

## ***Gyümölcsjoghurtok eltarthatóságának vizsgálata az ízesítőanyagok kezeléseinek függvényében***

**Kulcsszavak:** joghurtkészítés, mikrohullámú besugárzás, gyümölcsaszalás, mikrobiológiai paraméterek, összcsíraszám, élesztőszám, penészszám, *Escherichia coli*, coliform

### **1. ÖSSZEFOGLALÁS**

A tej és a tejtermékek az emberiség táplálkozásának egyik alapját képezik értékes összetevőik és kellemes érzékszervi tulajdonságaik miatt. Kutatásaink célja volt azt vizsgálni, hogy a különböző hőkezelési eljárások (mikrohullámú sugárzás, aszalás), hogyan befolyásolják a tejtermékek (joghurt) eltarthatóságát mikrobiológiai vonatkozásban. Méréseink során a termékek előállításánál felhasznált ízesítőanyagok (alma, banán) eltérő hőkezelési paramétereinek hatását vizsgáltuk a termékek mikrobiológiai tulajdonságaira és ezáltal annak eltarthatóságára nézve. Kísérleteink során az adalékanyagok kezelési formáiként a hagyományos aszalásos (55 °C, 24 óra) és a mikrohullámú sugárzásos technológiát (800 W, 55 °C, 10 perc) alkalmaztunk. Összehasonlításokat végeztünk mikrobiológiai paraméterek tekintetében (összcsíraszám, élesztő/penész-szám és *E. coli*/coliform-szám). Eredményeink alapján úgy véljük, hogy az aszalásos eljárás abban az esetben biztosíthat mikrobiológiai biztonságot élelmiszer előállítása során, ha a berendezésben keringő levegő megfelelő higiéniai tulajdonságokkal bír. A mikrohullámú sugárzási technológia az élelmiszerek – jelen esetben gyümölcsök - esetében sikeresen alkalmazható mikrobák gátlására. Ugyanaz a kezelési paraméter azonban nem alkalmazható különböző gyümölcsök esetén.

<sup>1</sup> Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar, Élelmiszertudományi Tanszék, Mosonmagyaróvár

## 2. Bevezetés és szakirodalmi áttekintés

A tej az emberiség táplálkozásának egyik alapját képezi az emberiség történelmének kezdetétől fogva. Hasznos összetevői kedvező hatást gyakorolnak az ember egészséges testi és szellemi fejlődésére. A tej alkotórészei élettani szempontból előnyösek, ezek közül is magas kalcium tartalma kiemelkedő, ennél fogva a fejlődő szervezet csontképzésében játszik szerepet [1], valamint a szervezet számára fontos és jól hasznosítható fehérjét is tartalmaz. Mindezen tulajdonságai révén a tejtermékek az emberi táplálkozás alapélelmiszereinek tekinthetők. Az élelmiszeriparban számos haszonállat tejét feldolgozzák (juh, kecske, szarvasmarha), de Magyarországon legnagyobb mennyiségben a tehéntejet fogyasztják.

A joghurt olyan tejjel készült termék, amelyet az egész világon fogyasztanak. A táplálkozástudománnyal foglalkozó szakemberek úgy vélik, hogy ez a savanyú tejkészítmény magas táplálkozási értékkel (laktóztartalmának jelentős része elbomlik a fermentáció során és jelentős  $\text{Ca}^{++}$  koncentrációval rendelkezik) és előnyös bioaktív hatásokkal (prebiotikus összetevők és probiotikus baktériumok) bír. A natúr joghurtot olyan tejsavbaktériumok hozzáadásával állítják elő, amelyeknek alapvető élettani tevékenységük során a táptalajban tejsavas erjedés zajlik. Az összes, tejből előállított termék közül a joghurt a legnépszerűbb világszerte. [2].

Gyümölcsjoghurt esetében, ha szárított gyümölcsöket vagy szárított darabokat adnak a joghurthoz, a szárítványok hajlamosak felszívni a joghurtgél szabad vízének egy részét, és ezáltal segítik a termék savójának elválasztását a tárolás során [3]. A gyümölcs adagolásának az is előnye, hogy egyes kutatások [4] szerint 10 v/v%-nyi gyümölcs adalékanyag hozzáadása szignifikánsan javítja a termék fizikai-kémiai tulajdonságait. Az egészséges növényi szövetek belseje nem tartalmaz mikroorganizmusokat, így a növényi nyersanyagok elsődleges mikrobiotája főként a talajból, a vízből, a levegőből esetenként rovaroktól vagy állatoktól származik. A talajban (gumók, gyökerek) és a talaj közelében fejlődő növényi részek általában erősen szennyezettek, mikrofórájuk összetétele gyakorlatilag megegyezik a talajével. A gyümölcsök felületén körülbelül  $10^3$ - $10^5$  CFU/g nagyságrendben találni mikroorganizmusokat, amelyek egy jelentős részét a tejsav- és az ecetsavbaktériumok teszik ki. A mikrobiota legnagyobb részét azonban az élesztőgombák alkotják, amelyek közül a leggyakoribbak a *Hensaniaspora*, *Torulaspora*, *Pichia*, *Saccharomyces*, *Candida* és a *Rhodotorula* fajok. Gyakori romlást okozó mikroorganizmusok a gyümölcsöknél az *Alternaria*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Monilia* és a *Mucor* fajok. A gyümölcsök a penészgombák kiváló táptalajai, melyek között sok mikotoxin termelő is van. A nyersanyag szennyezettsége és a helytelen tárolási körülmények gyakran lehetővé teszik mérgező anyagcseretermékek képződését is. Penészes gyümölcsökből (elsősorban almából és körtéből) mutatható ki például a patulin az *Aspergillus* és *Penicillium* gombák által termelt mérgező anyag (mikotoxin) [5].

A gyümölcsök technológiai feldolgozása során a darabolás, szeletelés, aprítás, hámozás növeli annak valószínűségét, hogy más anyagokról, eszközökről és felszerelésekről származó keresztszennyezés következik be a gyártás és a feldolgozás különböző szakaszaiban. Ezenkívül a cukrok és más tápanyagok megnövekedett elérhetősége a minimálisan feldolgozott gyümölcsökben hozzájárul a mikrobiota változásához és növeli annak populációját [6, 7]. A nyersanyag mikrobiotájának fő tényezői a gyártás során felhasznált anyagok és a feldolgozó berendezések felületének higiéniája, a gyártási környezet és az élelmiszer-kezelők higiéniája, amelyek meghatározzák a végtermék mikrobiológiai minőségét és biztonságát. [8, 9, 10]. Egy, a minimálisan feldolgozott növényi élelmiszerekkel kapcsolatos tanulmány szerzői nagy összes aerob mikroorganizmus-számot mutattak ki az élelmiszerekkel érintkező felületeken, különösen a hámozóberendezéseken, késeken és a vágódeszkákon [10]. Ugyanezen kutatók számoltak be arról is, hogy a vágóasztalokon és a vágódeszkákon magas az *Enterobacteriaceae* család fakultatív anaerob baktériumainak száma [10]. Bár minden feldolgozóüzem gyártási folyamatai között alkalmaznak mosási és egyéb szennyeződés-mentesítési eljárásokat, mégis nehéz elérni a mikrobiális szennyeződések nagymértékű csökkentését. [11]. A csomagolás és a tárolás időszakában is kialakulhatnak kedvező feltételek a gyümölcsökben és zöldségekben előforduló mikroorganizmusok szaporodásához. Lehto és munkatársai vizsgálataik során aerob mikroorganizmusok nagy számát fedezték fel zöldségfeldolgozó üzemek felületi mintavételei során a már tisztított zöldségekkel érintkező eszközökön és berendezéseken, valamint a tároló-, feldolgozó- és csomagoló helyiségek légtérében [10].

