



**SZENT ISTVÁN
EGYETEM**

SZENT ISTVÁN EGYETEM

**Immunszupresszált egyének élelmiszerválasztékának bővítése
besugárzással**

**Nyiró-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

1. A KUTATÁS ELŐZMÉNYEI, CÉLKITŰZÉS

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-vesztéseget jelentenek a rovarok, valamint a romlást okozó mikroorganizmusok is. A patogén baktériumok által okozott élelmiszer eredetű megbetegedések növekvő tendenciája is kulcsproblémát jelent. 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. Az új technológiák közül az ionizáló sugárkezelés sikeresen alkalmazott, bár a köztudatban nem elterjedt módszerek közé tartozik, mely mind az élelmiszer minőség, mind az élelmiszer-biztonság szempontjából kedvező módon befolyásolja élelmiszereinket, kontrollálja azok romlását és a benne esetlegesen jelen lévő élelmiszerekkel terjedő patogén mikroorganizmusokat. 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. 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 besugárzással tartósított élelmiszerek romlása azonban az alkalmazott sugárdózisok függvényében változik. Mindemellett egy bizonyos dózison felül az élelmiszerekben végbemenő kémiai folyamatok ronthatják az érzékszervi tulajdonságokat. Ezért is fontos az egymástól eltérő típusú élelmiszerek esetében a termékre szabott vizsgálat. Továbbá ez az eljárás jelentős szerepet játszhat az élelmiszervesztések és a kémiai tartósító szerek csökkentésében is.

A FAO/IAEA (Nemzetközi Atomenergia Ügynökség) egyik nemzetközi koordinált kutatási projektje (CRP D62009) keretében az ionizáló sugárkezelés alkalmazási lehetőségeit kereste immunszuppresszált betegek étrendjének bővítésére.

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

Hazai kórházakban végzett előzetes felmérés valamint a dietetikusok javaslatai alapján megállapításra került azon élelmiszerek köre is, amelyek fogyasztása táplálkozás-élettani és élvezeti értéke miatt ajánlatos volna, azonban az immunszupresszált 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 környezeti tényezőkkel szembeni szélesspektrumú ellenállósága adja, így képes szaporodni kis pH értékű, kis hőmérsékletű és nagy sókoncentrációjú közegben is. Mindezeket figyelembe véve, a gammasugárzás milyen hatással van *Listeria monocytogenes* Scott A, ATO-DLO, Wageningen, Hollandia) és a *Listeria innocua* (OHKI, Budapest) teszt mikroorganizmusra a mesterségesen beoltott friss zöldségeken, gyümölcsökön és túró desszerten vizsgálva?

2. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

A vizsgált minták között friss alma (Golden, Idared, Granny Smith), banán, narancs, sárgarépa valamint paradicsom, fagyasztott málna és meggy, gesztenyemassza, Túró Rudi (Danone Piros Pöttyös Túró Rudi), túrókrém (Milli) és csomagolt piskóta szerepelt.

A challenge tesztekhez *Listeria innocua* valamint *Listeria monocytogenes* (tesztmikroorganizmusokat használtam fel.

Laboratóriumi körülmények között a friss gyümölcsöket, zöldségeket megmostam, meghámoztam ezt követően daraboltam. A fagyasztott egész meggyet és málnát szobahőmérsékleten felengedtettem, majd turmix segítségével pürét állítottam elő belőlük. Az előre csomagolt piskótatésztából és gesztenyepüréből sterilen kis kockákat (4x4 cm-es) vágtam. Valamennyi mintából külön-külön 100±10 grammos adagokat mértem ki 125 ml űrtartalmú kereskedelmi sterilitású, fedeles polietilén dobozokba, melyekben a termék ionizáló sugárkezelése történt. A Túró Rudi és a vaníliás túrókrém sugárkezelése az eredeti csomagolásukban történt.

