



MAGYAR AGRÁR- ÉS
ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

MAGYAR AGRÁR- ÉS ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

KÍMÉLETES TARTÓSÍTÓ ELJÁRÁSOK HATÁSA
GYÜMÖLCSPÜRÉ TERMÉKEKRE

Zakariás Fanni

Budapest

2026

**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem – Agrár- és Élelmiszertudományok
Doktori Iskola**

Megnevezése: Agrár- és Élelmiszertudományok Doktori Iskola

Tudományága: Élelmiszertudományok

Vezetője: **Dr. Kovács Melinda**

Egyetemi tanár, MTA r. tagja

Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem

Élettudományi és Technológiai Intézet, Táplálkozástudományi Tanszék

Témavezetők: **Dr. Kiskó Gabriella**

Egyetemi tanár, PhD

Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem

Élelmiszertudományi és -Technológiai Intézet, Élelmiszer-mikrobiológia, -
higiénia és -biztonság Tanszék

Dr. Dalmadi István

Egyetemi docens, PhD

Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem

Élelmiszertudományi és -Technológiai Intézet, Állattermék és
Élelmiszertartósítási Technológia Tanszék

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezető(k) jóváhagyása

Tartalomjegyzék

1. BEVEZETÉS	1
2. CÉLKITŰZÉSEK	2
3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	3
3.1. A smoothie összetevőinek egészségügyi és táplálkozási jelentősége	3
3.1.1. A smoothie fogyasztás jelentősége	3
3.1.2. A számocafogyasztás jelentősége	4
3.1.3. A banánfogyasztás jelentősége.....	5
3.1.4. Az avokádófogyasztás jelentősége.....	5
3.1.5. A mandula ital fogyasztásának jelentősége.....	6
3.2. A smoothie összetevőinek fogyasztásával kapcsolatos élelmiszerbiztonsági aggályok	6
3.2.1. A számocafogyasztás mikrobiológiai kockázatai	7
3.2.2. A banánfogyasztás mikrobiológiai kockázatai.....	8
3.2.3. Az avokádófogyasztás mikrobiológiai kockázatai	8
3.2.4. A mandulaitalfogyasztás mikrobiológiai kockázatai	9
3.3. A gyümölcsfogyasztás mikrobiológiai kockázatai, <i>Listeria</i> és <i>Salmonella</i> által okozott megbetegedések gyümölcsfogyasztás következtében.....	9
3.3.1. A smoothie fogyasztással kapcsolatos mikrobiológiai kockázatok	10
3.4. A hőkezelés elve, jelentősége az élelmiszeriparban.....	11
3.5. A nagy hidrosztatikus nyomású kezelés.....	13
3.5.1. A HHP technológia	13
3.5.2. A HHP berendezés felépítése, működési elve.....	14
3.5.3. A nagy nyomású kezelés mikrobiológiai hatása	15
3.6. HHP és kíméletes hőkezelés kombinációja.....	16
3.7. Az élelmiszerek érzékszervi minősítése.....	18
4. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK.....	19
4.1. Szamócával végzett kísérletek	19
4.1.1. Mintaelőkészítés.....	19

4.1.2. A szamócapüré minták HHP és hőkezelése	19
4.1.3. Összmikrobaszám meghatározás.....	21
4.1.4. A kezelések patogén baktériumokra gyakorolt hatásának vizsgálata	21
4.1.5. Adatelemzés	22
4.2. Smoothie-val végzett kísérletek	22
4.2.1. Mintaelőkészítés.....	22
4.2.2. A smoothie minták HHP és hőkezelése	23
4.2.3. Összmikrobaszám meghatározás, valamint a kezelések patogén baktériumokra gyakorolt hatásának vizsgálata.....	23
4.2.4. Érzékszervi bírálat.....	24
4.2.5. Reológiai tulajdonságok vizsgálata.....	25
4.2.6. Színmérés	25
4.2.7. Elektronikus orral végzett analízis	26
4.2.8. Elektronikus nyelvvel végzett analízis.....	27
4.2.9. Összes monomer antocianin-tartalom meghatározás pH differenciális módszerrel ...	28
4.2.10. Antioxidáns kapacitás meghatározás FRAP módszerrel.....	29
4.2.11. Összes polifenol-tartalom meghatározás.....	29
4.2.12. Adatelemzés és kemometria.....	30
5. EREDMÉNYEK ÉS AZOK MEGBESZÉLÉSE.....	33
5.1. Szamócával végzett kísérletek eredményei.....	33
5.1.1. A magasabb nyomás- és hőmérséklettartományban végzett kísérletsorozat eredményei	33
5.1.1.1. Összmikrobaszámok alakulása a kezelések és a tárolás hatására	33
5.1.1.2. Összmikrobaszámok alakulásának vizsgálata válaszfelület-analízissel.....	35
5.1.1.3. A kezelések patogén baktériumokra gyakorolt hatásának vizsgálata	37
5.1.2. A csökkentett nyomás- és hőmérséklettartományban végzett kísérlet eredményei	37
5.1.2.1. Összmikrobaszámok alakulása a kezelések és a tárolás hatására	37
5.1.2.2. Összmikrobaszámok alakulásának vizsgálata válaszfelület-analízissel.....	41
5.1.2.3. A kezelések patogén baktériumokra gyakorolt hatásának vizsgálata	42

5.2. A smoothie-val végzett kísérletek eredményei	43
5.2.1. A kezelések hatása a smoothie összmikrobaszámára.....	43
5.2.1.1. Az összmikrobaszámok időbeli változása a kéthetes tárolás során.....	43
5.2.1.2. A friss minták összmikrobaszámának értékelése	45
5.2.1.3. Az összmikrobaszámok értékelése a tárolási idő szerint csoportosítva	46
5.2.1.4. Az összmikrobaszámok értékelése a tárolási hőmérséklet szerint csoportosítva.	48
5.2.1.5. Az összmikrobaszámok alakulásának vizsgálata válaszfelület-analízissel.....	51
5.2.2. A kezelések patogén baktériumokra gyakorolt hatásának vizsgálata	53
5.2.2.1. A kezelések hatékonysága a Salmonella jelenlétére/hiányára	53
5.2.2.2. A Salmonella szám időbeli változása a kéthetes tárolás során.....	56
5.2.2.3. A friss minták Salmonella számának alakulása	57
5.2.2.4. A Salmonella számok értékelése a tárolási idő szerint csoportosítva	58
5.2.2.5. Salmonella számok értékelése a tárolási hőmérséklet szerint csoportosítva.....	61
5.2.2.6. A Listeria monocytogenes szám időbeli változása a kéthetes tárolás során	63
5.2.2.7. A friss minták Listeria monocytogenes számának értékelése.....	65
5.2.2.8. Listeria monocytogenes számok értékelése a tárolási idő szerint csoportosítva..	66
5.2.2.9. Listeria monocytogenes számok értékelése a tárolási hőmérséklet szerint csoportosítva.....	68
5.3. A smoothie érzékszervi tulajdonságainak értékelése	71
5.3.1. Érzékszervi bírálat eredményei	71
5.3.2. A viszkozitás mérés eredményei.....	73
5.3.3. A színtani tulajdonságok értékelése	75
5.3.4. Elektronikus orr mérések	77
5.3.5. Elektronikus nyelv mérések	81
5.4. A humán érzékszervi bírálat és a műszeres vizsgálatok eredményeinek összevetése	84
5.5. A smoothie bioaktív komponensei.....	87
6. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS A JAVASLATOK.....	90
7. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK	92

8. ÖSSZEFOGLALÁS.....	94
9. SUMMARY	100
10. MELLÉKLETEK.....	106
M1 Irodalomjegyzék	106
M2 További melléletek	119
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS.....	124

1. BEVEZETÉS

Köztudott, hogy a kiegyensúlyozott étrend alapja a rendszeres gyümölcs- és zöldségfogyasztás. A bennük található vitaminok, antioxidánsok és ásványi anyagok nélkülözhetetlenek egészségünk megőrzéséhez. Szervezetünk a természetes úton bevitt jótékony hatású vegyületeket ráadásul lényegesen nagyobb hatásfokkal képes hasznosítani, mint a szintetikus étrend-kiegészítőkből származókat.

Bár a legtöbb gyümölcsöt és zöldséget frissen fogyasztjuk, szezonális jellegük miatt legtöbbjük nem érhető el egész évben. Ez magyarázza a minimálisan feldolgozott gyümölcskészítmények iránti növekvő keresletet. A tudatos vásárlók a tartósítószer- és adalékanyagmentes termékeket keresik, ami kihívások elé állítja az élelmiszeripart. A hagyományos, hőkezelésen alapuló (termikus) tartósítási eljárások ugyanis általában rontják a gyümölcsök friss jellegét és a bennük található értékes összetevőkre sincsenek kedvező hatással. A minőségi, friss élelmiszerek iránti növekvő igény indukálta a tartósítás egy új irányzatának, a kíméletes technológiáknak (más néven minimal processing) létrejöttét. Ezek olyan, hőhatás-mentes eljárások, amelyek vegyszerek hozzáadása és az értékes beltartalmi komponensek elvesztése nélkül teszik lehetővé a tartósítást. Erre kiváló példa a nagy hidrosztatikus nyomású kezelés (High Hydrostatic Pressure processing, HHP), amely több száz MPa nyomás alkalmazásával éri el a tartósságot, miközben megőrzi a termék érzékszervi és táplálkozási értékét.

A tartósítás alapvető célja az eltarthatósági idő növelése és az eredeti érzékszervi és táplálkozási tulajdonságok megtartása mellett a mikrobiológiai biztonság garantálása. Mivel a HHP önmagában – különösen semleges pH-jú élelmiszerek esetében – nem mindig eléggé hatékony a nyomásálló baktériumokkal és spórákkal szemben, gyakran alkalmazzák más kezelésekkel kombinálva. A kombinált kezelés a gát elméleten (hurdle technology) alapul, ahol több gátló tényezőt alkalmaznak egyszerre, melyek hatása nemcsak összeadódik, hanem szinergikus módon segíti elő a mikrobiológiai biztonságot.

A technológiai fejlődésnek köszönhetően ezek az új, kíméletes eljárással készült termékek egyre szélesebb körben válnak elérhetővé, de élelmiszerbiztonsági szempontból teljes mértékben megfelelő termékek előállításához további kutatások szükségesek.

2. CÉLKITŰZÉSEK

Dolgozatomban kíméletes hőkezelés és nagy hidrosztatikus nyomású kezelés különböző kombinációinak hatását vizsgáltam gyümölcspüré termékekre. Kutatómunkám kiindulópontja egy korábbi kutatás (Salamon et al., 2021) volt, melyben 5 perces 300, 450 és 600 MPa-os nyomáskezelés, valamint 10 perces 55, 65 és 75 °C-os hőkezelés kombinációt alkalmaztuk szamócapüré mintákra és vizsgáltuk annak színét, antocianin-tartalmát és érzékszervi jellemzőit rögtön a kezelések után, valamint kéthetes 2 °C és 15 °C-os tárolást követően. Ennek eredményei alapján az alkalmazott kezelések eredményesnek bizonyultak a szamócapüré fiziko-kémiai és érzékszervi jellemzőinek megőrzése szempontjából. Éppen ezért a dolgozatomban a kezelések és a tárolás hatására végbemenő változásokat a beltartalmi tényezők vizsgálata helyett elsősorban mikrobiológiai és élelmiszerbiztonsági szempontból közelítettem meg. A korábbi kutatás során alkalmazott kísérleti beállításokon kezdetben csak az egyik tárolási hőmérsékleten változtattam: 2 °C és 15 °C helyett 6 °C és 15 °C-on tároltam két hétig a mintákat. A változtatást az indokolta, hogy bár a WHO és FAO (2009) ajánlása alapján a hűtőszekrény hőmérsékletének 2-4 °C között kellene lennie, több felmérés is beszámol arról, hogy a háztartásokban lévő hűtők hőmérséklete még a 6 °C-ot is meghaladja (Laguerre et al., 2002, Ovca et al., 2021, Geppert és Stamminger, 2010). A két választott tárolási hőmérséklettel pedig átlagos hűtési és helytelen tárolási körülményeket (pl. meghibásodott hűtő) szerettem volna modellezni.

Céлом volt továbbá a szamócapürét, mint alapanyagot egy termékben fő összetevőként felhasználni, és a kezelések, valamint a tárolás hatását ebben a komplex rendszerben vizsgálni a termék általános mikrobiológiai állapotára és élelmiszerpatogén baktériumokra. Céлом volt, egy olyan kezeléskombináció kiválasztása, amely élelmiszerbiztonsági és mikrobiológiai szempontból a termék tartósításához szükséges legkisebb dózist jelenti, ugyanakkor az eredeti tulajdonságait a lehető legkisebb mértékben befolyásolja. Céлом volt továbbá annak vizsgálata humán érzékszervi bírálattal, valamint műszeres mérésekkel egyaránt, hogy a kiválasztásra kerülő kezeléskombináció milyen érzékszervi változásokat okoz a vizsgált termékben. Vizsgálataim célja volt annak megválaszolása is, hogy van-e jelentősége a kezelések sorrendjének, és ha igen, melyik sorrend alkalmazása előnyösebb?

3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

3.1. A smoothie összetevőinek egészségügyi és táplálkozási jelentősége

3.1.1. A smoothie fogyasztás jelentősége

A gyümölcsökben és zöldségekben gazdag étrend összefügg számos betegség, többek között az elhízás, szív- és érrendszeri, valamint neurológiai betegségek, a rák alacsonyabb előfordulásával, ezért a gyümölcsfogyasztás növelése praktikus megelőzési stratégia lehet egészségünk megőrzése szempontjából. A bogyós gyümölcsök fogyasztása magas ásványi anyag, vitamin, zsírsav és élelmi rost, valamint magas polifenol (pl.: flavonoidok, fenolsavak, lignánok és tanninok) tartalmának köszönhetően figyelemre méltó egészségügyi előnyökkel jár (**Giampieri et al., 2015**). Az emberi szervezetre leginkább a flavonoid vegyületek vannak pozitív hatással, melyek antioxidáns hatású vegyületek. Megkötik a szabadgyököket, fokozzák az immunrendszer működését, gyulladáscsökkentő, szív- és érrendszert védő, antibakteriális, antivirális, asztmaellenes és antiallergén hatással bírnak, képesek módosítani egyes enzimek aktivitását, ösztrogén aktivitással rendelkeznek (izoflavonoidok), valamint befolyásolják a karcinogenezist (**Rak, 2010**). **Boór és Bélafiné (2012)** definíciója szerint: „Az antioxidáns vegyületek saját oxidációjukkal megkötik az oxigént, így gátolják az oxidációt gyorsító katalizátorok működését. Az autooxidációt gátló, oxidációs inhibitor jellegű anyagok hatással vannak az oxidáció során képződő peroxid gyökökre és stabilis végterméket képeznek velük, így megszakítják a további átalakulással járó láncreakciókat. Az antioxidánsok közé tartoznak olyan vegyületek, mint a C-, E- és A vitamin, a béta karotin, a flavonoidok, a fenolos vegyületek, néhány kéntartalmú aminosav is” (**Boór és Bélafiné, 2012**).