Az élelmiszeriparban a hőkezelési eljárások az élelmiszerbiztonság legfontosabb meghatározói. A tej hőkezelése azért van szükség, hogy annak mikrobiológia biztonsága garantálható legyen a tejben lévő patogén mikroorganizmusok elpusztítása révén. Az élelmiszeriparban többféle hőkezelési módszert alkalmaznak. A hőkezelés hatékonyságát szigorúan meghatározott hőmérséklet és hőtartási idő biztosítja. A termékek alapanyagain kívül fontos szerepet tölt be az adalékanyagok megfelelő mikrobiológiai tulajdonságainak biztosítása is. „A hőkezelés a tej, a tejszín stb. melegítésével, hevítésével kapcsolatos művelet, amelynek célja a mikroorganizmusok számának csökkentése, elpusztítása” [12]. A hőkezelés a tejfeldolgozás során általános technológiai lépés, amelynek célja a tej eltarthatóságának javítása a mikroorganizmusok és enzimek inaktiválásával. A kedvező mikrobiológiai állapotú alapanyag használata javíthatja egyes tejtermékek, például a joghurt textúrájának minőségét [13] is.

A mikrohullámú technikát, mint hőkezelési eljárást, elsősorban a háztartásokban használják. Az élelmiszeriparban jelenleg csak egyes területeken tudják megbízhatóan alkalmazni. Ennek oka, hogy a mikrohullámú berendezésekben a hőátadás nem egyenletes, a termékben alul- vagy túlmelegített helyek alakulnak ki. Csőben áramoltatott folyadékoknál – pl. tej mikrohullámú energiával történő kezelése esetén – ez elkerülhető [5]. Ahol használható ez a technika, ott előnyt jelent, mivel az élelmiszereknél alkalmazott kezelések ideje lecsökkenthető, így a technológia gazdaságossá tehető. A költséghatékonyság mellett további előny, hogy a hő- és anyagtranszport iránya azonos, így nem alakul ki az áramlást gátló száraz kéreg [14]. Alkalmazási területei: szárítás, mélyhűtött hús kiolvasztása, temperálás, pasztörözés, sterilizálás és az élelmiszerek elszíneződésének megakadályozására [15, 16].

A mikrohullámú sugárzásnak sterilizáló és mikrobapusztító hatást is tulajdonítanak. Pozar kísérletei során [17] ezt a hatást 2450 MHz, néhány esetben pedig már 915 MHz frekvencia alkalmazása mellett tudta biztosítani. A sugárzás azáltal növeli az élelmiszerek minőségmegőrzési idejét, hogy az élelmiszerekben található mikrobákat elpusztítja és/vagy szaporodásukat gátolja.

Mikrohullámú sugárzás mikrobákra kifejtett hatását sokféle élelmiszerben, élelmiszer alapanyagban, főleg húsfélékben vizsgálták. A mikrohullámú pasztörözés [18] elterjedését segítette, hogy alkalmazásával az élelmiszereknél nagymértékű károsodással nem kell számolni, szemben a hagyományos hőközlési eljárásokkal. Ennek oka a rövid hőkezelési és besugárzási idő [19, 20].

A mikrohullámú kezelési technológia mellett hagyományosabb eljárásnak minősül az aszalás, amelynek lényege az, hogy a gyümölcsből – esetenként zöldségből – kíméletes hőközléssel kivonják a víztartalom nagyrészét, ezt követően visszamarad egy intenzív ízű koncentrátum, a kiindulási anyagnál lényegesen kisebb tömegben és méretben. Így az aszalványon maradó mikroszkopikus élőlények a hozzáférhető víz hiánya miatt elvesztik élet- és szaporodó képességüket. A friss gyümölcsök 90-95% vizet tartalmaznak, amely az aszalás után 15% alá csökken. Ilyen módon baktériumok és penészek által előidézett romlás megelőzhető, miközben bizonyos tápanyagok, ballasztanyagok és ásványi anyagok megmaradnak, közülük például a vas. Az aszalt gyümölcsök a friss gyümölcsökhöz képest sok szénhidrátot, rostot és antioxidánsokat, flavonoidokat, fenolsavakat, karotinoidokat és vitaminokat tartalmaznak koncentrált formában [21, 22].

Az élelmiszeripar változatos összetételű joghurt-készítményt állít elő, de a gyártásuk során alkalmazott technológiai műveletek a tej beoltásáig közel azonosak. A tejet általában 2-3%-os starterkultúrával oltják be és 40-45 °C-on inkubálják. Ebben a hőmérsékleti tartományban a kívánt végső savtartalmat 3-4 óra alatt állítják be. Alacsonyabb hőmérséklet (30-37 °C) alkalmazása esetén a művelet hosszabb ideig tart (7-8 óra) ebben az esetben viszont megakadályozható a termék túlzott savasodása [23].

A joghurt ízeért, illatáért és textúrájáért elsősorban a *Streptococcus thermophilus* baktérium a felelős, és valójában önmagában is képes a pasztörözött tejet joghurttá erjeszteni, ennek ellenére a fermentációhoz a *Streptococcus* mellett a *Lactobacillus bulgaricus*-t is alkalmazzák a termékben keletkező savak előállítására érdekében. A *S. thermophilus* és az *L. bulgaricus* általában 1:1 arányban egyszerre oltják be a tejbe (pH 6,6). Arányuk az erjedés előre haladtával megváltozik [24].

### 3. Anyag és módszer

#### 3.1. A termékek gyártása

A termékek gyártásához nyers, hőkezelés nélküli, valamint 2,8 %-os zsírtartalmú UHT fogyasztói tejet (Mizo) használtunk fel, amelyet 2:1 arányban elegyítettünk a joghurtok készítése előtt. A nyerstejet 75 °C-on 15 percig főzőlapon pasztöröztük a megfelelő kezdeti mikrobiológiai biztonság elérése érdekében, majd hozzáadagoltuk a fogyasztói tejet. A hőkezelés után megvártuk, amíg a tej hőmérséklete 30 °C-ra csökken, majd beoltottuk a felhasználási útmutató szerinti mennyiségű (YF-L812, Chr. Hansen, Franciaország) termofil joghurtkultúrával (*Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* és *Streptococcus thermophilus*) és 15 percig kevertük a megfelelő homogenitás biztosítása érdekében. A beoltott tejet 2 dl-es műanyag joghurtos poharakba adagoltuk és 43 °C-os termosztátba (Binder, Németország) helyeztük, ahol 7 órán át alvasztottuk őket (pH 4,6). A savas alvadás után a joghurtokba kevertük az alábbi eljárásokkal kezelt gyümölcsöket.

Kísérletünk során a kontrollminta kivételével kétféle hőkezelési eljárást alkalmaztunk a gyümölcsök esetében, mikrohullámú hőkezelést és hagyományos hőkezelési eljárást (aszalás).