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. Melyből 1 ml-t 100 ml steril BHI (Brain Heart Infusion, MERCK 1.10493) levesbe pipettáztam, majd 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 gyümölcsöket és zöldségeket. 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 beoltott túrókrém egyik részét fagyasztott, másik részét hűtött állapotában sugározattam be.

Táblázatban foglaltam össze az egyes mintákon alkalmazott dóziszokat, a termékek hőmérsékletét a kezelés alatt, a tárolások időtartamát valamint, hogy mely napokon történtek a vizsgálatok.

Minta	Ionizáló sugárkezelés (kGy)	Termék/Tárolás hőmérséklete (°C)	Tárolási idő (Nap)	Vizsgálati napok
Alma (Golden)	0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0	5 / 5	8	0; 2; 6; 8
Alma (Idared)	0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0	5 / 5	8	0; 2; 6; 8
Alma (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 / -18	7	0; 2; 4; 7
Málnapüré	0; 1,0; 2,0; 3,0	-18 / -18	7	0; 2; 4; 7
Gesztenyepüré	0; 1,0; 2,0; 3,0	-18 / -18	6	0; 2; 4; 6
Piskóta	0; 1,0; 2,0; 3,0	-18 / -18	6	0; 2; 4; 6

A minták sugárkezelése ⁶⁰Co sugárforrással történt a budapesti Agroster Besugárzó Zrt-nél.

A mezofil aerob és fakultatív anaerob mikroorganizmus szám meghatározása MSZ EN ISO 4833:2003 szabvány alapján történt. A mezofil aerob spóraszám meghatározásakor KFI Microbiological Methods Manual, Part II., Method 12 – 19.08.2003 szabványt, míg mezofil anaerob spóraszám meghatározásánál KFI Microbiological Methods Manual, Part II., Method 20 – 19.08.2003 szabványt alkalmaztam. A kólifformszám meghatározáshoz Chromocult Coliform Agart (MERCK 1.10426) használtam fel. Így a már előre kiöntött és megszilárdult kromogén agar felületére a kisebb kimutatási határ miatt, 2x0,5 ml minta szuszpenziót szélesztettem. Az élesztő,- és penészgombaszám vizsgálatot az ISO 21527-1:2008 szabvány által előírt módon végeztem. A *Staphylococcus aureus* számot MSZ EN ISO 6888-1:1999 szabvány alapján határoztam meg. A tejsavbaktérium szám meghatározásánál MSZ ISO 15214:2005 szabvány alapján jártam el. A *Salmonella spp.* jelenlétének kimutatását MSZ EN ISO 6579:2006 szabványnak megfelelően végeztem. A *L. monocytogenes* jelenlétének kimutatása ISO 11290-1:2004, míg a *L. monocytogenes* szám meghatározás MSZ EN ISO 11290-2:2012 szabvány alapján történt.

A vizsgált friss és fagyasztott gyümölcsök összantioxidáns-kapacitását Benzie és Strain (1996) módszere alapján határoztam meg. Az összpolicenol tartalmat Singleton és Rossi (1965) módszere alapján mértem. A friss zöldségek karotinoid-, tokoferol-, C-vitamin tartalom

meghatározását folyadékkromatográfiásan HPLC készülékkel végeztem. A zsírtartalom meghatározása az édesipari termékeknél (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). Az érzékszervi bírálatok során minimum 10 bíráló (képzett és képzetlen bírálót egyaránt tartalmazó csoport) mondott véleményt a mintákról. A preferencia-vizsgálat során a bírálók a 4 érzékszervi tulajdonságra (íz, szín, illat, állomány) egyenként maximum 9 pontot adhattak (1= nem eladható, 9= kiváló), majd a pontszámokat Kramer-féle rangsorolós módszerrel értékeltem. A hagyományos keménységmérési módszerek elvégzésére a Stable Micro System TA-XT2 típusú asztali precíziós penetrométert alkalmaztam. A besugárzott gyümölcsök színét (L^* , a^* , b^* értékeket) ColorLite sph850 típusú kézi spektrofotométerrel mértem. A minták pH mérése OP 211/2 pH mérő műszerrel történt. Az eredmények statisztikai értékeléséhez a PAST program 2.15 verzióját használtam.