A smoothie alapvetően gyümölcsökből és zöldségekből készült, turmixolt, fogyasztásra kész ital, ami már az 1960-as évek óta ismert, de csak a 2000-es években vált igazán népszerűvé (**Di Cagno et al., 2011**). A globális smoothie-piac értéke 2023-ban 12,46 milliárd USD volt, és előrejelzések szerint 2030-ra elérheti a 23,08 milliárd USD-t (**Grand View Research, 2024**). Mivel a zöldségek és gyümölcsök egészségre gyakorolt jótékony hatásai bizonyítottak, egyre nő a kereslet a smoothie-k iránt (**Boeing et al., 2012**), főleg az egészségtudatos fogyasztók körében. **Chermon és munkatársai (2024)** tanulmánya szerint, a 2 hónapon túli rendszeres, heti 1-2 adagnál több smoothie-fogyasztás összefügg az egészség fenntarthatóságával.

Összetételüket tekintve a smoothie-k a különböző gyümölcsök és zöldségek mellett más növényi alapú összetevőket is tartalmazhatnak, például növényi tejet, algákat és gabonaalapú összetevőket.

Ezenkívül állati eredetű termékek is lehetnek az összetevők között, például tej, joghurt vagy akár fagyalt is (Da Silva-Mojón et al., 2023; Keenan et al., 2010). McCartney és munkatársai (2018) kimutatták, hogy a smoothie-t gyakran fogyasztók (legalább heti gyakorisággal) nagyobb valószínűséggel építik be étrendjükbe az alapvető élelmiszereket (pl. zöldségeket), és kevésbé hajlamosak a nem alapvető élelmiszerek (pl. méz vagy fagyalt) fogyasztására.

A smoothie-k népszerűségét tovább növeli, hogy ezek az italok ízletesek, könnyen beszerezhetőek és egyszerűen elkészíthetőek. A smoothie-kat otthon is el lehet készíteni, azonban egy felmérés szerint a fogyasztók körülbelül 70%-a elsősorban a kényelem és az időmegtakarítás miatt inkább a fogyasztásra kész smoothie-kat választja (Goel, 2024). Jelen dolgozat tárgya egy saját készítésű smoothie, így a következő alfejezetek a smoothie összetevőinek egészségügyi és táplálkozási jelentőségét mutatják be részletesebben.

3.1.2. A szamócafogyasztás jelentősége

A gyümölcsök közül a szamóca az egyik legkedveltebb, melyet nemcsak friss és fagyasztott formában, hanem feldolgozott termékeként is fogyasztanak. Felhasználják például joghurtok, italok, lekvárok, és zselék készítéséhez, de a szamóca kivonatokat újabban funkcionális élelmiszerek és étrend-kiegészítők összetevőjeként is hasznosítják egyéb gyümölcsökkel, zöldségekkel és gyógynövénykivonatokkal kombinálva. Tápanyag- és fitokémiai összetételét tekintve a szamóca tartalmaz zsírban oldódó vitaminokat, karotinoidokat, A-vitamint, E-vitamint és K-vitamint, de magas (kb. 60 mg/100 g friss gyümölcs) C-vitamin-tartalommal rendelkezik, és bár kisebb mennyiségben, de előfordul benne tiamin, riboflavin, niacin és B6-vitamin is. A gyümölcsök közül a szamóca az egyik leggazdagabb folsav forrás (24 µg/100 g friss gyümölcs), de figyelemre méltó mangán-, jód-, magnézium-, réz-, vas- és foszfortartalma is.

A szamóca polifenoljai főként flavonoidok, azon belül antocianinok. Legnagyobb mennyiségben a pelargonodin és cianidin származékok vannak jelen, de tartalmaz ellagitanninokat, flavonolokat, valamint fenolos savakat is (Giampieri et al., 2015).

A gyümölcsökben nagy mennyiségben megtalálható polifenolok a növényt érő stresszhatások és a káros oxidációs folyamatok megakadályozásán túlmenően a gyümölcsök színének, aromájának, a keserű és a savanyú ízének, valamint az illatának kialakításáért is felelősek (Shahidi és Naczk, 2004). A pirostól egészen a kék színig a vízzoldható flavonoid pigmentek felelősek a gyümölcsök és a zöldségek színének kialakításáért (Oey, et al., 2008).

A bogyós gyümölcsök érzékszervi jellemzői közül a szín a legmeghatározóbb, ami jelentős hatással van a fogyasztói magatartásra. A piros levek színe instabil, bomlásra hajlamos, amely során enyhe barnulás következik be. Az antocianin stabilitását sok tényező befolyásolja, többek

között enzimek jelenléte, a pH, a tárolási hőmérséklet, a fény, az antocianin koncentrációja és szerkezete, valamint egyéb a gyümölcsben megtalálható vegyületek (**Rein és Heinonein, 2004**).

3.1.3. A banánfogyasztás jelentősége

A banán a világkereskedelem tekintetében az ötödik legnagyobb jelentőségű mezőgazdasági növény a kávé, a gabonafélék, a cukor és a kakaó után, és jelentős gyümölcsstermés a citrusfélék, a szőlő és az alma után (**Afzal et al., 2022a**). Világszerte emberek milliói fogyasztják nyersen, de más formákban is feldolgozhatják, például lében, pürében, lisztben; így hosszabb időn át tárolható és más célokra is felhasználható. Az éretlen gyümölcsök vékony szeleteinek bő olajban sütésével készült banánchips is gyakori. A banánpüré felhasználható péksütemények, italok, tejtermékek vagy más feldolgozott élelmiszer összetevőjeként. A banán gazdag forrása a fenolos vegyületeknek, jelentős mennyiségű cukrot és ásványi anyagot tartalmaz, például foszfort, nátriumot, káliumot, kalciumot, magnéziumot, vasat, rezet, cinket és mangánt. Ezen kívül élelmi rost és vitamintartalma is említésre méltó, például karotin, C-vitamin, B1-, B2- és B6-vitamin is megtalálható benne (**Singh et al., 2016**). Mind az érett, mind az éretlen banán tartalmaz szabadgyök-megkötő, antioxidáns vegyületeket. Jótékony hatással van a sebgyógyulásra, fekélyellenes, valamint rákellenes hatással bír, illetve cukorbetegség és hasmenés ellen is fogyasztják. Szakértők szerint a legjobb energiaforrás sporttevékenységekhez, ezért általában a sportolók fogyasztják különféle energizáló italok és szeletek formájában. A banánnal dúsított italok és más élelmiszerek fogyasztása csökkenti a sportolók izom-összehúzódásának kockázatát az ásványi anyagok (K és Mg) és vitaminok megfelelő koncentrációja miatt (**Afzal et al., 2022a**).

3.1.4. Az avokádófogyasztás jelentősége

Az avokádó külső héjból, belső gyümölcshúsból (pép) és magból áll. Ehető része a gyümölcshús, amely sárgászöld színű, krémes és enyhén diós ízű. Más gyümölcsökhöz képest az avokádót magas olajtartalom és alacsony cukortartalom jellemzi. A gyümölcshúsban található zsírsavak egyedülálló eloszlása miatt rendkívüli biológiai értékkel rendelkezik, ami különösen jelentős a táplálkozás és az egészség területén. Az avokádó fogyasztásának számos egészségügyi előnye van (**Lin és Li., 2024**). A gyümölcsök közül az egyik legmagasabb fehérjetartalommal bír, gazdag tanninokban, pigmentekben és fitoösztrogénekben, A, C és E vitaminban, valamint folsavban. Cukortartalma alacsony, ugyanakkor nagy mennyiségű oldható és oldhatatlan rost (30%, illetve 70%) található benne (**Stephen és Radhakrishnan, 2022**). Fogyasztása csökkentheti a rák, a csontritkulás és a depresszió kialakulásának kockázatát, gyulladáscsökkentő hatású, megelőzi a krónikus gyulladások kialakulását, hozzájárul a normál vérnyomás és a normál emésztés fenntartásához, javítja a látást, hidratálja és táplálja a bőrt (**Afzal et al., 2022b**).

3.1.5. A mandula ital fogyasztásának jelentősége

A növényi alapú/nem tejtermék alapú tejalternatívák olyan folyadékok, amelyek növényi anyagok (gabonafélék, álgabonafélék, hüvelyesek, olajos magvak, diófélék) vízben történő extrakciójával, majd további homogenizálással jönnek létre, megjelenésben és állagban a tehéntejre hasonlítanak. A diófélék fogyasztása az egészséges életmód elengedhetetlen része. A mandula egy tápanyagban gazdag dióféle, körülbelül 25%-ban tartalmaz fehérjét, valamint kiváló E-vitamin és ásványi anyag forrás. Magas mangán-, kalcium-, magnézium-, szelén-, kálium-, cink-, foszfor- és réztartalommal bír. Ezenkívül potenciális prebiotikus tulajdonságokkal is rendelkezik. Más növényi alapú tejalternatívákhoz képest a mandulaital tápértéke jobb, gazdag kalcium- és zsírforrás, és alacsony kalóriatartalmú, természetes módon jó vitaminforrás, különösen az antioxidáns hatású E-vitaminban gazdag, amelyet a szervezet nem tud szintetizálni (Sethi et al., 2016).

A mandulaital előállításában magában foglalja a részben olajtalanított mandulapor vizes diszperziójának $8 \pm 1\%$ -os arányban történő melegítését és körülbelül 0,1% stabilizáló hidrokolloiddal való összekeverését 90 °C-on annyi ideig, ameddig a vegyületek oldódnak. Ezt követően vizes fázisban őrlik, majd centrifugális derítést alkalmaznak a nyelv vagy a szájpadlás által kimutatható nagyságú részecskék eltávolítására. A terméket ezután UHT (ultra magas hőmérsékletű) kezeléssel tartósítják, és hűtés közben homogenizálják, majd aszeptikus csomagolásba töltik (Berger et al., 1997).

3.2. A smoothie összetevőinek fogyasztásával kapcsolatos élelmiszerbiztonsági aggályok

A feldolgozatlan gyümölcsök és zöldségek, valamint az azokból készült italok magas tápértékük, magas vitamin- és rosttartalmuk, magas víztartalmuk és termesztési körülményeik miatt romlandó élelmiszerek. A különböző növényi részekben 10^3 - 10^6 TKE/g koncentrációban jelen lévő mikroorganizmusok (pl. tejsavbaktériumok, élesztők) túlnyomó többsége nem jelent egészségügyi kockázatot (Sumner és Peters 1997; Siroli et al., 2023). Számos tanulmány azonban beszámolt patogén mikroorganizmusok által okozott megbetegedésekről, melyet különösen a nyers gyümölcsökkel és zöldségekkel, valamint azok termékeivel kapcsolatos pszichotróf fajok okoztak (Zacconi et al., 2015; Carstens et al., 2019, Vojdani et al., 2008). Callejon és munkatársai (2015) szerint 2004 és 2012 között 77 járványkitörés történt az Egyesült Államokban és Európában, amelyeket gyümölcs- vagy zöldségeredetű szalmonellafertőzés okozott. Ezenkívül összesen 39 szalmonellózisos esetet dokumentáltak Észak-Amerikában, Európában és Ausztráliában 2009 és 2017 között (Dyda et al., 2020). Számos tanulmány bizonyítja, hogy a

nyers vagy fagyasztott gyümölcsök és zöldségek, valamint az ezekből előállított termékekről *Listeria monocytogenes*-t, mint kórokozót azonosítottak (Zhu et al., 2017; EFSA Panel, 2020).

3.2.1. A szamócafogyasztás mikrobiológiai kockázatai

A bogyós gyümölcsök savas pH-juknak köszönhetően, mikrobiológia szempontból nem nagy kockázatú élelmiszerek, és a frissen fogyasztott szamócát ritkán hozzák csak összefüggésbe bakteriális eredetű megbetegedésekkel. A szamócát mosatlanul értékesítik, ezért lehetőség van a mikrobiális szennyeződésre a termesztés, a betakarítás és a betakarítás utáni kezelés során. A kézzel végzett betakarítás és csomagolás révén a nem megfelelő személyi higiénia, szennyezett öntözővíz, trágyázás és a talajjal való szoros kapcsolat a kórokozók legvalószínűbb forrásai a szamócán (Han et al., 2004, Wang et al., 2018). A szamóca szennyeződhet patogénnel, például *Escherichia coli* O157:H7-tel, *Salmonella* spp.-szel, melyek képesek életben maradni a szamóca felületén (Han et al., 2004). Sőt, szennyeződhet akár az ubiquiter *Listeria monocytogenes*-szel is, amely főként a talajban és növényen van jelen. Ez a kórokozó gyakori azoknál a gyümölcsöknél és zöldségeknél, melyeket a talajjal szoros kapcsolatban termesztnek. Tanulmányokkal támasztották alá, hogy az *E. coli* O157:H7, *Salmonella* spp. és *Listeria monocytogenes* a várt eltarthatósági időn túl is képesek voltak túlélni friss és fagyasztott szamócán (Udompikitkul, et al., 2007). Han és munkatársai (2004) kimutatták, hogy az *E. coli* O157:H7 és a *Salmonella* spp. egy hónavnál hosszabb ideig is képesek voltak túlélni fagyasztott szamócán.