A kísérlet során beállított minták:

1. minta: gyümölcsös joghurt - nyers alma hozzáadásával (Ny-A)
2. minta: gyümölcsös joghurt - nyers banán hozzáadásával (Ny-B)
3. minta: gyümölcsös joghurt - aszalt alma hozzáadásával (A-A)
4. minta: gyümölcsös joghurt - aszalt banán hozzáadásával (A-B)
5. minta: gyümölcsös joghurt - mikrohullámmal hőkezelt alma hozzáadásával (MH-A)
6. minta: gyümölcsös joghurt - mikrohullámmal hőkezelt banán hozzáadásával (MH-B)

A nyers gyümölcsöket tiszta, nyomódástól és hibás részekről mentes, kifogástalan állapotban, optimális érettségi fokban dolgoztuk fel.

A mikrohullámú kezeléshez a MARS 5 (CEM Corporation, USA) mikrohullámú roncsoló berendezést használtunk. A felkockázott nyers almát és banánt a mikrohullámú berendezés mintatartójába helyeztük, majd mikrohullámú kezelésnek vetettük alá. A készüléken az energiaközlési programot úgy állítottuk be, hogy 800 W teljesítménnyel 100%-os hatásfokkal 10 perces hőntartási idővel, a gyümölcsök 55 °C-ra melegedjenek fel, összesen 15 perc alatt. A hőmérséklet detektálását és kontrollálását a mintatartóba vezetett szenzor (RTP 300) segítségével végezte el a berendezés.

Az aszalási folyamatban felhasznált gyümölcsöket egyenlő méretű cikkekre (0,5 cm) vágtuk, hogy azonos idő alatt száradjanak, majd ezután 55 °C-on 24 órán át aszalóberendezésbe helyeztük. Az aszalt, illetve mikrohullámmal hőkezelt gyümölcsöket ezután ledaráltuk. A használat előtt a késeket és a darálóberendezést MikroZid fertőtlenítővel kezeltük. A ledarált gyümölcsökből 5-5 grammot adagoltunk 150 ml, már elkészült joghurtmintákhoz. A további vizsgálatokig a joghurt-gyümölcs-aszalvány keverékeket hűtőszekrényben 4 °C hőmérsékleten tároltuk.

### **3.2. A termékek eltarthatósági vizsgálatai**

A termékeket 4 héten át vizsgáltuk eltarthatóság szempontjából. A vizsgálatokat a 0., 7., 14., 21. és 28. napon végeztük el. A mikrobiológiai tulajdonságok (összcsíraszám, élesztő/penész-szám, *E. coli*/coliform-szám) vizsgálatára a gyártástól számítva heti rendszerességgel került sor. A kísérletet minden mintavételi napon 3 párhuzamos méréssel végeztük el (n=3), tehát mintánként (Ny-A; Ny-B, A-A; A-B; MH-A; MH-B) 15 mintával, így a mérések során összesen 90 mintával dolgoztunk.

A mikroorganizmusok tenyésztéséhez lemezöntéses eljárást alkalmaztunk. Élelmiszer-biztonsági és technológiai higiéniai szempontból a  $10^5/\text{cm}^3$  összcsíraszám jelenti nyerstej esetében a kritikus határt, mert a normál pasztörözési eljárások ennél a mikrobaszámnál még kellő hatékonysággal alkalmazhatók.

Az összes mikrobaszám meghatározását PC (Plate Count, Biolab) táptalajon végeztük el,  $30 \pm 1$  °C-on 72 órás inkubációs idővel [25]. Az MSZ ISO 7954:1999 szabványban rögzített szelektív táptalajon, 25 °C-on való tenyésztéssel az élesztő- és penészgombák telepeket képeznek. A kimutatásukra a szabvány által meghatározott YGC agar (Yeast Extract Glucose Chloramphenicol Agar, Biolab) használtunk. Ez a szelektív táptalaj tejből és tejtermékekből az élesztők és fonalgombák izolálására és számolására alkalmas. A lemezeket 48 órán át  $25 \pm 1$  °C-on inkubáltuk, ezután a kifejlődött telepeket a lemezeken megszámoztuk [26].

A coliform-szám és az *E. coli*-szám együttes meghatározását CC agar (ChromoCULT Coliform Agar, Biolab) alkalmazásával lehet megoldani. A telepek elkülönítését segíti, hogy a coliform telepek színe lazac- piros, az *E. coli* telepek pedig sötétkéktől az ibolyáig változtatják színüket. Az inkubációs paraméterek *E. coli*/coliform esetében 24 óra 35-37 °C [27].

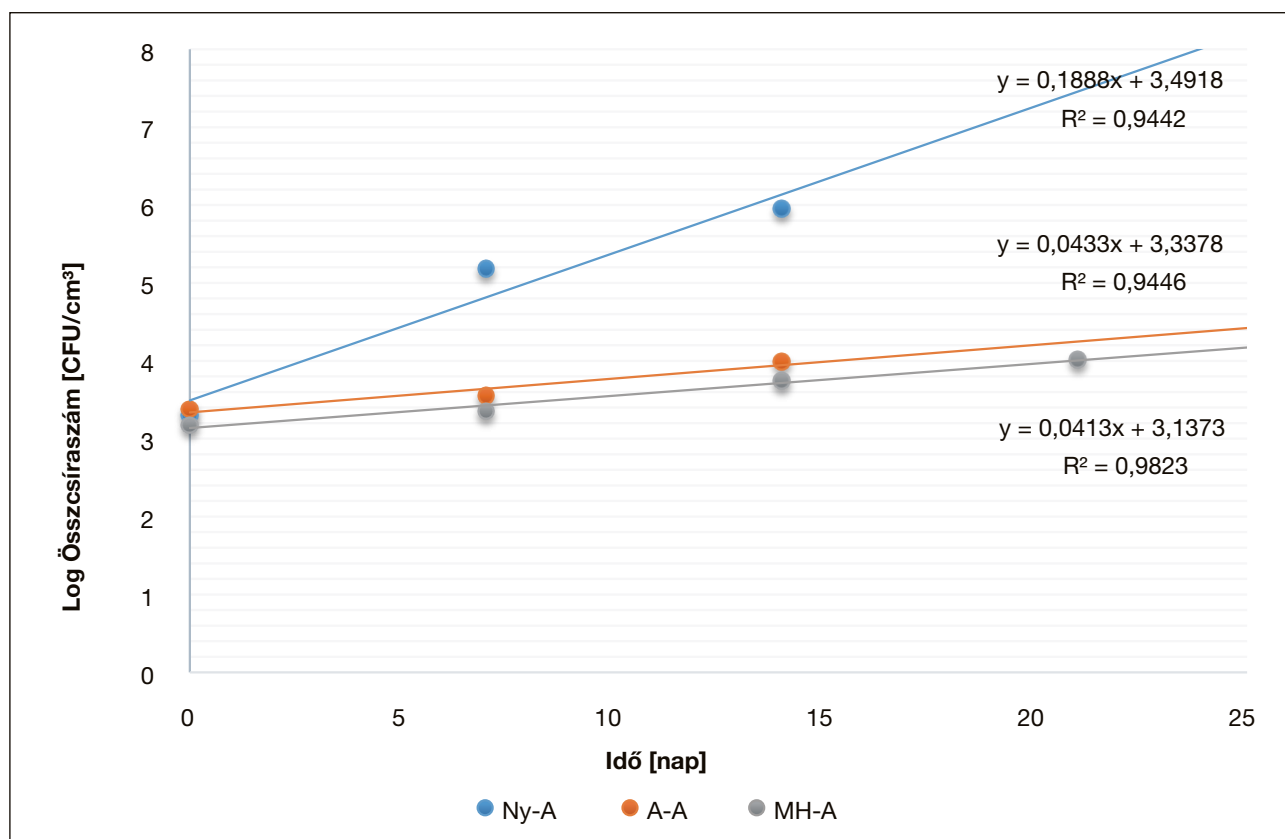
Mérési eredményeinket Microsoft Office Excel 2016® program segítségével ábrázoltuk. A mikrobiológiai eredmények kiértékelése során a mikrobaszámokat logaritmizált formában jelenítettük meg: az egyes pontokra illesztett egyenesek meredekségi értékei a mikroorganizmusok exponenciális szaporodási fázisát jellemzik.