3. EREDMÉNYEK

A tárolási kísérlet során valamennyi mikrobiológiai paraméter eredményeit figyelembe véve megállapítottam, hogy az általam vizsgált három almafajta közül ez esetben csupán az Idared felelt meg a kutató csoport által felállított mikrobiológiai kritériumoknak. A legnagyobb, azaz 2,0 kGy dózist alkalmazva a termék legfeljebb 6 napig 5 °C-on biztonságosan eltartható. A másik két almafajtánál legnagyobb problémát a sugárrezisztens élesztőgombák száma okozta. 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. A banán esetében már a 0,5 kGy dózis alkalmazása elegendő volt, így a banán 7 napig 5 °C-on biztonsággal tárolható.

A paradicsomnál 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.

Összegezve a desszerteken végzett vizsgálataim eredményeit, 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 paraméterének értéke elfogadható szintre csökkent, mely kedvező állapotot a 8 napig tartó hűtött tárolással mindvégig megőrizhető volt.

A fagyasztott meggyepüré mezofil aerob és fakultatív anaerob-, penészgomba-, és tejsavbaktérium számának 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. 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 besugárzással szemben, mint a meggyepüré esetében. A fagyasztott gesztenye massa kezdeti mezofil aerob és fakultatív anaerob mikrobaszáma nagy volt, azonban a 3,0 kGy dózisú kezeléssel számuk a projekt szakértő tagjai által javasolt szint alá csökkent. A piskótatészta már kezdetben is kis mikrobaszámú volt, ezáltal javasolt e speciális étrendbe. Azon gyümölcsöket, melyeket kutatómunkám során vizsgáltam, de a projekt szakértői által javasolt kritériumoknak nem tettek eleget, nem zárnám ki teljes mértékben a fogyasztható élelmiszerek köréből. Ehelyett javaslom, hogy mielőtt a gyümölcs feldolgozására kerülne sor, végezzenek a tételre vonatkozó megelőző mikrobiológiai vizsgálatokat, hogy az mikrobiológiai szempontból valóban feldolgozásra alkamas-e.

Főként az élesztőgombák a kísérletekben a baktériumoknál nagyobb sugárrezisztenciát mutattak. Ezért a besugárzott (1, 2 és 3 kGy) túró és fagyasztott málna mintákból gombákat izoláltunk és 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).

A challenge tesztek alapján mind a *L. monocytogenes* mind a *L. innocua* túlélte és a banán esetében még szaporodott is a kontroll zöldség, gyümölcs mintákon valamint a túró desszertben hűtött körülmények között. Még a narancs savas pH-ja sem okozott problémát egyik vizsgált teszt mikroorganizmusnak sem túlélésük szempontjából. A sárgarépan elvégzett oltásos kísérletek is megerősítik azt a szakirodalomból ismert 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. Ez a már köztudott megállapítás általam is bizonyítást nyert. Továbbá a *L. monocytogenes* D₁₀-értéke a kockára vágott, beoltott majd besugárzott paradicsom esetében közel azonos, mint ugyanezen körülmények között az *L. innocua* D₁₀-értéke.

Az általam vizsgált gyümölcsök közül a legnagyobb összes antioxidáns kapacitással a narancs (275 µM AS/g szárazanyag) bírt, melyet a málnapüré (271 µM AS/g szárazanyag) és a meggypüré (255 µM AS/g szárazanyag) követett szintén kiemelkedő értékekkel. Polifenolos vegyületekben főként az almák (255 µM GS/ g szárazanyag - 353 µM GS/g szárazanyag) és a narancs (188 µM GS/g szárazanyag) voltak gazdagok. Az ionizáló sugárkezelés által okozott szignifikáns változás a narancsnál és a fagyasztott meggypürénél az összes antioxidáns kapacitás, 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 volt összefüggésben. A statisztikai értékelés alapján ezek az eltérések szignifikánsak voltak, azonban mégsem tekinteném eltérésnek ezen kiugró értékeket.