A kereskedelemben kapható szamócát az Egyesült Államokban általában nagy ületvényeken termesztik. A palántákat a talajtól egy műanyag fólia választja el, és öntözőrendszer segítségével öntözik. A gyümölcsöt nem mossák a teljes termelés során, ideértve a betakarítást, csomagolást, szállítást, mivel igen érzékeny a gombás (szürke penészes) romlására, amit elősegít a víz jelenléte. Tehát, ha a gyümölcs a termesztés során szennyeződne például vadon élő állatok ürülékével, öntözővízzel, fogyasztása kockázatot jelenthet a fogyasztóra (Yu et al., 2001).

A szamóca mikrobiális biztonságával kapcsolatos aggodalmak az utóbbi néhány évben megnövekedtek a fagyasztott szamócahoz fűződő Hepatitis A fertőzések miatt (Han et al., 2004). A fagyasztott szamóca több államot is érintő hepatitis A vírus fertőzést okozott az Egyesült Államokban (Yu et al., 2001).

Az élelmiszerekkel terjedő globális betegségek egyik fő okozója a *Salmonella*. Bár a *Salmonella* fertőzést általában húshoz kötik, friss növényi termékek fogyasztása is okozhatja. Egy korábbi tanulmány (Wang et al., 2018) kimutatta, hogy az Egyesült Államokban 143 importált szamócaból 1 *Salmonella*-val szennyezett volt. Bár a szamócaival kapcsolatos járványok előfordulása ritka, Kínában korábbi vizsgálatok során több patogén mikroorganizmust,

Salmonella-t, *Staphylococcus aureus*-t és *Enterobacter cloacae*-t is azonosítottak, melyek veszélyt jelenthetnek a fogyasztók egészségre. A jelenlegi élelmiszer-biztonsági célkitűzések hangsúlyozzák, hogy a fogyasztók által mutatott helyes magatartás a legközvetlenebb módszer a fertőzések miatt kialakuló betegség korlátozására. Egy korábbi felmérés szerint a fogyasztók majdnem fele szobahőmérsékleten hagyja a számócat, és 16% fogyasztás előtt nem mossa meg a gyümölcsöt (Wang et al., 2018).

A norovírusok a leggyakoribb okozói mind a járványszerű, mind a sporadikus gastroenteritiszes megbetegedésnek világszerte. Becslések szerint ezek a patogének az összes élelmiszer-eredetű megbetegedés 58%-át okozzák az Egyesült Államokban és 30% -át Ausztráliában. A norovírus okozta járvány kezdetben a szennyezett élelmiszernek vagy víznek való kitettség eredménye, majd általában az elsődleges esetekkel való érintkezés révén tovább terjed (Kovač, et al., 2012).

3.2.2. A banánfogyasztás mikrobiológiai kockázatai

A banánt világszerte termesztik. A nemzetközi piacon főként a fejlett országok, helyben főként a fejletlen országok értékesítik. A fejlett országok a fejlődő országokkal ellentétben azonban számos élelmiszer-biztonsági szabvány előírásait betartják (Balali et al., 2020), így mikrobiológiai kockázata inkább a fejletlen országból származó banán fogyasztásnak lehet.

A banánt kemény, húsos héj védi, amelyben nagy mennyiségű antioxidáns vegyület található. Emiatt csak korlátozott mennyiségű publikáció áll rendelkezésre élelmiszerpatogén mikrobák előfordulásáról nyers banán fogyasztása során. Néhány tanulmány kórokozók előfordulását írta le egész banánon (Kalia, 2020). Al-Kharousi és munkatársai (2016) az opportunista humánpatogén *Klebsiella pneumoniae* baktériumok jelenlétét figyelték meg banánpépben. Kevés tanulmány foglalkozik a kórokozók elszaporodásával a vágott banánon, mivel a banánt általában közvetlenül fogyasztás előtt vágják fel. Szintén kevés információ áll rendelkezésre a kórokozók átviteléről banánhéjról a gyümölcs belső húsába. Banánhéjra oltott *L. innocua*, a *Salmonella* és az *E. coli* 13 napig maradt életben 18 °C-on. Az *Escherichia coli* O157:H7, az *L. monocytogenes* és a *Salmonella* akár 12 hétig is életben maradt, amikor azokat fagyasztott körülmények között (-23 °C) tárolt banánpürébe oltották be (Strawn et al., 2011).

3.2.3. Az avokádófogyasztás mikrobiológiai kockázatai

Az avokádó magas vízaktivitása (0,98) és pH-értéke (6,5) miatt fogékony az élelmiszer eredetű kórokozókra. A *Salmonella*, az *E. coli* O157:H7, az *S. aureus* és az *L. monocytogenes* az avokádó pépjében vagy levében különböző hőmérsékleti viszonyok között képes növekedni. Az avokádópépben a *Salmonella* és az *E. coli* O157:H7 esetében 6, illetve 5 log TKE/ml populációnövekedést figyeltek meg az első 24 órában, 20–25 °C-on történő tárolás esetén. A

Listeria monocytogenes a szobahőmérsékleten tárolt avokádópépben 48 órán át szaporodott, a növekedés nagy része az első 24 órában volt megfigyelhető. Hűtés közben az *E. coli* O157:H7 és az *S. aureus* legalább két hétig túlélte az avokádópépben, de nem növekedtek, a *Salmonella* populációk azonban kismértékben, a *L. monocytogenes* populációk száma pedig folyamatosan növekedett az avokádópépben. A fagyponthoz alatti (-18°C-on) tárolt avokádópépből származó *Listeria monocytogenes*-t 60 hetes tárolási időszak alatt állandó 3,5 log TKE/g szinten mutatták ki (Strawn et al., 2011).

3.2.4. A mandulaitalfogyasztás mikrobiológiai kockázatai

Bár a kereskedelmi forgalomban kapható növényi alapú italokat olyan mértékben hőkezelik, hogy mikrobiológiailag biztonságosnak tekinthetők, fennáll annak a veszélye, hogy a spóráképző mikroorganizmusok spórái túlélnek az UHT-eljárást. 2022-ben *Bacillus cereus*-szal szennyezett, UHT kezelt zabital legalább két ember megbetegedését okozta (Bartula et al., 2023). A növényi alapú italok otthon is egyszerűen elkészíthetők, amelyek fogyasztása élelmiszerbiztonsági szempontból még nagyobb kockázatot jelent, mivel nagy a valószínűséggel nem esnek át megfelelő hőkezelésen, valamint az otthon készített növényi alapú italok esetén jóval nagyobb a keresztszennyeződés kockázata is (Bartula et al., 2023).

A diófélék alacsony vízaktivitással rendelkeznek, ezért nem biztosítanak kedvező feltételeket a baktériumok szaporodásához. Az elmúlt néhány évben azonban *Salmonella*-t, *Escherichia coli* O157:H7-et, és *Listeria monocytogenes*-t mutattak ki diófélékben és földimogyoróban (Zhang et al., 2017). A diófélék a termesztés, a betakarítás vagy a feldolgozás során szennyeződhetnek kórokozó vagy romlást okozó baktériumokkal. Emiatt gyakori a diófélék visszahívása *Listeria* vagy *Salmonella* szennyeződése miatt (Bartula et al., 2023). Az Egyesült Államokban legalább 25 visszahívást adtak ki 2015-ben *Salmonella*-val szennyezett dió, pekándió, makadámiadió, fenyőmag, mandula és mogyoró miatt. *Salmonella* Enteritidis-szel szennyezett nyers mandula 29 esetben okozott megbetegedést Kanadában és az Egyesült Államokban 2003-ban és 2004-ben (Zhang et al., 2017).

3.3. A gyümölcsfogyasztás mikrobiológiai kockázatai, *Listeria* és *Salmonella* által okozott megbetegedések gyümölcsfogyasztás következtében

A gyümölcsök és zöldségek a termelési lánc bármely pontján szennyeződhetnek, akár a betakarítás előtt és után. A betakarítás előtti szennyezési forrás lehet a termőföld, az öntözésre használt víz, a rovarirtó és gombaölő szerek kijuttatására használt víz, fekália, por, a nem megfelelően

komposztált trágya, de nem szabad figyelmen kívül hagyni az emberi interakció lehetőségét sem. A felsorolt szennyeződési forrásokon keresztül a növények szennyeződhetnek pl. *Escherichia coli* O157:H7-et, *Listeria monocytogenes*-szel és *Salmonella* spp.-szel. A betakarítás utáni szennyeződési források közé tartoznak a fekália, a betakarító berendezések, az emberi beavatkozás, a rovarok, a vadon élő és háziállatok, a szállítási módszerek, a feldolgozó berendezések pora és az öblítővíz (Balali et al., 2020).

A *Listeria monocytogenes* az egyik legfontosabb élelmiszer eredetű kórokozónak számít, és széles körben elterjedt a környezetben. A hideg stresszel szembeni alkalmazkodóképessége kulcsfontosságú jellemzője ennek a kórokozónak. A *Listeria* fertőzést (liszteriózis) láz, izomfájdalmak és egyéb gyomor-bélrendszeri tünetek jellemzik, és invazívabb betegség esetén a baktériumok a belekből a vérbe terjedhetnek, véráramfertőzést vagy agyhártyagyulladást okozva. Az invazív fertőzés magas kórházi kezelési és halálozási arányt eredményez, a veszélyeztetett csoportok különösen fogékonyak (Bartula et al., 2023). Az Európai Betegségmegelőzési és Járványvédelmi Központ (ECDC) által közzétett 2023-as jelentés szerint a liszteriózisos esetek száma 2023-ban minden idők legmagasabb szintjét érte el az EU/EGT-n belül 2007 óta. Összesen 2993 megerősített liszteriózisos esetet jelentettek az EU/EGT területén (30 ország), melyek túlnyomó többsége kórházi kezelésre szorult. A 1739 eset esetből 340 (19,6%) halt meg (ECDC, 2023).

A szalmonellózis leggyakoribb megnyilvánulása a gasztroenteritisz, amelyet nem tífuszos *Salmonella enterica* (NTS) szerovariánsok okoznak, mint például a Typhimurium és az Enteritidis. A legtöbb fertőzött, de egyébként egészséges ember néhány napon belül orvosi ellátás vagy speciális kezelés nélkül felépül. Az NTS okozta esetek akár 5%-a azonban invazív fertőzéshez vezet, amely esetén a baktériumok a belekben túlterjednek, és életveszélyessé válhatnak. A *Listeria*-val ellentétben a legtöbb *Salmonella* szerotípus lassan növekszik hűtőszekrényben és érzékeny a hőre (Bartula et al., 2023). Az ECDC 2022-es jelentése szerint a *Salmonella* a második leggyakrabban jelentett gyomor-bélrendszeri fertőzés az EU/EGT-ben, és az élelmiszer eredetű járványok egyik jelentős oka. 2022-ben 65 967 laboratóriumiilag megerősített szalmonellózisos esetet jelentettek az EU/EGT-ben, amelyek közül 81 halálos kimenetelű volt (ECDC, 2022).

3.3.1. A smoothie fogyasztással kapcsolatos mikrobiológiai kockázatok

A gyümölcslevek, smoothie-k vagy gyümölcspürék biztonságossága és mikrobiológiai kockázatának csökkentése, valamint az eltarthatóság növelése továbbra is kihívást jelent az élelmiszeripar számára. Keresik a megfelelő kezelést, amely növeli a termékek elfogadhatóságát az érzékszervi tulajdonságok és az egészségügyi előnyök megváltoztatása nélkül. A turmixok hőkezelését hagyományosan a kórokozó mikroorganizmusok elpusztítására és az enzimaktivitás

megszüntetésére alkalmazzák, ami hosszabb eltarthatósághoz vezethet. A turmixok hőstabilizálása a különböző kémiai reakciók fokozásával megváltoztathatja az érzékszervi tulajdonságokat, például a színt, az ízt/ízletességet és a termék funkcionális tulajdonságait, ezért a hőkezelés hatással lehet a hőérzékeny bioaktív anyagokra. A smoothie-k készülhetnek termikus és nem termikus eljárással, illetve lehetnek frissen készültek. Bár a feldolgozási technológiák hatással vannak a termék tápértékére, bioaktív vegyületeire és érzékszervi tulajdonságaira, alkalmazásuk szükséges a mikrobiális romlás elkerülése végett (Tiwari, 2018).

Šilha és munkatársai (2022) Kelet-Csehországban vásárolt friss gyümölcsökből és/vagy zöldségekből készült smoothie-k mikrobiológiai minőségét vizsgálták. Azokban a smoothie-kban, melyekben zöldség is volt magasabb számban fordultak elő a kóliform baktériumok, sőt volt, amiben még *Enterococcus*-ok előfordulását is megfigyelték. A *S. aureus*, a *Salmonella* spp. és a *Listeria* spp. előfordulását azonban egyetlen mintában sem figyelték meg. **Krahulcová és munkatársai (2021)**, akik 18 Szlovákiában beszerzett friss smoothie mintát vizsgáltak, coliformot mind a 18, Enterococcut 16 esetben tudtak kimutatni.

3.4. A hőkezelés elve, jelentősége az élelmiszeriparban

Az élelmiszerek tartósítása egészen az őskorig nyúlik vissza: a friss gyümölcsöket és zöldségeket napfényel történő szárítással tették tovább eltarthatóvá. A technológia folyamatos fejlődésével olyan tartósítási módszereket fejlesztettek ki, amelyek lehetővé tették a stabilabb és megnövelt eltarthatósági idejű termékek forgalmazását a piacon (Tadapaneni, et al., 2014). Hőkezeléssel történő tartósítás során, az élelmiszert olyan mennyiségű hőhatásnak tesszük ki, amely hatására a romlást okozó mikroorganizmusok elpusztulnak, vagy inaktívvá válnak, ezáltal az élelmiszer tovább eltartható lesz.

A pasztörözés egy enyhe hőkezelési folyamat, amelyet a patogén mikroorganizmusok elpusztítására és az élelmiszerek eltarthatóságának meghosszabbítására használnak anélkül, hogy jelentősen megváltoztatnák táplálkozási és érzékszervi tulajdonságaikat. A folyamat általában magában foglalja az élelmiszerek 100 °C alatti hőmérsékletre történő melegítését egy adott időtartamra (másodpercektől-percekig), az élelmiszer típusától és a megcélzott mikroorganizmusoktól függően.