## 4. Eredmények és értékelés

### 4.1. Az almás joghurt minták vizsgálati eredményei

#### 4.1.1. Összcsíraszám

Az **1. ábrán** tanúsága szerint a mérés 0., 7. és 14. napján is az összcsíraszám az aszalt almás joghurt és a mikrohullámmal kezelt almás joghurt esetében közel azonos eredményeket mutat. A nyers almás joghurt már a 2. mérés (7. nap) alkalmával magasabb összcsíraszám-értéket mutatott a másik két mintához képest. Itt már szignifikáns eltérést tapasztalunk a sejtszámok között, amely eltérés az idő elteltével csak növekedett (14. nap). A mikrohullámmal kezelt almával és az aszalt almával kiegészített joghurt esetében a sejtszámok növekedésének tendenciája hozzávetőlegesen azonos mértéket mutatott. Ezt az eredményt az **1. ábrán** megjelölt meredekség-értékek is alátámasztják.

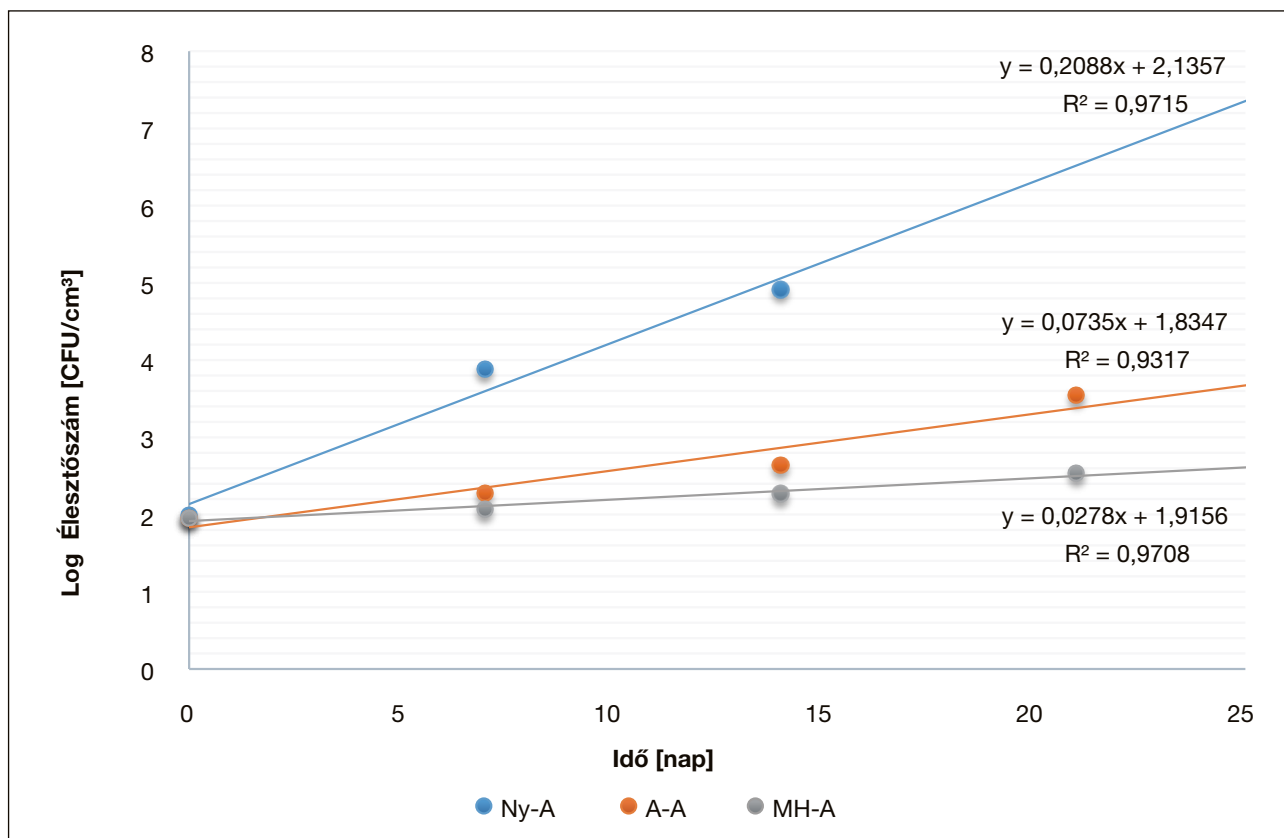


1. ábra. Az összcsíraszám meghatározásának eredményei az almás joghurtok esetében

#### 4.1.2. Élesztő/Penész-szám

A **2. ábra** alapján megállapítható, hogy az első mérési adattól kezdve az utolsó mérési eredményig a mikrohullámmal kezelt és az aszalt almás joghurt szignifikánsan alacsonyabb élesztőszámot mutat, mint nyers almás joghurt értékei. A MH-A és A-A minták között nem alakult ki ilyen nagyságrendű különbség, azonban a mérés 21. napján már itt is egyértelmű, szignifikáns különbség mutatkozott a MH-A javára. Ezek alapján a mikrohullámmal végzett hőkezelés bizonyult hatásosabbnak az élesztőgombák élettevékenységének gátlásához az általunk alkalmazott kezelési beállítások mellett.

Az almával kiegészített joghurtok esetében egyértelműen megállapítható, hogy az összcsíraszám, az élesztő- és penészszám esetén egyaránt a mikrohullámú technológia mutatkozott a legjobb kezelési eljárásnak. Ehhez hasonló sejtszámokat és szaporodási tendenciákat eredményezett az aszalt gyümölcs adalékot tartalmazó joghurt. A tárolási idő elteltével azonban itt már a sejtszámok között nagyobb különbségek alakultak ki. Eltarthatóság szempontjából a legrosszabb eredményeket a nyers nyümölcsös minták esetében kaptuk. Nagyságrendnyi különbségeket mértünk a másik két mintához képest, szignifikáns elérések voltak tapasztalhatók ( $p \leq 0,05$ ).