A szeletelt paradicsom esetében az α-tokoferol és néhány karotinoid a legsugárérzékenyebb. 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. Továbbá mindkét zöldség aszkorbinsav tartalmában szignifikáns veszteség mutatkozott. Fontosnak tartom megjegyezni, hogy a kezelés okozta esetleges csökkenés ellenére, a páciensek ezen élelmiszerekkel mégis hozzájuthatnak ezekhez az élettanilag fontos vegyületekhez természetes formában is – nem beszélve a termékek érzékszervi élvezeti értékéről.

Összességében 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 dóziú (<=2,5 kGy) besugárzással kezelt, mikrobiológiai és érzékszervi szempontból is elfogadható minőségű, az oxidatív elváltozások tekintetében biztonságos, túró alapú, desszert jellegű élelmiszerek alkalmasak lehetnek immunszuppresszált egyének étrendjének bővítésére,

változatosabbá tételére, így e termékek biztosítása - a megfelelő tárolási körülmények megléte esetén - a kórházi közétkeztetésben messzemenően javasolt.

Közvetlenül a kezelések után elvégzett érzékszervi 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 sárgarépánál a 2,0 kGy és a málnapürés gesztenyes 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.

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 alapján 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 enzimikus folyamatok mentek végbe mind a kontroll mind a besugárzott gyümölcsöknél, mely az egyes színkomponensekben változást eredményezett, így elmondható, hogy az eltéréseket nem a tartósító kezelés okozta.

3.1. 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°C	6
Szeletelt banán	0,5	5°C	7
Szeletelt paradicsom	1,5	5°C	8
Szeletelt sárgarépa	1,0	5°C	8
Túró Rudi	2,5	-18 °C	min. 8
Túrókrém	3,0	-18 °C	min. 8
Málnapürés gesztenyés piskóta	3,0	-18 °C	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 meggyepürénél 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).

4. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

1. Egyes gyümölcsök esetében az elérni kívánt hatást legfőképpen a sugárrezisztens élesztőgombák miatt nem sikerült megvalósítani, éppen ezért javaslom a már elkezdett molekuláris identifikációs vizsgálatok folytatását.
2. A sugárkezelés előtt szükséges lenne előzetesen a tétel mikrobiológiai állapotát felmérni és annak alapján megállapítani a megfelelő kezelési dózist, esetlegesen kombinált kezelést alkalmazni.
3. Az érzékszervi vizsgálatokat a betegek alkotta csoportok körében is elvégezném.
4. 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.
5. 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.
6. Gazdaságossági számítások után catering (készételgyártó és házhoz szállító) cégeket is fel lehetne keresni, és felhívni a figyelmet a technológia adta lehetőségekre.

5. AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉHEZ KAPCSOLÓDÓ PUBLIKÁCIÓK

Impakt faktoros folyóiratcikkek:

B. Fekete, G. Kiskó, É. Stefanovits-Bányai and CS. Mohácsi-Farkas: Use of irradiation to improve the microbiological safety of some fresh pre cut fruits. *Acta Alimentaria*,(2012) Vol. 41 (Suppl.), pp. 53–62.

Cs. Mohácsi-Farkas, **B. Nyiró-Fekete**, H. Daood, I. Dalmadi, G. Kiskó: Improving microbiological safety and maintaining sensory and nutritional quality of pre-cut tomato and carrot by gamma irradiation. *Radiation Physics and Chemistry* 99 (2014) 79–85.