A pasztörözést széles körben alkalmazzák folyékony élelmiszerek, például tej, gyümölcslevek és bizonyos alkoholtartalmú italok esetén. Megkülönböztetünk alacsony hőmérsékletű hosszú idejű (LTLT, low temperature long time) pasztörözést és magas hőmérsékletű rövid idejű (HTST, high temperature short time) pasztörözést, valamint ultra-magas hőmérsékletű (UHT, ultra high

temperature) pasztörözést. Az LTLT pasztörözést jellemzően tej és tejtermékek kezelésére alkalmazzák, amely során a terméket 63 °C-os, 30 perces hőkezelésnek teszik ki. A HTST pasztörözés során - melyet gyümölcslevek és folyékony tojás esetében alkalmaznak -, a hőmérsékletet 72 °C-ra emelik 15 másodpercig. UHT eljárással állítják elő a polc-stabil tejet, tejszínt, 2-5 másodpercig tartó 135 °C-os hőkezeléssel. Az UHT eljárás a pasztörözés egy intenzívebb formája, amellyel hosszabb ideig stabil termékek állíthatók elő. A sterilizálás egy erőteljesebb hőkezelési folyamat, amely a pasztörözéssel ellentétben nemcsak a patogén és romlást okozó organizmusokat célozza meg, hanem biztosítja a teljes mikrobiális inaktivációt, így az élelmiszerek hosszú ideig tárolhatók hűtés nélkül. A sterilizálást általában konzervekhez és más fogyasztásra kész ételekhez használják, amelyeket hosszú időn keresztül tárolnak. Sterilizálás során az élelmiszert jellemzően 110 °C és 130 °C közötti hőmérsékletnek teszik ki különböző ideig (percektől-órákig) az élelmiszer összetételétől és csomagolásától függően. Zöldség és húskonzervek sterilizálását általában 110-130 °C-on végzik 10-60 percen keresztül, míg a polc-stabil italok aszeptikus feldolgozása során 2-6 másodpercig tartó 135-150 °C-os kezelést alkalmaznak (Maurya et al, 2025). A patogén, spóráképző baktériumok csak a 100 °C-ot meghaladó, meghatározott ideig tartó hőkezeléssel pusztíthatók el, melyet sterilizálásnak neveznek. A *Clostridium botulinum* a legellenállóbb spóráképző patogén, így a hőkezelése célja, hogy biztosítsa ennek pusztulását. A *Clostridium botulinum* csak 4,5-ös pH érték felett képes toxint termelni, tehát a termék pH-ja meghatározó a hőkezelés szempontjából. Sterilizációt 4,5 feletti pH értékkel rendelkező termékek esetében alkalmaznak. A gyakorlatban cél a kereskedelmi sterilitás elérése, vagyis, hogy minden patogén és toxinképző mikroba, valamint azok a mikroorganizmusok és enzimek inaktiválódjanak a termékben, amelyek normál körülmények között annak romlását idézik elő (Deák et al., 2006).

A felülfertőződés lehetőségét aszeptikus feldolgozási és csomagolási (APP) rendszerek alkalmazásával valósítják meg. Az APP a csomagolóanyagok sterilizálását, majd a kereskedelmileg steril termékek aszeptikus környezetben történő betöltését és hermetikus lezárását jelenti. A légmentesen záró csomagolás gátolja az aerob mikrobák szaporodását és hozzájárul az élelmiszerbiztonság növeléséhez (Chavan, et al., 2016).

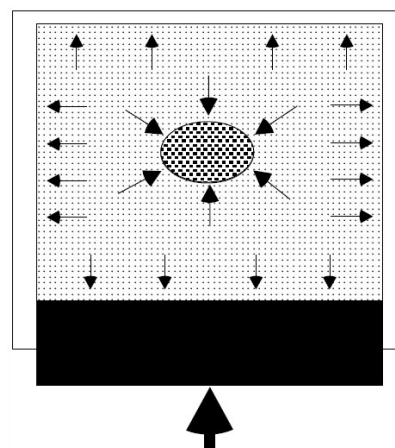
A termékek minőségének megőrzése legalább olyan fontos feladat, mint a hosszútávú mikrobiológiai eltarthatóság biztosítása. Mivel a hagyományos hőkezeléssel történő tartósítás negatívan befolyásolja az élelmiszerek minőségi paramétereit, ezért az ipar számára fontos feladat olyan modern eljárások kifejlesztése, melyekkel az élelmiszer beltartalmi értékei megőrizhetők, valamint a felhasznált energia mennyisége minimalizálható.

3.5. A nagy hidrosztatikus nyomású kezelés

3.5.1. A HHP technológia

Napjainkban egyre népszerűbbek a minőségi, friss élelmiszerek, ezért egyre inkább előtérbe kerülnek azok a kezelések, melyek kevésbé extrémek és amelyek esetében nincs szükség adalékanyagok alkalmazására (**Rahman, 2007**). A tudományos ismereteken alapuló új módszerek révén a tartósításnak új irányzata jött létre, melyet kíméletes technológiáknak, vagy minimal processing-nek neveznek (**Deák et al., 2006**). A kíméletes tartósítási eljárások közé tartozik például a nagy hidrosztatikus nyomású kezelés (HHP), pulzáló elektromos mező (pulsed electric field, PEF), fény technológiák (UV/pulzáló UV), hideg plazma és a biokonzerválás (**Tadapaneni, et al., 2015**). A hőhatásmentes kezelésekkel, így a HHP kezelés alkalmazásával a tápanyagok és bioaktív anyagok vesztesége minimálisra csökkenthető és javíthatók a termék érzékszervi tulajdonságai, ami különösen fontos az élelmiszeripar számára (**Tadapaneni, et al., 2014**). Az élelmiszerek komplexitása és a kezelés során lejátszódó különböző reakciófolyamatok miatt nehéz általánosítani a HHP élelmiszerekre gyakorolt hatását. A módszer a Le Chateriel elven alapul, amely szerint a nagy nyomás a térfogatnövekedéssel járó reakciókra, konformáció változásokra, fázisátalakulásokra kedvező, míg a térfogat csökkenéssel járó reakciókra gátló tényezőként hat (**Rahman, 2007**).

Eredetileg kerámiák, acél és szupravezető ötvözetek gyártásánál alkalmazták, majd a 20. században az élelmiszeriparra is kiterjesztették a HHP alkalmazását (**Knorr, 1995**). Az első nagy hidrosztatikus nyomással kezelt terméket 1990 áprilisában mutatták be a japán piacon, ami egy magas savtartalmú dzsem volt. Egy évvel később már félautomatikus berendezést használtak nagy mennyiségben gyártott citrus juice-ok előállításánál, ezenfelül egyre szélesebb körben alkalmazták például joghurtok, gyümölcszselék, gyümölcszósok és salátaöntetek tartósítása során (**Williams, 1994**). Japánban az 1990-es évek eleje óta több HHP-vel kezelt termék van kereskedelmi forgalomban köztük gyümölcspürék, lekvárok, gyümölcslevek, sütemények (**Jay et al., 2005**).



*1. ábra: Az izosztikus nyomású kezelés elve (Forrás: **Rahman, 2007**)*

A nagy hidrosztatikus nyomású kezelés hőkezeléssel szembeni nagy előnye az alkalmazott alacsony hőmérséklet, amely megőrzi az élelmiszer minőségét (**Rahman, 2007**). A nagynyomású kezelés hatása független a termék méretétől, geometriájától; minden termékre nézve azonos és pillanatnyi (**Zimmerman és Bergman, 1993**). Az élelmiszeriparban izosztikus nyomást

alkalmaznak, melynek elve a **1. ábrán** látható. A kezelt termékre minden irányból azonos nagyságú nyomás hat. A nyomás megszűnésével a termék visszanyeri eredeti alakját (**Rahman, 2007**).

A nagy nyomás kifejezést önmagában nehéz értelmezni. Viszonyításképpen az óceán legmélyebb pontján kb. 100 MPa, a Föld középpontjában 360 GPa a nyomás. A kereskedelemben alkalmazott legnagyobb nyomás 5-6 GPa, amit a gyémánt előállítás során alkalmaznak (**Rahman, 2007**). A nagy hidrosztatikus nyomású (HHP) kezelés során általában 100 és 600 MPa közötti nyomást alkalmaznak, ami elegendő ahhoz, hogy inaktiválja a vegetatív sejteket és enzimeket az élelmiszerekben környezeti hőmérsékleten (**Huang et al., 2014, Aganovic et al., 2021**). Következésképpen a hőkezeléssel vagy hűtéssel járó eljárásokhoz képest kevesebb energiafelhasználást is eredményezhet (**Rastogi et al., 2007**). A kezelés gazdaságosságát a csomagok alakjának megfelelő megválasztásával lehet növelni. Az alakot úgy érdemes megválasztani, hogy a csomagolási egységek kitöltsék a rendelkezésre álló teret. A berendezés kapacitását három tényező befolyásolja: a ciklusok száma, a termékek térfogata és a nyomástartó edények száma (**Rahman, 2007**). Mivel a HHP-kezelés költségei egyenes arányban nőnek az alkalmazott nyomással, célszerű minél kisebb, akár 300 MPa alatti nyomásértéket, és ha megvalósítható, 5 percnél rövidebb kezelési időt alkalmazni (**Buzrul et al., 2008**). A kezelési paramétereket csak úgy lehet minimalizálni, hogy mindeközben ne csökkenjen a kórokozó és romlást okozó mikrobák inaktiválásának hatékonysága. Ez elérhető például a nyomás és az enyhe hőmérséklet kombinálásával (**Song et al., 2022**).

3.5.2. A HHP berendezés felépítése, működési elve

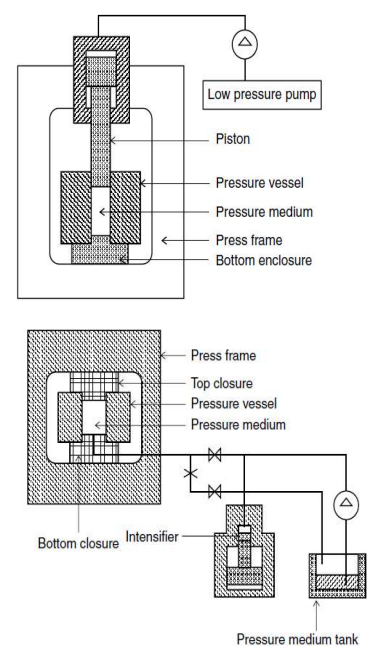
A HHP berendezés felépítését tekintve négy nagy egységből, a nyomástartó edényből és annak zárószerkezetéből, a nyomást létrehozó rendszerből, hőmérsékletszabályozó eszközökből és anyagmozgató rendszerből épül fel (**Mertens, 1995**). Miután a mintát a nyomástartó edénybe helyezik, feltöltik nyomás közvetítő folyadékkal, majd egy speciális pumpa és egy automata légtelenítő szelep segítségével eltávolítják a levegőt a rendszerből. Ezután közvetett vagy közvetlen módon, vagy a nyomást közvetítő folyadék felmelegítésével létrehozzák a nagy hidrosztatikus nyomást (**2. ábra**) (**Deplace és Mertens, 1992**). A közvetlen kompressziót a dugattyúval hozzák létre. Ez a módszer nagyon gyors kompressziót tesz lehetővé, de a dugattyú és a tartály belső felülete közötti tömítés korlátai miatt ez a módszer csak kis átmérőjű laboratóriumi vagy kísérleti üzemi rendszerekben alkalmazható. A közvetett kompresszió során egy nagynyomású nyomásfokozóval addig pumpálnak nyomásközvetítő közeget egy tartályból a zárt nagynyomású tartályba, amíg el nem éri a kívánt nyomást. A legtöbb ipari izosztatikus présrendszer (hideg, meleg vagy forró) ezt a módszert alkalmazza. A nyomásközvetítő közeg

melegítése a hőmérséklet-emelkedéssel történő hőtágulását használja ki a nagy nyomás előállításához, ezért ezt a módszert akkor alkalmazzák, amikor a magas nyomást magas hőmérséklettel kombinálják, ami megköveteli a hőmérséklet rendkívül pontos szabályozását a nyomástartó edény teljes belső térfogatán belül (**Barbosa-Cánovas et al., 1997**).

3.5.3. A nagy nyomású kezelés mikrobiológiai hatása

A nyomás élelmiszer eredetű mikroorganizmusokra gyakorolt hatásáról először 1899-ben Hite tudósított, aki húsban és tejben lévő mikrobák inaktiválásáról számolt be. Tejben a mikrobaszám 4 log-os csökkenését érte el 700 MPa, 10 perces kezelés alatt. Pár évvel később sikeresen tartósított szőlőlevet, cidert, őszibarackot és körtét 30 perces, 400 MPa-os kezeléssel, melynek sikerét a kis pH-nak, a természetes savtartalomnak és a nagy hidrosztatikus nyomás kombinált hatásának tudták be (**Rahman, 2007, Heinz és Knorr, 2001**).

A mikrobák nyomástűrését több tényező is befolyásolja: a nyomás nagysága, a kezelés időtartama, a kezelőtér hőmérséklete, a kezelő közeg és az élelmiszer összetétele. Ezenkívül **Hoover és munkatársai (1989)** megállapították, hogy a kezelés mikrobákra gyakorolt hatása függ az élelmiszer kezdeti mikrobiótájának összetételétől is (**Rahman, 2007**). A mikroorganizmusok vegetatív és spórás formájának nyomásérzékenysége is eltérő. A vegetatív sejtek többsége 400-600 MPa között inaktiválható. A vegetatív sejtek érzékenysége 450 MPa-ig a következő sorrendben alakul: eukarióta sejt, Gram-negatív baktériumok, gombák, Gram-pozitív baktériumok, bakteriális endospórák. A spóráképzők elpusztításának optimuma 450-800 MPa, azonban a spórák közül akadnak olyanok, amelyek az 1000 MPa feletti nyomást is túlélhetik. A stationer fázisban lévő sejtek ellenállóbbak, mint a logaritmus fázisban lévők. A HHP kezelés hatására megváltozik a sejt morfológia, elpusztulnak a riboszómák és a sejtmembránban is változások történnek. A Gram-pozitív mikrobák membránszerkezetük komplexebb felépítése miatt ellenállóbbak a nyomással szemben a Gram-negatívaknál (**Jay et al., 2005, Shigehisa, et al., 1991**). **Patterson és munkatársai (1996)** hat élelmiszer eredetű kórokozó relatív érzékenységét vizsgálták pH 7-es pufferben és azt tapasztalták, hogy 10^5 nagyságrendű csökkenéséhez a *Y. enterocolitica* 275 MPa, 15 perces, a *Salmonella* Typhimurium esetében 350 MPa, 15 perces, a *L. monocytogenes* esetében 375 MPa, 15 perces, a *S. Enteritidis* esetében 450



2. ábra: Nagy nyomás létrehozása a nyomás közvetítő folyadék közvetlen és közvetett összenyomásával (Forrás: Mertens, 1995)

MPa, 15 perces, a *Staphylococcus aureus* és az *Escherichia coli* 0157:H7 esetében 700 MPa, 15 perces kezelésre volt szükség.