2. ábra. Az élesztőgombaszám meghatározás eredményei az almás joghurtok esetében

A 21. napon, a harmadik mintavételi időpontban a mikrohullámmal kezelt almás joghurtokat leszámítva, a nyers, és az aszalt almás joghurtok megromlottak. A harmadik mérés után a nyers, valamint az aszalt almás joghurtokban a magas élesztőgombaszám mellett jelentős számú penészgomba jelent meg. A mikrohullámmal kezelt almás joghurtokon ezzel szemben a harmadik mérést követően sem voltak kimutatható penészgombatelepek.

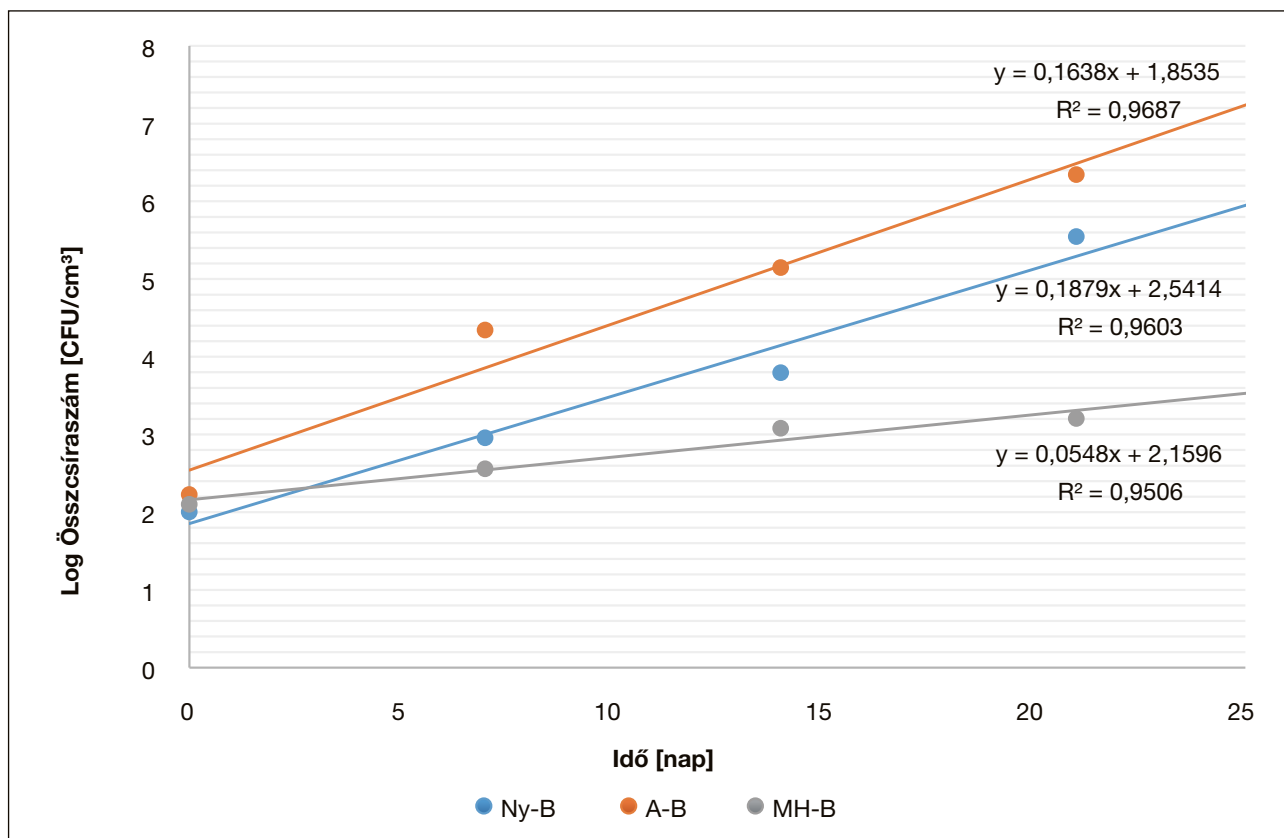
Penészgombaszámra vonatkozóan a hatályos rendelet [27] alapján a fermentált tej, tejtermék, savanyított tejtermék, túró, túrókészítmények esetén a megfelelőség szint (m)  $10^2$  CFU/cm<sup>3</sup> a visszautasítás határértéke (M)  $5 \cdot 10^3$  CFU/cm<sup>3</sup>.

Penészgombák tekintetében az almás joghurtok esetében az első két mérés alkalmával, a 0. és 7. napon nem mutattuk ki a penészgombák jelenlétét. A kísérlet 14. napján a nyers gyümölcsös és az aszalt almás mintánál megjelentek a penészgombák telepei, nyers alma estében már a rendelet által meghatározott visszautasítási szint feletti értékkel ( $3 \cdot 10^4$  CFU/cm<sup>3</sup>). Az aszalt almás termék esetében azonban a vonatkozó előírások szerint [27] még elfogadható szinten ( $2,2 \cdot 10^2$  CFU/cm<sup>3</sup>) marad penészgomba-telepek száma.

## 4.2. A banános joghurt vizsgálati eredményei

### 4.2.1. Összcsíraszám

A banános joghurtok esetében megállapítottuk, hogy a kétféle kezelési eljárás (aszalás, mikrohullám) szintén hatással van a mikrobaszám alakulására. A mikrohullámmal kezelt minta esetén a mikrobaszám emelkedése a kísérlet 21. napjáig nem mutatott intenzív növekedést a kezdeti sejtszámhoz képest (3. ábra). Ezzel ellentétben a nyers és aszalt gyümölccsel kiegészített joghurtok esetében az összcsíraszám hétről-hétre emelkedett. Mindezek mellett azt is megállapítottuk, hogy az aszalt gyümölccsel kiegészített minta sejtszáma a legmagasabb, és ennél a mintánál tapasztaltuk a sejtszám legintenzívebb növekedését is. A tárolási kísérlet 7. napján már szignifikáns különbségek alakultak ki a minták vizsgálati eredményei között, ezek közül is az A-B minta tér el nagyságrendileg a Ny-B és MH-B mintáktól. A mérés 14. napján már mindhárom minta adata között nagyságrendnyi eltéréseket tapasztaltunk. Összcsíraszám tekintetében a MH-B minta esetében volt legalacsonyabb a sejtszám növekedés.