Magyar nyelvű konferencia összefoglaló:

Fekete B., Stefanovits-Bányai É., Papp N., Szilvássy B., Tóth M., Szabó T., Nemes A., Hegedűs A. (2010): Néhány piaci forgalomban kapható almafajta és hibrid táplálkozás-élettani szerepe, *Olaj Szappan Kozmetika.*, LIX, (2), 71.

Stefanovits-Bányai É., Papp N., Szilvássy B., Tóth M., Szabó T., **Fekete B.**, Nemes A., Hegedűs A. (2009. augusztus 27-29.): Magyarországon termesztett almafajták és hibridek antioxidáns kapacitásának összehasonlítása. A Magyar Szabadgyök-Kutató Társaság 5. Kongresszusa, Szeged, 27-29. P07. 49-50.

Fekete B., Kiskó G., Mohácsiné Farkas Cs. (2011. április 19.-20) Ionizáló sugárkezelés alkalmazása immungyenge betegek étrendjének bővítésére, *Hungalimentaria*, Budapest.

Fekete B., Kiskó G., Mohácsiné Farkas Cs. (2012. május) Gyümölessaláták mikrobiológiai biztonságának növelése ionizáló sugárkezeléssel, TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0005 konferencia, Budapest.

Nyiró-Fekete Brigitta, Kiskó Gabriella, Mohácsiné Farkas Csilla (2012. december 10-12.) Kisdózisú sugárkezelés alkalmazása minimálisan feldolgozott zöldségek és gyümölcsök mikrobiológiai biztonságának javítására, *Táplálkozástudományi Kutatások II.*, Kaposvár.

Nyirő-Fekete Brigitta, Mohácsiné Farkas Csilla, Kiskó Gabriella (2013. április 16.-17.) Zöldségek mikrobiológiai állapotának változása ionizáló sugárkezelés hatására, Hungalimentaria, Budapest.

Nyirő-Fekete Brigitta, Pivarsci Edina, Mohácsiné Farkas Csilla, (2015. április 22.-23.) Desszertek mikrobiológiai biztonságának növelése ionizáló sugárkezeléssel, Hungalimentaria, Budapest.

Nemzetközi konferencia összefoglaló:

Csilla Mohácsi-Farkas, **Brigitta Fekete**, Gabriella Kiskó (3-7 Sept. 2012): Use of Irradiation to Provide Wider Selection of Safe and Organoleptically Adequate Foods for Immuno-Compromised patients, FoodMicro conference, Istanbul.

Brigitta Fekete, Gabriella Kiskó, Csilla Mohácsi-Farkas (21-23 May 2012.) Effect of irradiation on *Listeria monocytogenes* inoculated on fresh-cut fruits, IAFP's European Symposium on Food Safety, Warsaw, Poland.

Brigitta Nyirő-Fekete, Gabriella Kiskó, Csaba Felkai, Andrea Lugasi, Csilla Mohácsi-Farkas (7-9 May 2014) Effect of gamma irradiation on the microbiological, chemical and sensory properties of cottage cheese dairy products, IAFP's European Symposium on Food Safety, Budapest, Hungary.

KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

Szeretném megköszönni a szakmai segítséget és támogatást:

- Témavezetőmnek: **Mohácsiné Dr. Farkas Csillának**
- **Dr. Kiskó Gabriellának**

Köszönettel tartozom továbbá a dolgozat megszületése során nyújtott közreműködésért:

- **Tabajdiné Dr. Pintér Veronikának**
- **Stefanovitsné dr. Bányai Évának**
- **Országos Élelmiszertudományi Intézet valamennyi munkatársának, külön köszönet illeti Felkai Csabát**
- **A Szent István Egyetem Élelmiszertudományi Kar Fizika-Automatika Tanszék munkatársainak**
- **Dr. Dalmadi Istvánnak**
- **Dr. Daood Husszeinnek**
- **Dr. Pomázi Andreának**

Szeretném megköszönni a támogatást és a türelmet férjemnek és az egész családomnak.