Zobell szerint a legtöbb mikroba 20-30 MPa értéken növekedést mutat; a barofilek 40-50 MPa fölött, míg a baroduráns fajok 200 MPa-on képesek hosszabb ideig túlélni (**Rahman, 2007**). A mikrobák spórái nyomásrezisztensek, amely tulajdonság a spórák szerkezetére és a spóra fehérjék azon tulajdonságaira vezethető vissza, hogy ellenállnak az oldódásnak és az ionizációnak (**Sale et al., 1970**). A nyomáskezelés a spórák csírázásához vezethet. Larson és munkatársai (1918) szerint még az 1200 MPa nyomás sem volt elegendő a *Bacillus subtilis* spórák elpusztításához, ugyanakkor a spórák csírázásának indukálásához viszonylag alacsony nyomás is elégséges. Heinz és Knorr (1998) szerint a *Bacillus subtilis* esetében a maximális csírázási sebesség 100-200 MPa közé tehető (**Heinz és Knorr, 2001**).

A nagy nyomású kezeléssel lehetőség van az élelmiszerek mikrobiológiai biztonságának és minőségének növelésére, azonban a HHP kezelés sérült sejteket eredményezhet, amik idővel regenerálódhatnak és növekedni kezhetnek (**Jay et al., 2005**). A HHP gátként alkalmazható kombinált kezeléseknél, szinergens hatást mutat a bakteriocinekkal, a savas pH-val, széndioxiddal és lizozimmal a Gram-pozitív és Gram-negatív baktériumokkal szemben (**Jay et al., 2005**).

3.6. HHP és kíméletes hőkezelés kombinációja

A kombinált tartósítás a gát elméleten alapul, ami az 1980-as években Lothar Leistner dolgozott ki (**Deák, et al., 2006**). A gát-technológia a meglévő és az új tartósítási technikák tudatos kombinálását alkalmazza egy olyan tartósító tényezőkből (gátakból) álló sorozat felállításában érdekében, amelyet az élelmiszerekben jelenlévő mikroorganizmusok nem tudnak leküzdeni. Eddig mintegy 60 különböző, az élelmiszer-tartósításban felhasználható gátat azonosítottak. Ezek közül a leggyakrabban használt gátak: a magas és az alacsony hőmérséklet, a savasság, az alacsony redoxpotenciál, a kompetitív mikroorganizmusok (pl. tejsavbaktériumok) és a tartósítószer. Minden egyes gát leküzdése bizonyos mértékű erőfeszítést igényel a mikroorganizmusoknak. Egyes gátak, mint például a pasztörözés leküzdése nagy erőfeszítéssel jár, míg mások, például a sótartalom, gyengébb hatással bírnak, vagy a hatásuk a mikroorganizmusok egyes típusainak korlátozott körére terjed ki (**Leistner és Gorris, 1995, Leistner, 2000**).

A gát-technológia kulcsa a mikroorganizmusok homeosztázisának megzavarása. A homeosztázis a mikroorganizmusok állandó törekvése belső környezetük stabilitásának és egyensúlyának fenntartására. A tartósító tényezők (gátak) megzavarhatják a mikroorganizmusok egy vagy több

homeosztatiszikus mechanizmusát, és ennek eredményeként a mikroorganizmusok nem fognak szaporodni, hanem inaktívak maradnak, vagy akár el is pusztulnak. Az élelmiszer-tartósítás a mikroorganizmusok homeosztázisának megzavarásával érhető el, és ennek optimális módja több homeosztatiszikus mechanizmus szándékos, egyidejű megzavarása. Ez gyakran hatékonyabb, mint az egyetlen célpontot érintő gát alkalmazása, és lehetővé teszi az egyes gátak alacsonyabb intenzitású alkalmazását, ezáltal kisebb hatást gyakorol a termék minőségére. Emellett lehetséges, hogy a különböző gátak hatása nem csak összeadódik, hanem szinergikus is. Emiatt a gát-technológia döntő jelentőségű koncepció az élelmiszerek kéméletes tartósításában. A gátak megfelelő kombinációja eléri a mikrobiológiai stabilitást és biztonságot, valamint stabilizálja az élelmiszer érzékszervi tulajdonságait, tápanyagtartalmát és gazdaságosabbá teszi az előállítását (**Leistner és Gorris, 1995, Leistner, 1992**).

Arra való tekintettel, hogy a nagynyomású kezelés önmagában alkalmazva a nyomásálló baktériumok és spórák elpusztításában, különösen a semleges élelmiszerrendszerekben nem elég hatékony, egy további inaktíváló faktorra van szükség (**Gong et al., 2015**). Több tanulmány (**Capellas et al. 2000; Wilson et al. 2008**) beszámol a magas nyomás mellett alkalmazott enyhe hőmérséklet szinergikus hatásáról a mikrobák inaktívációját tekintve. Például **Patterson és munkatársai (1996)** 400 MPa-os, 20 °C-os, 15 perces kezelést alkalmazva az *Escherichia coli* O157:H7 esetében kevesebb, mint 1 log csökkenést ért el. Az alkalmazott hőmérséklet 50 °C-ra emelve azonban az inaktívációs ráta 6 log-ra nőtt.

Kevés olyan tanulmány áll rendelkezésre, melyben a HHP-t és a kéméletes hőkezelést kombináltan alkalmazzák, és ennek hatását vizsgálják gyümölcsből készült smoothie-kra, pürékre. **Terefe és munkatársai (2009)** különböző nyomásokon és alacsony hőmérsékleteken kezelt szamócaminták szín és antocianin-tartalom vizsgálata során, arra az eredményre jutottak, hogy a kezelések nem eredményeztek szignifikáns eltérést az antocianin- és polifenol-tartalomban. Az alacsonyabb hőmérsékleten kezelt minták maradtak a legjobb minőségűek. Az enzimek inaktíválása a legnagyobb nyomás-hőkezelés kombinációnál volt a leghatásosabb. A tárolás alatt színváltozás volt mérhető, ami a maradék enzimek által okozott oxidációnak volt köszönhető. Mivel az antocianin és a megmaradt enzimek mennyisége között nem volt összefüggés, ez valószínűleg a tasakokban maradt oxigén miatt következett be. **Picouet és munkatársai (2016)** 80 °C-os 7 perces tartó enyhe hőkezelés és 350 MPa-os, 5 perces tartó nyomáskezelés kombinációját alkalmazták többféle gyümölcsből készült smoothie esetében. Azt tapasztalták, hogy a minták 21 napos hűtve tárolást követően is megőrizték minőségüket és biztonságukat. **Bleoanca és munkatársai (2021)** a nagynyomású feldolgozás (600 MPa, 20 °C, 10 perc), a hőkezelés (70 °C, 15 perc) és a nagynyomású-kímélő hőkezelés kombinációjának hatását vizsgálták (600 MPa, 50 °C, 10 perc)

őszibarack-eper püré minőségére és stabilitására a hűtött tárolás során. A hőkezelés és a HHP kezelés kezdetben 3 log-os aerob baktérium inaktiválást biztosított, míg a kombinált kezelés esetében az aerob baktériumszám a kimutatási határ alatt maradt.

3.7. Az élelmiszerek érzékszervi minősítése

A legtöbb élelmiszer jellemzése a hagyományos élelmiszervizsgálati módszerekkel meglehetősen nehéz a rendkívül komplex összetételük és szerkezetük miatt. Az élelmiszerminőség vizsgálati módszerei három fő csoportra oszthatók: klasszikus analitikai vizsgálatok, nagyműszeres analízisek, valamint humán panel által végzett érzékszervi értékelésre. A hagyományos és a nagyműszeres analitikai módszereknek számos hátrányuk van: időigényes és munkaigényes. Az élelmiszerek minőségének és eltarthatóságának értékelése során az érzékszervi tulajdonságok értékelése fontos szempont. Az érzékszervi értékelést általában élelmiszeripari szakértők vagy nagyszámú panel végzi a termékfejlesztés során, azonban a szakértői panel képzése költséges és időigényes. A humán érzékszervi bírálat elengedhetetlen a fogyasztói attitűdök megértéséhez, de gyakran szubjektív. Ezért olyan alternatív módszerek kifejlesztésére volt szükség, amelyek megkönnyítik a minták gyors és költséghatékony elemzését. Az elektronikus orr és nyelv alkalmazása erre nyújt jó megoldást. Az élelmiszergyártók az elektronikus nyelvet és az elektronikus orrot számos területen használják az élelmiszerek minőségének és biztonságának garantálása érdekében az élelmiszer-előállítás során. (Lu et al., 2022, Qiu és Wang, 2015).

Az elektromos orr egy gyors, érzékeny és roncsolásmentes analitikai eszköz, amely képes megkülönböztetni és osztályozni az élelmiszereket a minták illóanyagprofiljának és aromamintázatának kiértékelésével (Zhu et al., 2020, Gaggiotti et al., 2019, Wang et al., 2019). Elektronikus kémiai érzékelőkből áll, amelyek képesek utánozni az emberi szaglás érzékelését (Palumbo et al., 2022). Az elektronikus nyelv egy elektrokémiai, nem specifikus, multiszenzoros, nagy szelektivitású eszköz, amely az emberi nyelv ízlelési képességét utánozza. Számos előnye van a képzett bírálókkal szemben: lehetővé teszi a toxikus anyagok elemzését, az érzékelési fáradtság hiánya, és az objektív elemzés, miközben minimálisra csökkenti az emberi szubjektivitás kockázatát (Marx et al., 2021).

Egy tanulmányban (Qiu és Wang, 2015) kvantitatív leíró elemzést (humán érzékszervi bírálat), elektronikus nyelv és GC-MS elektronikus orr együttes használatát két citrusféle (mandarin és narancs) levének, valamint azok keverékeinek jellemzésére és azt tapasztalták, hogy az elektronikus nyelv és elektronikus orr együttes használata 100%-os pontosságú osztályozást tett lehetővé.

4. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

A kísérletek egy részét szamóccával (szamócapürével) végeztem, majd a szamóccát alapanyagként egy smoothie-ban használtam fel, ami a további kísérletek tárgyát képezte.

4.1. Szamóccával végzett kísérletek

4.1.1. Mintaelőkészítés

Az alapanyag állandó minőségének biztosítása érdekében a kísérletekhez gyorsfagyasztott szamóccát használtam (**3. a ábra**). A szamócca felengedtetése saját csomagolásában, szobahőmérsékleten történt. A felengedtetett szamóccát (**3. b ábra**) Robot Coupe C80A típusú passzírozó géppel pürésítettem. A kész pürét 25 g-os adagonként steril tasakokba töltöttem. Az alkalmazott hő- és nyomáskezelés patogén baktériumokra gyakorolt hatásának vizsgálatához a tasakok zárása előtt a minták egy részét *Listeria monocytogenes* CCM4699 és *Salmonella enterica* subsp. *enterica* szerotípus Hartford B.01310 (a továbbiakban *Salmonella* Hartford) keverékével oltottam be úgy, hogy azok induló sejtszáma 10^6 TKE/ml legyen. Az aerob és fakultatív anaerob, mezofil, valamint pszichrotróf mikroorganizmusok együttes mennyiségének (a továbbiakban: összmikrobaszám) meghatározásához a minták másik részét, amelyek az eredeti (beoltatlan) szamócapürét tartalmazták, közvetlenül a töltés után légmentesen lezártam (**3. c ábra**).



3. ábra: A kísérletek alapanyaga (a) felengedtetett állapotban (b) és a kezelésekhez előkészítve nyomásálló tasakban, vákuumsomagolásban (c) (Forrás: saját fénykép)

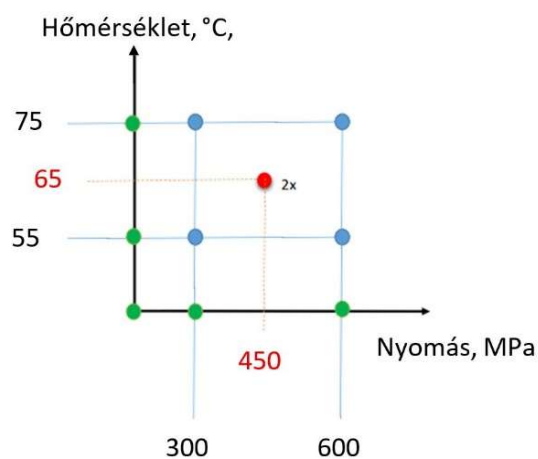
4.1.2. A szamócapüré minták HHP és hőkezelése

A minták kezelését a **4. ábrán** szemléltetett 2^n típusú faktoriális kísérleti terv alapján végeztem. A minták egy része önmagában alkalmazott hő – vagy nyomáskezelésen esett át, míg másik része a két kezelés eltérő sorrendben alkalmazott kombinációjának lett alávetve. A továbbiakban azokat a

mintákat, amelyeket először hő- majd nyomáskezeltem, TP-kezeltek, azokat pedig, amelyeket először nyomás- majd hőkezeltem, PT-kezeltek nevezem. Több kezeléssorozatot is végeztem a számocapürével, melyek közül kettő eredményei kerülnek részletes bemutatásra. Az első kísérlet során alkalmazott hőkezeléseket 55, 65 és 75 °C-on, 10 percig, a nyomáskezeléseket 300, 450 és 600 MPa-on, 5 percig végeztem. A második kísérletsorozatban 50, 55 és 60 °C-os, 5 perces hőkezelést és 150, 200 és 250 MPa-os, 5 perces nyomáskezelést alkalmaztam (**5. ábra**). Mind a két kísérletsorozatban 15 féle kezelés alkalmaztam az **1. és 2. táblázat** szerint, 3 ismétlésben. A hőkezeléseket vízfürdőben (Labor Műszeripari Művek LP507/1), a HHP-kezeléseket a Resato International B.V. (Assen, Hollandia) által gyártott Resato FPU-100-2000 típusú berendezéssel végeztem szobahőmérsékleten. Nyomásközvetítő közegként Resato PG fluidot használtam. A kezelések során az adiabatikus hőmérséklet-emelkedés mértéke csekély volt. A mintákat a kezeléseket követően azonnal lehűtöttem jeges vízzel.