3. ábra. Az összcsóiraszám meghatározás eredményei a banános joghurtok esetében

#### 4.2.2. Élesztő/penész szám

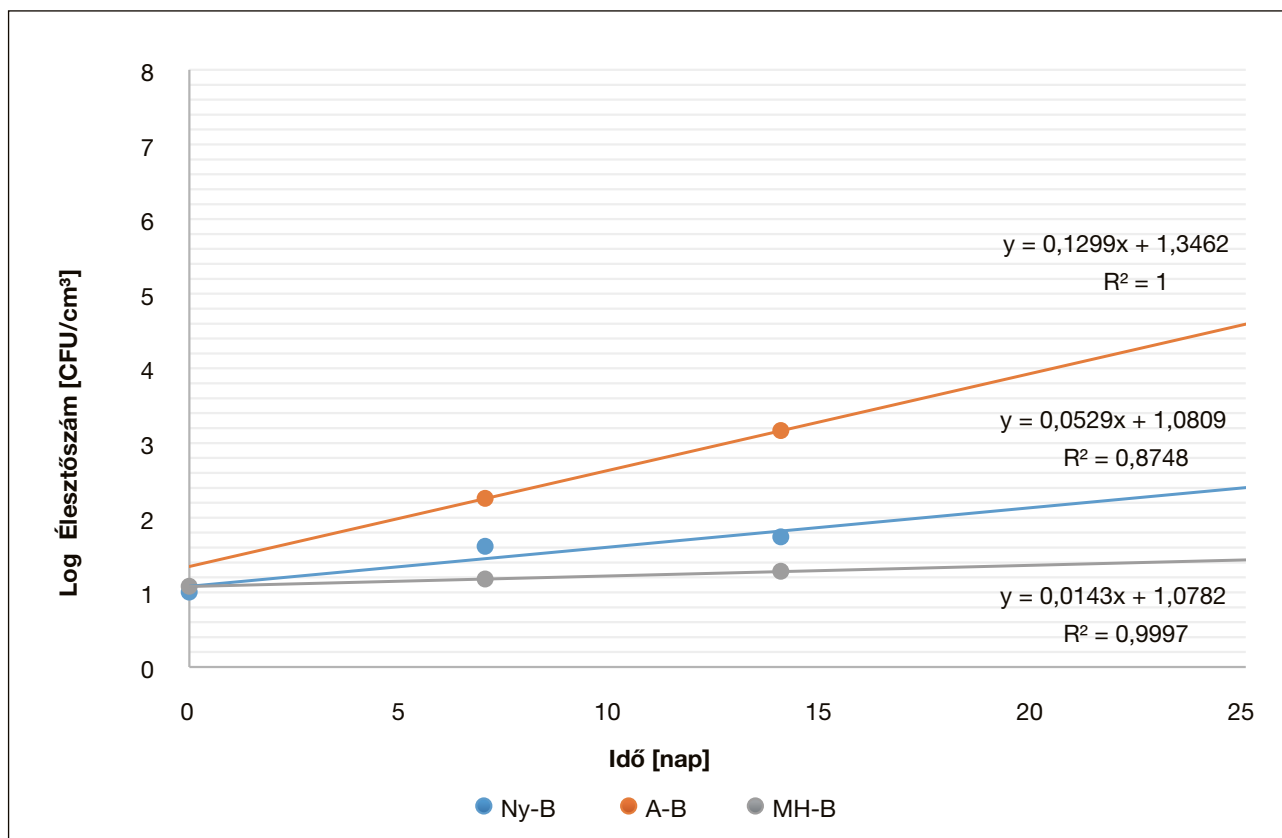
Az élesztőszám eredményei (4. ábra) alapján megállapítottuk, hogy a nyers- és mikrohullámmal kezelt banános joghurtok esetében nincs számottevő különbség a minták telepszámainak, illetve a mikroorganizmusok szaporodási tendenciái tekintetében. Az aszalt almás joghurtok esetében azonban a sejtszám gyors növekedése volt jellemző, ami a termék organoleptikus tulajdonságait is befolyásolta. A mintavétel 7. napjától már szignifikáns különbségek alakultak ki a MH-B és Ny-B valamint a A-B és Ny-B minták között. A leghatékonyabbnak ebben az esetben is a mikrohullámú kezelés bizonyult.

A banános joghurtok esetében is vizsgáltuk a penészs szám alakulását az eltarthatósági idő alatt. Az eredmények azt mutatták, hogy az első két mérés alkalmával, a 0. és 7. napon a penésztelepek nem alakultak ki. A kísérlet 14. napján azonban az aszalt banános mintánál penészgombák jelentek meg  $1,4 \cdot 10^4$  CFU/cm<sup>3</sup> mennyiségben, amely jóval meghaladja a rendelet szerinti megfelelőségi határértéket ( $10^2$  CFU/cm<sup>3</sup>), sőt már a visszautasítási kategóriába esik ( $5 \cdot 10^3$  CFU/cm<sup>3</sup>). A másik két minta (nyers és mikrohullámmal kezelt banán) esetében a 14. napon penészgombák nem voltak jelen. A kísérlet 21. napján a nyers banánnal kiegészített joghurtban is megjelentek a penészgombák  $3,0 \cdot 10^1$  CFU/cm<sup>3</sup> mennyiségben, amely még nem haladja meg a megfelelőségi határértéket. Az MH-B mintánál penészgomba még mindig nem volt kimutatható. A kísérlet 28. napján a penészgombaszám a nyers banános joghurt esetben is hozzávetőlegesen 1 nagyságrenddel meghaladta a visszautasítási határértéket. Az MH-B mintánál penészgomba még a 28. napon sem volt kimutatható.

Az aszalt termékek esetén kapott eredmények arra engednek következtetni, hogy a kíméletes hőkezeléssel végzett 24 órás aszalás nem javította kellő mértékben a felhasznált anyagok mikrobiológiai állapotát. Feltehető, hogy az aszalóberendezésen átáramló levegő higiéniai állapota sem volt megfelelő. Úgy véljük, hogy a joghurt készítményekhez előkészített gyümölcsök aszalását csak olyan helyiségben és berendezésben célszerű végezni, amelynek levegője kifogástalan, valamint elszívó és megfelelő légszűrőrendszerrel rendelkezik.

#### 4.2.3. A joghurtok *E. coli*/coliform eredményei

Az *Escherichia coli* baktérium a normál bélflóra legfontosabb mikrobája, így minden melegvérű állat és az ember emésztőrendszerének természetes összetevője. Az élelmiszerekbe gyümölcsökről, zöldségekről kerülhet, ha azokat nem tisztították elég alaposan, de a nyers tejben vagy az abból készült tejtermékekben is előfordulhat.



4. ábra. Az élesztőszám meghatározás eredményei a banános joghurtok esetében

A hatályos rendelet [28] alapján a fermentált tej, tejtermék, savanyított tejtermék, túró, túrókészítmények esetén a megfelelőség szint (m) $<1/CFU/cm^3$  a visszautasítás határértéke (M) $<10/CFU/cm^3$ .

A kísérlet 0. és 7. napján elvégzett vizsgálatok alkalmával *E. coli* baktérium az általunk előállított minta egyikében sem volt kimutatható. A kísérlet 21. napján (3. hét) azonban a nyers banános és mikrohullámmal kezelt banános mintákon kívül az összes joghurtban kimutathatóvá vált a baktérium. A mérés 4. hetére az *E. coli* a nyers banános joghurtban is megjelent. Így a vizsgálat végére csak a mikrohullámmal kezelt banánnal kiegészített joghurt felelt meg a jogszabályi előírásoknak.

A coliform baktériumok megtalálhatók a vizes élőhelyeken, a talajban és a növényzeten; és általában nagy számban vannak jelen a melegvérű állatok székletében.

A hatályos – 4/1998. (XI. 11.) EüM – rendelet alapján a fermentált tej, tejtermék, savanyított tejtermék, túró, túrókészítmények esetén a megfelelőség szint (m) $<10 CFU/cm^3$  a visszautasítás határértéke (M) $<102 CFU/cm^3$ .

A coliform baktériumokat a kísérlet 0. napján az összes mintában kimutattuk, azonban a nem megfelelőségi határértéket csak az aszalt gyümölccsel kiegészített joghurtok mintáinak eredményei haladták meg. 1 hét elteltével azonban a coliformok csak az aszalt banános joghurt esetében voltak kimutathatók. Valószínűleg a joghurt pH értékének csökkenése akadályozta a baktériumok szaporodást és életben maradását.

