legyengült immunrendszerű emberek számára. A patogének gátlása és pusztítása, valamint az eltarthatóság növelése érdekében az élelmiszeripar számos eljárást fejlesztett ki, többek között a különböző sugárzással történő kezeléseket.

Annak ellenére, hogy olyan nemzetközi testületek hagyták jóvá, mint az Egészségügyi Világszervezet (WHO), valamint az Élelmezési- és Mezőgazdasági Szervezet (FAO), az élelmiszer-besugárzás csak lassan halad az elfogadottság felé Európában. Feltehetően a probléma a besugárzással kapcsolatos, szegényes kommunikációban rejlik. A hiteles információk az élelmiszerek biztonságának növelése által felkínált előnyöket kellene bemutatni, amik igen alacsony mikrobaszámú élelmiszerek előállítását teszik lehetővé.



Az élelmiszerek sugárkezelésére (besugárzására) ionizáló sugárzást használnak,  $^{60}\text{Co}$  vagy  $^{137}\text{Cs}$  izotópok gamma sugarainak vagy Röntgensugaraknak, ill. nagy energiájú elektronoknak kitéve azokat.



Az eljárás egyik jellemzője, hogy a besugárzás során elhanyagolhatóan csekély hőmérsékletnövekedés lép fel, ami az élelmiszerekben, és így hasznos tápanyagaikban hőkárosodást nem okoz. Vizsgálatok mutatták ki, hogy nincs szignifikáns veszteség a tápanyagok mennyiségében a besugárzást követően.

Miután fizikai eljárásról van szó, nincsenek az egészségre ártalmas szermaradványok, tartósítószer.

A besugárzás mikrobiológiailag stabil élelmiszerek előállítását teszi lehetővé,

A besugárzás mikrobiológiailag stabil élelmiszerek előállítását teszi lehetővé, segítségével biztonságosan elpusztíthatók a baktériumok mellett a penészgombák is.

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

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

Kedvezőnek tekinthető továbbá, hogy a besugárzás terminális kezelésként, 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 tartósító eljárások esetében.

Több évtizedes kutatás és fejlesztés után a FAO/WHO szervezeteknek köszönhetően a besugárzás, mint az élelmiszerek csíraszámát csökkentő korszerű eljárás, több mint 60 országban elfogadott, és nemzetközi, Codex Alimentarius dokumentumok segítik a technológia használatát.

## A kórházi élelmiszerek választékának és biztonságának növelése

Az egyre növekvő létszámú, ételfertőzésekre érzékeny "immun-compromised" fogyasztók biztonságos élelmiszerekkel történő ellátása komoly feladat.

Ezek a betegek a fokozott fertőzésveszély miatt nem fogyaszthatnak friss zöldséget, gyümölcsöt, hagyományos helyi termékeket, vagy olyan kedvelt desszerteket, mint például a jégkrém.

A Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (IAEA) koordinált kutatási programja keretében a kutatók azt vizsgálják, hogyan lehet az élelmiszer-besugárzás segítségével javítani, bővíteni a transzplantált, a HIV fertőzöttek, a kemoterápián átesett daganatos és egyéb, legyengült immunrendszerű betegek étrendjének választékát és ezáltal életminőségüket.



### Referenciák:

CODEX ALIMENTARIUS General Standard for Irradiated Foods. CODEX STAN106-1983. REV1-2003

CODEX ALIMENTARIUS Recommended International Code of Practice for Radiation Processing of Food. CAC/RCP19-1979. REV1-2003

FDA. 2008. "Irradiation in the production, processing and handling of food" Rules and Regulations, Final Rule, Federal Register, Vol. 73, No. 164, page 49593

The Joint FAO/IAEA Division of Nuclear Techniques in Food and Agriculture International Atomic Energy Agency, Wagramer Strasse 5, PO Box 100, 1400 Vienna, Austria, 1599E/106,10/1000, 2010

Farkas, J. (2006): Irradiation for better foods. *Trends in Food Science & Technology*, Vol 17 (4).

Készült a BCE és az OÉTI 16243/R0 sz. IAEA „Development of Irradiated Foods for Immuno-compromised Patients and Other Potential Target Groups” koordinált kutatási program keretében

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

### **Köszönettel tartozom:**

... **Mohácsiné Dr. Farkas Csilla** témavezetőmnek, hogy munkám során mind emberileg, mind szakmailag támogatott és tanácsaival, meglátásaival átsegített a nehézségeken.

... **Dr. Kiskó Gabriellának** a kísérleteimben nyújtott segítségeiért és tanácsaiért.

... **Tabajdiné Dr. Pintér Veronikának** a doktori értekezésem elkészítésénél nyújtott hasznos szakmai tanácsaiért, útmutatásaiért.

... a Szent István Egyetem (volt Budapesti Corvinus Egyetem) Alkalmazott Kémia Tanszékéről **Stefanovitsné dr. Bányai Évának**, hogy lehetővé tette számomra az összes antioxidáns kapacitás és összes polifenol tartalom méréseim kivitelezését továbbá, hogy tanulmányaim alatt mindvégig utamat egyengette és a kutatómunkámban ösztönzött.

... **Országos Élelmiszertudományi Intézet valamennyi munkatársának**, akik a kórházi kérdőíves felmérésben segítettek munkámat. Külön köszönet illeti **Felkai Csabát** az oxidációs jellemzők meghatározásában és a zsírsav-összetétel mérésekben nyújtott segítségével.

... a **Fizika-Automatika Tanszék munkatársainak** a műszeres szín és állomány mérésekben nyújtott segítségükért.

... Hűtő-, és Állattermék Technológiai Tanszékéről **Dr. Dalmadi Istvánnak** az érzékszervi bírálatok kiértékelésében nyújtott segítségével.

... **Dr. Daood Husszeinnak** a kromatográfiás vizsgálatokban történő közreműködéséért.

...Mikrobiológiai és Biotechnológiai Tanszékéről **Dr. Pomázi Andreának** az élesztőgombák molekuláris vizsgálataiban nyújtott segítségével.

Végül, de nem utolsó sorban szeretném megköszönni **férjem és családom** végtelen türelmét, támogatását.

**Köszönöm!**