1. táblázat: Az 1. kísérletsorozat során alkalmazott kezelések beállításai

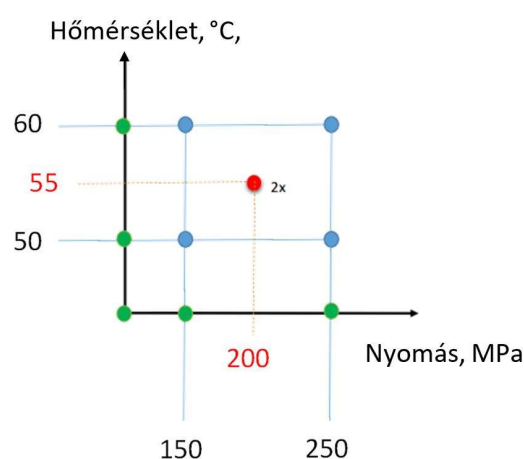
No.	1. kezelés	2. kezelés
1 (kontroll)	-	-
2	55 °C	-
3	300 MPa	-
4	75 °C	-
5	600 MPa	-
6	55 °C	300 MPa
7	300 MPa	55 °C
8	75 °C	300 MPa
9	300 MPa	75 °C
10	55 °C	600 MPa
11	600 MPa	55 °C
12	75 °C	600 MPa
13	600 MPa	75 °C
14	65 °C	450 MPa
15	450 MPa	65 °C



4. ábra: Az 1. kísérletsorozat során alkalmazott 2ⁿ típusú faktoriális kísérleti terv

2.táblázat: 2. kísérletsorozat során alkalmazott kezelések beállításai

No.	1. kezelés	2. kezelés
1 (kontroll)	-	-
2	50 °C	-
3	150 MPa	-
4	60 °C	-
5	250 MPa	-
6	50 °C	150 MPa
7	150 MPa	50 °C
8	60 °C	150 MPa
9	150 MPa	60 °C
10	50 °C	250 MPa
11	250 MPa	50 °C
12	60 °C	250 MPa
13	250 MPa	60 °C
14	55 °C	200 MPa
15	200 MPa	55 °C



5. ábra: A 2. kísérletsorozat során alkalmazott 2ⁿ típusú faktoriális kísérleti terve

4.1.3. Összmikrobaszám meghatározás

Az összmikrobaszám meghatározásához lemezöntéses módszert alkalmaztam (MSZ EN ISO 4833-1:2014), azzal a módosítással, hogy a számlálás megkönnyítése érdekében 500 ml platecount agarhoz (PCA agar, Merck 105463) 0,5 ml 5%-os trifenil-tetrazólium-klorid (TTC) oldatot adtam. A lemezeket három napos 30 °C-os aerob körülmények között végzett inkubáció után értékeltem. A kimutatási határ 1 TKE/ml volt. A vizsgálatokat három párhuzamosban végeztem.

A számocával végzett 1. kísérletsorozatban közvetlenül a kezelést követően, a minták lehűtése után, valamint kéthetes 6 és 15 °C-on történő tárolás után vizsgáltam a minták összmikrobaszámát. A 2. kísérletsorozatban az összmikrobaszámok az előbb említett két mintavételi időponton felül egyhetes tárolást követően is meghatározásra kerültek.

Azokat a mintákat, melyeket közvetlenül a kezelést követően, a minták lehűtése után vizsgáltam, a továbbiakban friss mintáknak nevezem.

4.1.4. A kezelések patogén baktériumokra gyakorolt hatásának vizsgálata

A *Salmonella* jelenlétét és a *Listeria monocytogenes* számot szabványos módszerek szerint határoztam meg (MSZ EN ISO 6579-1:2017, MSZ EN 11290-2: 1998) három párhuzamosban. A kimutatási határérték mindkét kórokozó esetében 10 TKE/ml volt.

Az 2073/2005/EK rendelet szerint különböző határértékek vonatkoznak a *Listeria monocytogenes* szaporodását támogató, valamint a szaporodását nem támogató élelmiszerekre. Annak megállapítására, hogy a számocapüré melyik kategóriába tartozik, és melyik módszert kell

alkalmazni a kimutatására, egy előkísérletet során (melynek eredményei nem kerülnek bemutatásra), megállapítottam, hogy a szárocipüré nem támogatja a *Listeria monocytogenes* növekedését, ezért jelenlét-hiány vizsgálatot nem végeztem.

A *Salmonella* és a *Listeria monocytogenes* számát tizedelő hígítási sorozat elkészítése után határoztam meg, szélesztéses módszerrel *Salmonella* esetében XLD agaron (OXOID HARLEQUIN™ SALMONELLA ABC MEDIUM, Oxiod PO0993A), *Listeria monocytogenes* esetében CromoCult (ChromoCult® Listeria agar (base) acc. OTTAVIANI and AGOSTI, Merck 100427) agaron. Az értékelést *Salmonella* esetében egy, míg *Listeria* esetében két napos, 37 °C-on, aerob körülmények között történő inkubáció után végeztem.

A patogén baktériumok számát a friss mintákból, valamint a 3., 7. és 14. tárolási napon vizsgáltam.

4.1.5. Adatelemzés

Az összmikrobaszám eredmények statisztikai elemzésekor egytényezős ANOVA-t követő Tukey's vagy Games–Howell post hoc tesztet végeztem ($p < 0,05$) az SPSS (27.0.1.0 verzió) segítségével. Az adatok normalitását Shapiro-Wilk vagy Kolmogorov–Smirnov próbával, a szóráshomogenitást Levene-tesztel ellenőriztem. Az értékelés során az azonos ideig, azonos körülmények között tárolt mintákat hasonlítottam össze egymással. Ezenfelül az eredmények értékelése során válaszfelület-módszert (RSM, Response Surface Methodology) is alkalmaztam.

4.2. Smoothie-val végzett kísérletek

4.2.1. Mintaelőkészítés

Az általam készített smoothie legnagyobb arányban (37%) szárocipüt tartalmazott. A szárocipűt kívül mandulaitalt (26%), banánt (24%) és avokádót (13%) használtam fel. A szárocipüt ezúttal is fagyasztott állapotban, a többi gyümölcsöt friss formában szereztem be (**6. a ábra**). Az összetevőket homogén keverékké turmixoltam (Robot Coupe Mini MP 160 V.V.), majd a kész turmixot (**6. b ábra**) 25 g-os adagokban nyomásálló, steril tasakokba töltöttem. Ezt követően a szárocipűnél korábban ismertetett módon (4.1.1. fejezet) a smoothie minták egy részét a tasakok zárása előtt *Listeria monocytogenes* és *Salmonella* Hartford keverékével oltottam be úgy, hogy azok induló sejtszáma 10^6 TKE/ml legyen. A minták másik részét (eredeti, beoltatlan) közvetlenül töltés után lezártam.



6. ábra: A smoothie alapanyagai (a) és a frissen készült smoothie (b) (Forrás: saját fénykép)

4.2.2. A smoothie minták HHP és hőkezelése

A smoothie minták hő- és/vagy nyomáskezelését a számócánál leírtak szerint végeztem (4.1.2. fejezet). A hőkezelést ez esetben 50, 55 és 60 °C-on, 5 percig, a nyomáskezelést 150, 200 és 250 MPa-on, 5 percig végeztem. Összesen 15 különböző kezelést végeztem három párhuzamosban, a 2. táblázat szerint. A mintákat ez esetben is 6 vagy 15 °C-on tároltam két hétig. Az összes tételt azonos hűtött körülmények között készítettem elő (<10 °C) és azonos pH-értékre (pH 4,5) állítottam be.

4.2.3. Összmikrobaszám meghatározás, valamint a kezelések patogén baktériumokra gyakorolt hatásának vizsgálata

A smoothie összmikrobaszámának, valamint *Salmonella* és a *Listeria monocytogenes* számának meghatározását illetően a számócánál ismertetett módon jártam el (4.1.3. és 4.1.4. fejezet). Mind az összmikrobaszám, mind pedig a patogén baktériumok számának meghatározását három párhuzamosban végeztem. A smoothie esetében is megállapítottam egy előzetes kísérlet során, hogy nem támogatja *Listeria monocytogenes* növekedését (az eredmények nem kerülnek bemutatásra), így jelenlét-hiány vizsgálatra nem volt szükség. A kimutatási határ az összmikrobaszám esetében 1 TKE/ml, míg a két kórokozó esetében 10 TKE/ml volt.

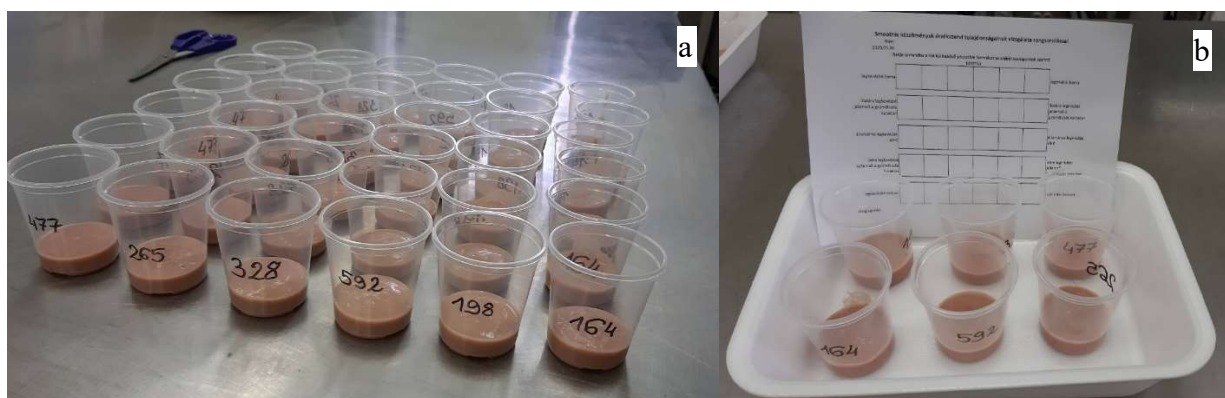
A mintavételek az összmikrobaszám vizsgálat esetén friss mintákból, valamint 7 és 14 napos tárolást követően történtek. A patogén baktériumok számát a friss mintákból, illetve a 3., 7. és 14. tárolási napon is meghatároztam.

4.2.4. Érzékszervi bírálat

Az érzékszervi bírálat során a bírálók a friss és 14 napig tárolt mintákat is minősítették (7. a, b ábra). Ahhoz, hogy a friss és tárolt minták összehasonlíthatók legyenek, a smoothie mintákat két külön tételben készítettem el. Az első tétel a 14 napon át 6 °C-on tárolt mintákból, míg a második tétel a friss mintákból állt, melyeket a bírálat napján készítettem el. Az érzékszervi bírálatot a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Élelmiszertudományi és Technológiai Intézetének 20 fős, nem képzett bírálói végezték, akiknek az volt a feladatuk, hogy rangsorolják a mintákat az alábbi szempontok szerint:

- a legkevésbé barnától a legbarnábbig;
- a legkevésbé gyümölcsös illatútól a leginkább gyümölcsös illatúig;
- a legkevésbé sűrű állománytól a leginkább sűrű állományig;
- a legkevésbé gyümölcsös íztől a leginkább gyümölcsös ízűig;
- a legkevésbé kedveltől a leginkább kedveltig.

Annak megállapításához, hogy a minták között voltak-e szignifikáns különbségek, a rangsorösszegek közötti legnagyobb különbségeket hasonlítottam össze a rangsorösszegek közötti különbségek kritikus értékeivel. Abban az esetben, ha a különbség szignifikáns volt, többszörös összehasonlítást kellett végezni annak megállapítására, hogy melyik páronkénti összehasonlítás eredménye szignifikáns. A minták akkor tekinthetők szignifikánsan különbözőnek, ha rangsorösszegek közötti különbség egy meghatározott kritikus értékkel egyenlő vagy meghaladja azt (Christensen et al., 2006).



7. ábra: Az érzékszervi bírálatra előkészített smoothie minták (a), a bírálendő tételek + bírálati lap (b) (Forrás: saját fénykép)

4.2.5. Reológiai tulajdonságok vizsgálata

A reológiai tulajdonságokat **Hidas és munkatársai (2023)** módszere szerint értékeltem a friss és a 14 napig tárolt minták esetében 20 °C-on, három párhuzamosban. A mérések kivitelezése egy koncentrikus henger geometriájú rendszerrel történt (pohárátmérő 28,920 mm, mérőtest átmérő 26,651 mm, mérőtest hossza 40,003 mm, aktív hossza 120,2 mm, bemerítési hossza 72,5 mm) egy forgó MCR 92 reométeren (Anton Paar, Ltd., Les Ulis, Franciaország). A készülék a RheoCompass szoftver (1.21.852-es verzió, Anton Paar, Ltd.) segítségével működtethető.

A nyírófeszültség és a látszólagos viszkozitás mérése 3 sec időközönként történt, a logaritmikusan növekvő és csökkenő nyírási sebesség tartományban, 10 és 1000 s⁻¹ között. Az értékelést a folyásgörbék (nyírási sebesség-nyírófeszültség) és a viszkozitási görbék (nyírási sebesség-nyírófeszültség-nyilvánvaló viszkozitás) lassuló szakaszának összehasonlításával végeztem.