A mérés 3. hetében a nyers gyümölccsel kiegészített mintáink esetében észleltünk coliform baktériumokat a többi mintában nem voltak jelen. Esetünkben a nyers gyümölccsel kiegészített minták elérték az M értéket, így 21 nap eltelté után a termékek nem voltak alkalmasak emberi fogyasztásra.

A mikrobiológiai vizsgálatok során a rendelet alapján előírt *Salmonella* és *Staphylococcus aureus* meghatározását is elvégeztük. Ezek a vizsgálatok minden esetben negatív eredményt hoztak.

Schnabel és munkatársai hétféle mikrobatörzsszel fertőzött meg (köztük az általunk vizsgált *E. coli* baktériummal) nyers gyümölcsöket  $10^8$  nagyságrendű sejtszámmal. Ezután mikrohullámmal támogatott plazmával kezelték a mintákat, amelynek hatására a sejtszámot már 5 perces kezelés után 4 nagyságrenddel volt képes csökkenteni. A kezelést non-termális körülmények között (30 °C-on) végezték, kizárva ezzel a hőmérséklet mikrobapusztító hatását [29].



Ez a jelenség munkacsoportunk mérései során abban nyilvánult meg, hogy az *E. coli* mikrohullámmal kezelt banános joghurtban a mérés 28. napjára sem volt kimutatható, szemben a nyers- és aszalt banános joghurtokkal. Ezzel szemben az almával kevert joghurtokban sajnos a kísérlet végére az *E. coli* jelenlétét észleltük.

Picouet és munkatársai kimutatták, hogy a mikrohullámú kezelések az *E. coli* O157: H7 és összcsíraszám értékeket hasonlóképpen befolyásolták, 1,01-1,16 log CFU g<sup>-1</sup> csökkenést detektáltak. Ugyanezen kezelési paraméterek nagymértékben befolyásolta az *L. innocua*-t, a populációk a kimutatási határ alatt voltak (10 CFU g<sup>-1</sup>) a legtöbb esetben. Alma pürémintákban az összcsíraszám stabil maradt az 5 °C-on történő tárolás során, enyhe növekedéssel a 14. napon [30]. Ez a tendencia saját méréseink során is megfigyelhető volt. Eredményeink igazolják, hogy megvalósítottuk kutatásunk célkitűzését, amely a mikrohullámú kezelés mikrobapusztító és gátló hatásának igazolása volt.

Eredményeinket az is alátámasztja, hogy 5-25 másodperces (65 °C, 1200 W, 2,45 GHz) mikrohullámú kezelés képes zöldségek esetében a *Salmonella* sejtszámot 4-5 nagyságrenddel csökkenteni, ezzel is igazolható a mikrohullám többi kezeléshez viszonyított erősebb mikrobapusztító hatása [31].

## 5. Következtetések és javaslatok

A joghurtok ízesítő anyagaként felhasznált gyümölcsök esetében kétféle hőkezelést alkalmaztunk a termékek eltarthatóságának növelése érdekében. A mikrohullámú kezelési eljárás eltarthatóságra kifejtett hatását a hagyományos és kezeletlen gyümölcsök joghurtba való adagolása utáni eltarthatósági idő hosszával jellemeztük.

A mikrobiológia vizsgálatok alapján megállapítottuk, hogy a különböző hőkezelések közül a mikrohullámú kezelés volt a leghatékonyabb. A gyümölcsök hőkezelésének módszerei közül a mikrohullámú besugárzás eredményezett alacsonyabb csíraszámot a kezeletlen és az aszalásos technológiához képest.

A mikrobiológiai eredményeink alapján úgy véljük, hogy a nyers gyümölcs szennyezettsége vagy textúrája alapvetően befolyásolja a kezelés hatékonyságát. A banán mikrohullámú kezelése után a joghurtban kísérleteink végére (28. nap) sem volt kimutatható az *E. coli* baktérium jelenléte, szemben a kezelt alma esetében, ahol a 14. napon már kimutattuk annak jelenlétét. Ez azért lehet említésre méltó, mert a termék készítésének napján egyik esetben sem észleltük az *E. coli* jelenlétét. Feltételezhető, hogy a mikrohullámú sugárzás banán puha textúrájába intenzívebben fejtette ki csíraölő hatását, mint a keményebb konzisztenciájú alma esetében.

Megállapítottuk, hogy az aszalásos eljárás abban az esetben alkalmas mikrobiológiailag biztonságos élelmiszer előállítására, ha a berendezésben keringő levegő mikrobiológiai állapota is megfelelő.

Eredményeink alapján feltételezzük, hogy a mikrohullámú besugárzási technológia az élelmiszerek – jelen esetben gyümölcsök – esetében sikeresen alkalmazható az élelmiszerek belsejében, illetve felületén élő mikroorganizmusok gátlására.

Az almával ízesített joghurtok esetén a nyers gyümölcsös minták mikrobiológiai jellemzői voltak rosszabbak, ezekkel szemben a banán esetében az aszalásos technológia bizonyult mikrobiológiai szempontból a legkedvezőtlenebbnek. Ennek valószínű oka az lehet, hogy a banán az almával összehasonlítva átlagosan háromszor nagyobb mennyiségű szénhidrátot tartalmaz, amely az aszalás következtében koncentráltabb. A joghurtba kevert magas szénhidrát tartalmú gyümölcs pedig tápanyagként szolgálhatott a különböző mikroorganizmusok számára.

Annak érdekében, hogy megállapítsuk, hogy a mikrohullámban 55 °C-tól eltérő hőmérséklet, eltérő teljesítmény és kezelési időtartam alkalmazása eltarthatóság szempontjából kedvezőbb eredményeket hozna-e vagy sem, további vizsgálatok elvégzésére van szükség.

A hőkezelési eljárások közül a mikrohullám alkalmas lehet mind a tej kezelésére, így a mikrobaszám csökkentésére, mind pedig az alkalmazott ízesítőanyagok (fűszerek, gyümölcsök, zöldségek) csíraszámának csökkentésére.

## 6. Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.1-16-2016-00024 azonosítószámú „Intelligens szakosodást szolgáló fejlesztések az Állatorvostudományi Egyetem és a Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Karának együttműködésében” című projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