A minták reológiai viselkedésének további jellemzéséhez Herschel-Bulkley modelljét [1. egyenlet] alkalmaztam - amelyről korábban megállapítottam, hogy a legjobban illeszkedő modell az Excel Solver (legkisebb négyzetek módszere) segítségével. Az illeszkedés jóságának megítélésére determinációs együtthatót (R² > 0,95) használtam.

$$\tau = \tau_0 + K\dot{\gamma}^n \quad [1]$$

ahol τ - a nyírófeszültség (Pa),

τ_0 - a folyáshatár (Pa),

$\dot{\gamma}$ - a nyírási sebesség (s⁻¹),

K - a konzisztencia-index (Pa·sⁿ),

n - az áramlási viselkedési index (dimenzió nélküli)

4.2.6. Színmérés

A színjellemezők számszerűsítése Konica Minolta CR-400 (Konica Minolta, INC., Tokyo, Japán) tristimulus koloriméterrel történt 5 ismétlésben. A műszer a világosságot (L*), a vörös-zöld (a*) és a sárga-kék (b*) színkoordinátákat határozza meg. Ezekből a koordinátákból kiszámítható a ΔE^* színingerkülönbség [2], amely kifejezi az emberi szem által érzékelt változás mértékét:

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad [2]$$

Az emberi szem nem mindig képes megkülönböztetni két különböző színű pontot. A ΔE^* , színinger különbség segítségével számszerűsíthető az emberi szem által érzékelhető változások mértéke, amit a **3. táblázat** mutat be:

3. táblázat: A vizuális érzékelés és ΔE^*_{ab} színínger különbség kapcsolata (Lukács, 1982)

ΔE^*_{ab}	az érzékelt különbség
0.....0,5	nem észrevehető
0,5....1,5	alig észrevehető
1,5....3,0	észrevehető
3,0....6,0	jól látható
6,0....12,0	nagy

A ΔE^* színíngerkülönbségen kívül a krómaérték (C^*) és az árnyalati szög (h°) is meghatározásra került, melyek szintén a vörös-zöld (a^*) és sárga-kék (b^*) tényezőkből számíthatók ki az alábbi [3, 4] egyenletek szerint:

$$C^*_{ab} = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad [3]$$

$$h^\circ_{ab} = \arctg \cdot \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \quad [4]$$

A króma egy vektormennyiség, amely egy adott színpont L^* tengelytől való távolságát jelzi. Minél nagyobb ez a távolság, vagyis a króma értéke, annál telítettebb a színpont. A színezeti szög egy polárkoordináta, amely a CIELAB színtér a^* és b^* síkján értelmezhető, értéke 0° és 360° között mozog. A 0° a vörös irányt jelöli. Azt határozza meg, hogy egy adott szín, hol helyezkedik el a színekörön, azaz milyen a színezete (Malacara, 2011).

4.2.7. Elektronikus orral végzett analízis

A vizsgálatot az Adexgo Kft. herceghalmi telephelyén végeztük Heracles Neo 300 elektronikus orr (Alpha M.O.S., Toulouse, Franciaország) segítségével Yakubu és munkatársai (2022) által publikált metodika szerint. Minden mintából 1 grammos aliquotokat mértünk a 20 ml-es headspace-fiolákba 8 ismétlésben, és UltraClean™ politetrafluor-etilén/ szilikon szeptummal ellátott mágneses kupakkal zártuk le. Az elektronikus orr két gázkromatográfiás oszlopának (MXT-5; MXT-1701, Restek, Bellefonte, PA, USA) lángionizációs detektorain (FID) rögzített kromatogramok retenciós idejét retenciós indexekké (RI) alakítottuk át (Roszkos et al., 2021). Az elektronikus orr működtetéséhez és az adatok rögzítéséhez az AlphaSoft (ver 16) szoftvert (Alpha M.O.S., Toulouse, Franciaország) használtuk. A mérés beállításait a 4. táblázat tartalmazza.

4. táblázat: Az elektronikus orral végzett analízis beállításai

Inkubáció	40 °C-on 5 perc, 500 rpm keveréssel
Befecskendezett gáz	5 ml
Öblítési idő az injektálások között	90 sec
Vivőgáz	hidrogén
Vivőgáz áramlási sebessége	30 ml/min
Csapdázási hőmérséklet	30 °C
Kolonnatér kezdeti hőmérséklet	50 °C
Kolonnatér végső hőmérséklet	250 °C
Fűtési sebesség	2 °C/sec
Adatgyűjtés időtartama	110 sec
Adatgyűjtési periódus	0,01 sec
Befecskendezési sebesség	125 µL/sec
Tisztítási fázis	8 min

Ezt a beállítást a korábbi mérések során sikeresen alkalmazták a mintacsoportok nagy pontossággal történő megkülönböztetésére (Worku et al., 2021).

4.2.8. Elektronikus nyelvvel végzett analízis

Az elektronikus nyelv méréseket a MATE Élelmiszeripari Méréstechnika és Automatizálás Tanszékén végeztük, Alpha Astree típusú elektronikus nyelvvel (Alpha M.O.S., Toulouse, Franciaország). A műszer Ag/AgCl referenciaelektrodot, valamint folyadékelemzésre kifejlesztett, kémiaiilag módosított tervezérlésű tranzisztoros szenzorokat (AHS, PKS, CTS, NMS, CPS, ANS, SCS) használ.

A minták előkészítéséhez 10 g mintát helyeztünk egy 100 ml-es mérőlombikba, és jelre töltöttük desztillált vízzel. A mintákat ezután először fémszűrőn, majd szűrőpapíron keresztül szűrtük át. A smoothie minták tényleges elemzése előtt a műszert a gyártó által javasolt két lépésben kondicionáltuk. Az első lépésben 0,01 mol/dm³-es HCl-oldatot, a második lépésben a vizsgált smoothie minták egyenlő arányú keverékét használtunk a kondicionálásra a szenzor driftjének csökkentése érdekében. A jelgyűjtést 120 másodpercig végeztük minden egyes véletlenszerűen

vizsgált minta esetében. Minden mintát kilencszer mértünk az elektronikus nyelvvel, ami összesen 54 leolvasást eredményezett a vizsgált smoothie mintáknál.

4.2.9. Összes monomer antocianin-tartalom meghatározás pH differenciális módszerrel

Az antocianin-tartalom meghatározás pH differenciális módszerrel történt (**Giusti és Wrolstad, 2001**). A módszer elve a monomer antocianin komponensek színváltozásán alapul. A színes forma pH 1,0-nél, a színtelen forma pH 4,5-nél jelenik meg, a változás reverzibilis. A pigmentek 520 nm-en mért abszorbanciájának különbsége arányos a koncentrációjukkal:

$$\frac{A*MW*DF}{\epsilon*1} \quad [5]$$

ahol: A - abszorbancia [nm]

MW - cianidin-3-glükózid molekulatömege [mg/mol]

DF - hígítási faktor

ϵ - moláris abszorpciós koefficiens [26900 L* $\text{mol}^{-1}\text{cm}^{-1}$]

1 – úthossz [cm]

A vizsgálathoz ezért olyan 0,025 mol/dm³-es KCl, és 0,4 mol/dm³-es Na-acetát puffereket készítettem, melyeknek pH-ját 1,0-ra és 4,5-re állítottam be $\pm 0,05$ eltéréssel.

A mintákból extrakció segítségével kioldottam a színanyagot, hogy a rostok ne befolyásolják a mérést. Minden mintából bemérem 1 g-ot, hozzáadtam 3 cm³ desztillált vizet, 1,95 cm³ metanolt és 0,05 ml tömény sósavat, majd egy órán át sötét helyen tároltam. Ezt követően a mintákat 2 cm³-es Eppendorf csövekben 10 000 1/min fordulatszámom, 20 percig centrifugáltam, hogy elválasszam a rostokat és a színanyagot tartalmazó felülúszót. A felülúszókból 2x1 cm³-t pipettáztam két darab 5 cm³-es mérőlombikba és az egyiket KCl-pufferrel, a másikat Na-acetát pufferrel töltöttem jelre.

Hitachi U-2900 típusú spektrofotométerrel meghatároztam a minták abszorbanciáját 520 és 700 nm-en is a vak (desztillált víz) mintával szemben.

Az antocianin pigmentek koncentrációját cianidin-3-glükózidban kifejezve az [5]-ös egyenlet szerint határoztam meg. Negatív érték esetén 0-val számoltam.

4.2.10. Antioxidáns kapacitás meghatározás FRAP módszerrel

A minták antioxidáns kapacitás értékét FRAP (Ferric Reducing Ability of Plasma) módszerrel határoztam meg (**Benzie és Strain, 1996**). A módszer lényege, hogy az antioxidáns hatású vegyületek a Fe^{3+} ionokat Fe^{2+} ionokká redukálják, melyek a tripiridil-triazinnal (TPTZ) kék színű ferro-tripiridil-triazin komplexet képeznek. Az így képződött komplex fotometriásan 593 nm-en mérhető. A FRAP értéket a mérendő minta és egy ismert Fe^{2+} koncentrációjú minta 593 nm-en mért abszorbanciáinak összehasonlításával kapjuk.

A nem kívánatos reakciók elkerülése érdekében a FRAP reagenst közvetlenül a mérés előtt állítottam össze a következők szerint: 25 ml 300 mmol/dm³-es acetát puffer (pH 3,6); 2,5 ml 20 mmol/dm³-es FeCl_3 oldat és 2,5 ml 10 mmol/dm³-es TPTZ-oldat. A kalibrációs görbe felvételéhez a **5. táblázatban** szereplő mintasort készítettem el úgy, hogy az osztérfogat minden esetben 1550 μl legyen.

5. táblázat: Kalibrációs görbe felvételéhez szükséges mintasor antioxidáns kapacitás meghatározáshoz

	Reagens	Aszkorbinsav-oldat (0,1 mol/dm³)	Desztillált víz
1.	1500 μl	10 μl	40 μl
2.	1500 μl	20 μl	30 μl
3.	1500 μl	30 μl	20 μl
4.	1500 μl	40 μl	10 μl

A mintát homogenizáltam, majd 2 ml-s Eppendorf csőben 10000 1/min fordulatszámon 20 percig centrifugáltam. A további mérésekhez a felülúszót használtam. A mérőelegyet ezúttal is a 6. táblázatnak megfelelően állítottam össze, azzal a különbséggel, hogy az aszkorbinsav-oldat helyett a felülúszóból mértem megfelelő mennyiséget az elegybe. Az elegy abszorbanciáját összeöntéstől számítva 5 perc múlva mértem meg 593 nm-en.

4.2.11. Összes polifenol-tartalom meghatározás

Az összes polifenol-tartalom meghatározást Folin-Ciocalteu reagens segítségével végeztem (**Singleton és Rossi, 1965**). Az összes polifenol-tartalmat galluszsavból a **6. táblázat** szerint felvett kalibrációs görbe alapján határoztam meg 760 nm-en.

A kalibrációhoz szükséges mintasort úgy állítottam össze, hogy a végtérfogat minden esetben 2500 μl legyen (6. táblázat). A vak minta (a táblázat első két sora) nem tartalmazott galluszsav-oldatot.

6. táblázat: Kalibrációs görbe felvételéhez szükséges mintasor összes polifenol-tartalom mérés esetén

	Folin-oldat (10 V/V%)	Metanol-oldat (80 V/V%)	Galluszsav-oldat (0,3 mmol/dm³)	Na₂CO₃ (0,07 mol/dm³)
1.	1250 µl	250 µl	-	1000 µl
2.	1250 µl	250 µl	-	1000 µl
3.	1250 µl	200 µl	50 µl	1000 µl
4.	1250 µl	150 µl	100 µl	1000 µl
5.	1250 µl	100 µl	150 µl	1000 µl
6.	1250 µl	50 µl	200 µl	1000 µl
7.	1250 µl	-	250 µl	1000 µl

A kémcsöveket 5 percre 50 °C-os vízfürdőbe helyeztem, majd 760 nm-en fotometráltam. Az összes polifenol-tartalmat az alábbi [6] képlet segítségével számoltam ki:

$$TPC = \frac{A}{tga} * \frac{V_{\text{összes}}}{V_{\text{minta}}} * H \quad [6]$$

ahol TPC – összes polifenol-tartalom

A – abszorbancia

tga – a kalibrációs egyenes meredeksége

V_{összes} – végtérfogat = 2500 µl

V_{minta} – a bemért minta térfogata

H – mérés során alkalmazott hígítás

A minták TPC értékének meghatározásakor a kalibrációhoz hasonlóan jártam el, azzal a különbséggel, hogy galluszsav helyett a mérendő mintát mértem az elegybe, a mintától függően 50-200 µl-es mennyiségben.

4.2.12. Adatelemzés és kemometria

Az összmikrobaszám és a patogén baktériumok vizsgálata során kapott eredményeket egytényezős-ANOVA vagy kéttényezős ANOVA-modellekkel elemeztem, majd Tukey's vagy Games-Howell post hoc teszttel páros összehasonlításokat végeztem (p < 0,05) az SPSS (27.0.1.0 verzió) segítségével. Az adatok normalitását Shapiro-Wilk vagy Kolmogorov-Smirnov próbával,

a szóráshomogenitást Levene-tesztel ellenőriztem. Az értékelés során elsőként a mikrobaszámok időbeli változását vizsgáltam a kéthetes tárolás alatt 6 °C-on és 15 °C-on. Ez követően az eredményeket tárolási idő szerint, majd tárolási hőmérsékletek szerint csoportosítva elemeztem. A patogén baktériumok száma sok esetben kimutatási határ alatt maradt, következésképpen statisztikai értékeléseket csak a számszerűsíthető eredményekkel rendelkező mintákon végeztem. Az eredmények értékelése során válaszfelület-módszert (RSM) is alkalmaztam, amire az előbbiek okán (a patogének számos esetben nem voltak kimutathatók) csak az összmikrobaszámok esetén volt lehetőség.

A szín és a reológiai mérés eredményeit szintén egytényezős ANOVA-modellekkel, majd azt követő Tukey-féle páronkénti összehasonlítással (szín) vagy Games-Howell-tesztel (reológia) elemeztem ($p < 0,05$) SPSS (27.0.1.0 verzió) segítségével. Az adatok normalitását Shapiro-Wilk vagy Kolmogorov–Smirnov próbával, a szóráshomogenitást Levene-tesztel ellenőriztem. Mind a két paraméter esetében a mintákat kétféle megközelítéssel hasonlítottam össze: az egyik az azonos módon kezelt friss és tárolt minták összehasonlítása, a másik pedig három friss, illetve a három tárolt minta összehasonlítása (kontroll; 60 °C-250 MPa; 250 MPa-60 °C).