## 7. Irodalom

- [1] Kukovics, S. (2009): A tej szerepe a humán táplálkozásban. Melánia Kiadó, Budapest.
- [2] Coisson, J.D., F. Travaglia, G. Piana, M. Capasso and M. Arlorio, (2005): Euterpe oleracea juice as a functional pigment for yogurt. *Food Research International*, 38 (8-9) pp. 893-897.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2005.03.009>
- [3] Tamime, A.Y., Robinson. R.K. (1999): *Yoghurt, Science and Technology*. Cambridge, UK: Woodhead Publishing Limited.  
<https://doi.org/10.1201/9780415876162>
- [4] Tarakci, Z., Küçüköner, E. (2003): Physical, chemical, microbiological and sensory characteristics of some fruit flavored yoghurt. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi* 14 (2) pp. 10-14.
- [5] Deák, T. (2006): *Élelmiszer mikrobiológia*. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- [6] Oms-Oliu G., Rojas-Grau M.A., Gonzalez L.A., Varela P., Soliva-Fortuny R., Hernando M.I.H., Munuera I.P., Fiszman S., & Martin-Belloso, O. (2010): Recent approaches using chemical treatments to preserve quality of fresh-cut fruit: A review. *Postharvest Biology and Technology* 57 (3) pp. 139-148.  
<https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2010.04.001>
- [7] Pasha, I., Saeed, F., Sultan, M.T., Khan, M. R., & Rohi, M. (2014): Recent developments in minimal processing: A tool to retain nutritional quality of food. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 54 (3) pp. 340-351.  
<https://doi.org/10.1080/10408398.2011.585254>
- [8] Abadias, M., Usall, J., Anguera, M., Solsona, C., & Viñas, I. (2008): Microbiological quality of fresh, minimally-processed fruit and vegetables, and sprouts from retail establishments. *International Journal of Food Microbiology*, 123 (1-2) pp. 121-129.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2007.12.013>
- [9] Johnston, L. M., Jaykus, L. A., Moll, D., Martinez, M. C., Anciso, J., Mora, B., & Moe, C. L. (2005): A field of study of the microbiological quality of fresh produce. *Journal of Food Protection* 68 (9) pp. 1840-1847.  
<https://doi.org/10.4315/0362-028X-68.9.1840>
- [10] Lehto, M., Kuisma, R., Maatta, J., Kymalainen, H. R., & Maki, M. (2011). Hygienic level and surface contamination in fresh-cut vegetable production plants. *Food Control* 22 (3-4) pp. 469-475.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2010.09.029>
- [11] Beuchat, L. R. (1998): Progress in conventional methods for detection and enumeration of foodborne yeasts. *Food Technology and Biotechnology* 36 (4) pp. 267-272.
- [12] Magyar Élelmiszerkönyv (Codex Alimentarius Hungaricus): 2-51 számú irányelv, Tej és tejtermékek, Dairy products
- [13] Vasbinder, A. J.; C. G. De Kruif. (2003): Casein-whey protein interactions in heated milk: the influence of pH. *International Dairy Journal* 13 (8) pp. 669-677.  
[https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(03\)00120-1](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(03)00120-1)
- [14] Berecz, L. (1999): *Élelmiszerek száradási jellemzői, különös tekintettel az élesztőkre*, PhD disszertáció, Pannon Agrártudományi Egyetem, Mezőgazdaságtudományi Kar, Mosonmagyaróvár
- [15] Tang, Z. W., Mikhaylenko, G., Liu, F., Mah, J.H., Pandit, R., Younce, F., Tang, J.M., (2008): Microwave sterilization of sliced beef in gravy in 7-oz trays. *Journal of Food Engineering* 89 (4) pp. 375-383.  
<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.04.025>
- [16] Venkatesh, M.S., Raghavan, G.S.V., (2004): An overview of microwave processing and dielectric properties of agri-food materials. *Biosystems Engineering* 88 (1) pp. 1-18.  
<https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2004.01.007>
- [17] Pozar, M.D. (1993): *Microwave Engineering*, Addison-Wesley Publishing Company.
- [18] Rosenberg, U., Bogl, W. (1987): Microwave pasteurization, sterilization, blanching, and pest control in the food industry. *Food Technology* 41 (6) pp. 92-99.
- [19] Lau, M.H., Tang, J. (2002): Pasteurization of pickled asparagus using 915 MHz microwaves. *Journal of Food Engineering* 51 (4) pp. 283-290.  
[https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(01\)00069-3](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(01)00069-3)
- [20] Wang, Y., Wig, T.D., Tang, J., Hallberg, L.M. (2003): Dielectric properties of foods relevant to RF and microwave pasteurization and sterilization. *Journal of Food Engineering* 57 (3) pp. 257-268.  
[https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(02\)00306-0](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(02)00306-0)

- [21] Bennett, L.E., Jegasothy, H., Konczak, I., Frank, D., Sudharmarajan, S., Clingeleffer, P.R. (2011): Total polyphenolics and anti-oxidant properties of selected dried fruits and relationships to drying conditions. *Journal of Functional Foods* 3 (2) pp. 115-124.  
<https://doi.org/10.1016/j.jff.2011.03.005>
- [22] Donno, D., Beccaro, G.L., Mellano, M.G., Cerutti, A.K., & Bounous G. (2015): Goji berry fruit (*Lycium spp.*): antioxidant compound fingerprint and bioactivity evaluation. *Journal of Functional Foods* 18 (B) pp. 1070-1085.  
<https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.05.020>
- [23] Hassan, A.N., Ipsen, R., Janzen, T., Qvist, K.B., (2003): Microstructure and rheology of yogurt made with cultures differing only in their ability to produce exopolysaccharides. *Journal of Dairy Science* 86 (5) pp. 1632-1638.  
[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73748-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73748-5)
- [24] Huang, L., Lu, Z., Yuan, Y., Lu, F., Bie, X., (2006): Optimization of a protective medium for enhancing the viability of freeze-dried *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* based on response surface methodology. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology* 33 (1) pp. 55-61.  
<https://doi.org/10.1007/s10295-005-0041-8>
- [25] Magyar Szabványügyi Testület (MSZT) (2014): Az élelmiszerlánc mikrobiológiája. Horizontális módszer a mikroorganizmusok számlálására. 1. rész: Telepszámlálás 30 °C-on lemezöntéses módszerrel Magyar Szabvány MSZ EN ISO 4833-1:2014. Magyar Szabványügyi Testület, Budapest.
- [26] Magyar Szabványügyi Testület (MSZT) (1999): Mikrobiológia. Általános útmutató élesztők és penészek számlálásához. Telepszámlálási technika 25 °C-on. Magyar Szabvány MSZ ISO 7954:1999. Magyar Szabványügyi Testület, Budapest.
- [27] Magyar Szabványügyi Testület (MSZT) (2014): Az *Escherichia coli* és coliform baktériumok megszámlálása. 2. rész: A legvalószínűbb szám módszere (EN ISO 9308-2:2014). Angol Szabvány MSZ EN ISO 9308-2:2014. Magyar Szabványügyi Testület, Budapest.
- [28] 4/1998. (XI. 11.) EüM rendelet: Az élelmiszerekben előforduló mikrobiológiai szennyeződések megengedhető mértékéről (hatályos: 2020. 04. 02.)
- [29] Schnabel, U., Niquet, R., Schlüter, O., Gniffke, H.; Ehlbeck, J. (2014): Decontamination and sensory properties of microbiologically contaminated fresh fruits and vegetables by microwave plasma processed air (PPA). *Journal of Food Processing and Preservation* 29 (6) pp. 1745-1754.  
<https://doi.org/10.1111/jfpp.12273>
- [30] Picouet, P. A., Landl, A., Abadias, M., Castellari, M., Viñas, I. (2009): Minimal processing of a Granny Smith apple purée by microwave heating. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 10 (2009) pp. 545-550.  
<https://doi.org/10.1016/j.ifset.2009.05.007>
- [31] Vega, M., López, S., Malo, L., Morales, S. (2012): Inactivation of *Salmonella typhimurium* in fresh vegetables using water-assisted microwave heating. *Food Control* 26 (1) pp. 19-22.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.01.002>