Az elektronikus nyelv esetében a különböző szenzorok stabilizált és optimális érzékenységu jeleit, azaz a felvett jelek utolsó 10 másodpercének adatait átlagoltuk, és ezeket használtuk a további statisztikai elemzésekhez. Ezeket a nyers szenzorjeleket először vizualizáltuk, hogy felderítsük az esetleges szenzorhibákat, drifteket (elcsúszás) és a kiugró értékeket. A vizsgált minták kémiai ujjlenyomatában az elektronikus nyelv szenzorai által észlelt különbségeit euklideszi távolságokkal hasonlítottuk össze, melyet a szakirodalomban gyakran használnak a minták általános összehasonlítására (Ito et al., 2013, Legin et al., 2009). A kiszámított euklideszi távolságokat a jobb szemléltetés érdekében neuronszerű grafikonon mutattuk be. Ezen a grafikonon a hasonlőbb (rövidebb euklideszi távolságot mutató) minták közelebb helyezkednek el egymáshoz, és vastag vonallal vannak összekötve, míg a kémiai ujjlenyomatuk alapján jobban eltérő minták távolabb vannak egymástól, és összekötésük vékony vonallal történik.

A szenzorjelek drift-korrekciónát a Kovacs és munkatársai (2020b) által leírt „Additív korrekció az összes mintához viszonyítva” módszert alkalmaztuk, hogy elkerüljük az esetleges alapvonal-különbségeket és a szenzorjelek elcsúszását.

A szenzorjelek kemometriai értékelését főkomponens-elemzés (PCA) segítségével végeztük. A PCA pontszámokat különböző színezési sémák segítségével mutattuk be, annak érdekében, hogy a minták különböző paramétereit (pl. tárolás, hő- és nyomáskezelés) által kialakított többdimenziós mintázatok jobban érthetőek legyenek. A számításokat és a vizualizációt R-projekt (ver. 4.2.3) segítségével végeztük (R Core Team, 2023).

Az elektronikus orr mérésekből származó, a minták illatprofilját leíró többváltozós adatokat az AlphaSoft (ver. 16) szoftver segítségével elemeztük. A kromatogramokat virtuális szenzorok jelsorozatává alakítottuk át az azonosított kromatogram csúcsok és a görbék alatti területek alapján **(Kovacs et al., 2020a)**.

Az adatok feldolgozását és a többváltozós adatok kiértékelését a **Yakubu és munkatársai (2022)** által leírtak szerint végeztük. A legjellemzőbb virtuális szenzorokat az adatok kiértékelése során választottuk ki. A specifikus illékony vegyületeket az AlphaSoft szoftver AroChemBase v7 segítségével rendeltük hozzá a virtuális szenzorhoz kapcsolódó megfelelő retenciós indexhez.

A bioaktív komponensek eredményeinek értékeléséhez Excel segítségével páros mintás T-próbát ($p < 0,05$), valamint SPSS (27.0.1.0 verzió) segítségével egytényezős ANOVA-modellt, majd Tukey-féle post hoc teszt ($p < 0,05$) alkalmaztunk. Az adatok normalitását Shapiro-Wilk vagy Kolmogorov–Smirnov próbával, a szóráshomogenitást Levene-teszttel ellenőriztem.

5. EREDMÉNYEK ÉS AZOK MEGBESZÉLÉSE

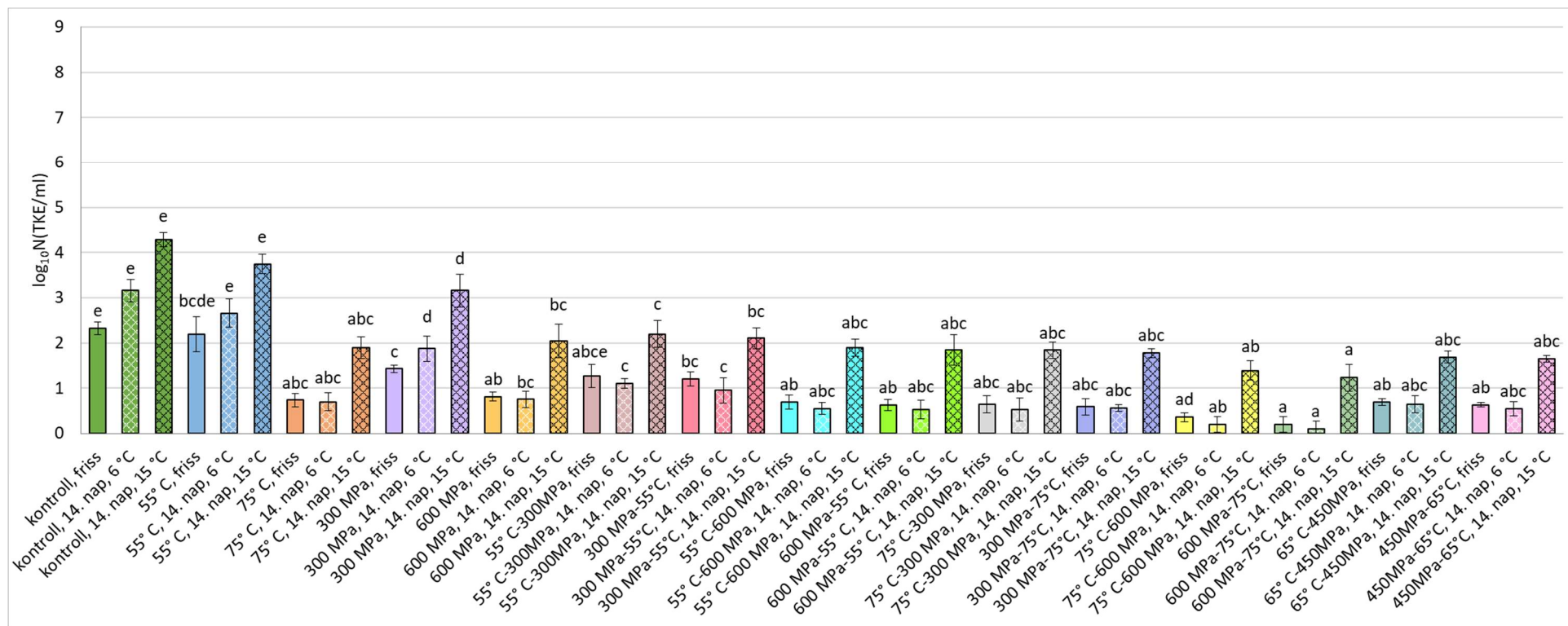
5.1. Szamócával végzett kísérletek eredményei

5.1.1. A magasabb nyomás- és hőmérséklettartományban végzett kísérletsorozat eredményei

5.1.1.1. Összmikrobaszámok alakulása a kezelések és a tárolás hatására

A szamócapürével 300-600 MPa-os nyomástartományban és 55-75 °C-os hőmérséklettartományban végzett kísérlet eredményei alapján, valamennyi kezelés elfogadható szinten tudta tartani az összmikrobaszámot a kéthetes 6 °C-os tárolás során. Sőt az önmagában alkalmazott 55 °C-os, ill. a 300 MPa-os kezelések kivételével valamennyi kezelés magasabb tárolási hőmérsékleten is megfelelő minőségű terméket eredményezett a 4/1998 (XI.11.) EüM rendelet alapján (határérték: 10^3 TKE/ml).

Az 55 °C-on hőkezelt mintát leszámítva, valamennyi kezelt minta szignifikánsan különbözött a kontrolltól. A kombinált kezelések között nem lehetett különbséget tenni aszerint, hogy melyik sorrend az előnyösebb (**8. ábra**).

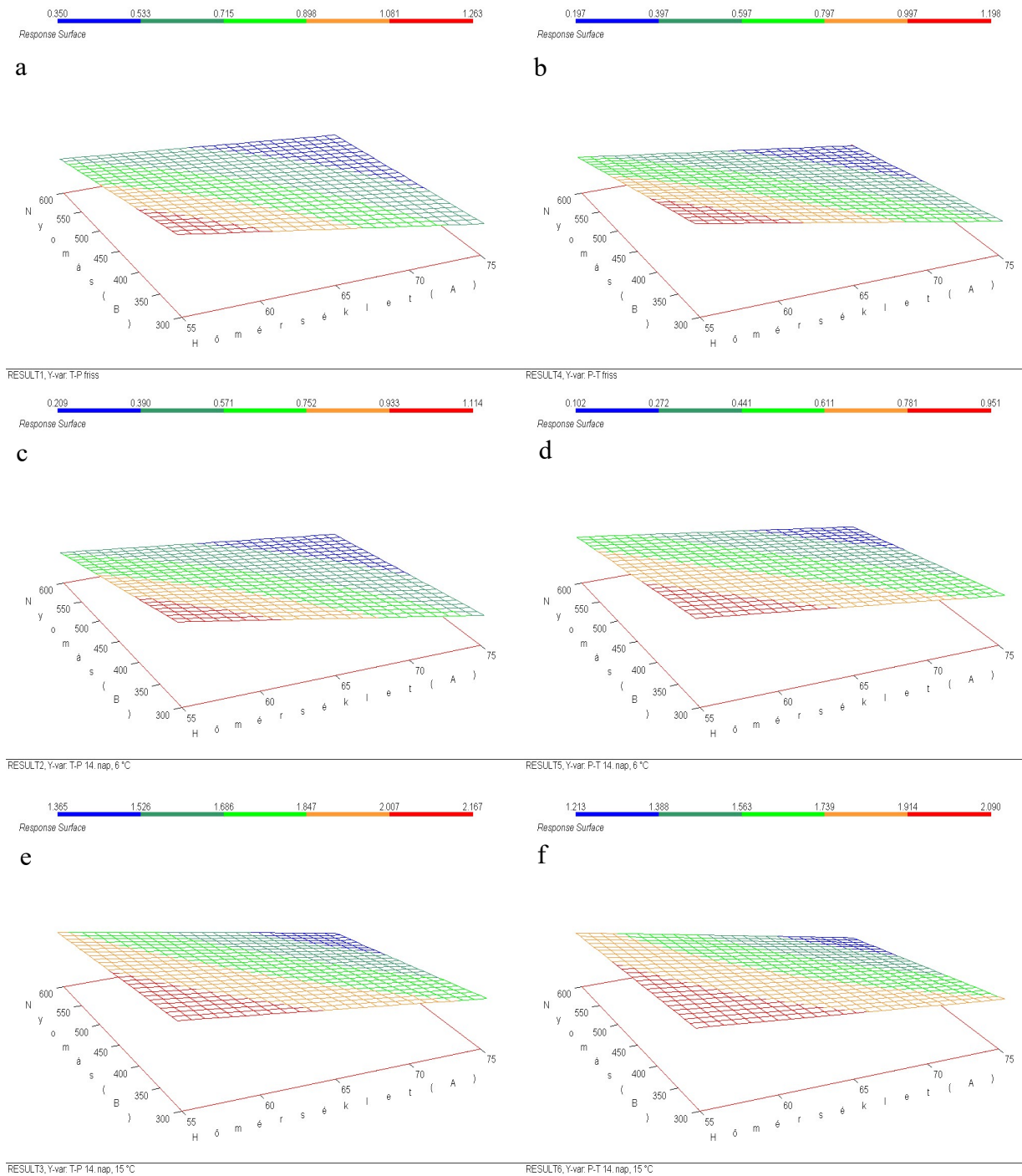


8. ábra: Magasabb nyomás és hőmérséklettartományban végzett kezelések hatása a száncsapüré összmikrobaszámára. A különböző betűk szignifikánsan különböző csoportokat jelölnek. Kisbetűk: a friss (Games-Howel post hoc teszt, $p < 0,05$) vagy a 14 napig, azonos hőmérsékleten tárolt, különböző módon kezelt minták összehasonlítása (Tukey's post hoc teszt, $p < 0,05$).

5.1.1.2. Összmikrobaszámok alakulásának vizsgálata válaszfelület-analízissel

A 2^n típusú faktoriális kísérleti terv magában foglalta a válaszfelület-analízis lehetőségét, amely segít megérteni és optimalizálni egy folyamatot. Két vagy több bemeneti változó (faktor) és az általuk kiváltott függő kimeneti változó (válasz) közti komplex kapcsolatok modellezésére és elemzésére használják.

A 300-600 MPa nyomástartományban és 55-75 °C-os hőmérséklet tartományban végzett kísérletnél a friss és a 14 napig tárolt minták esetében sem volt jelentős különbség a TP és PT sorrendben kezelt minták között. Bármelyik kezelési sorrendet vizsgálva lineáris kapcsolat figyelhető meg az összmikrobaszám, valamint a nyomás és a hőmérséklet (független változók) között. A nyomás és a hőmérséklet növelésével az összmikrobaszámok csökkentek (**9. a-f ábra**). Az RSM-modell paramétereit az M2_1. táblázat tartalmazza.



9. ábra: A szamócapüré minták összmikrobaszámára illesztett válaszfelület **a)** friss, TP-kezelt minták esetén, **b)** friss, PT-kezelt minták esetén, **c)** 14 napig, 6 °C-on tárolt, TP-kezelt minták esetén, **d)** 14 napig, 6 °C-on tárolt, PT-kezelt minták esetén, **e)** 14 napig, 15 °C-on tárolt, TP-kezelt minták esetén, **f)** 14 napig, 15 °C-on tárolt, PT-kezelt minták esetén.

5.1.1.3. A kezelések patogén baktériumokra gyakorolt hatásának vizsgálata

A minták összmikrobaszámán kívül a kezelések *Salmonella* Hartfod-ra és *Listeria monocytogenes*-re gyakorolt hatását is vizsgáltam. A kísérletek során azt tapasztaltam, hogy valamennyi kezelés hatékonynak bizonyult a két kórokozó baktériummal szemben, mivel azokat csak a friss kontroll mintából tudtam kimutatni. Megemlítendő, hogy a kezelések hatásán túlmenően a számooca savas pH-ja (pH 3,6) is nagy szerepet játszott az eredmények alakulásában (gát elmélet).

Az eredmények alapján az alkalmazott kezelések eredményesnek bizonyultak mikrobiológiai szempontból, valamint azon túlmenően a korábbi vizsgálatok alapján a szín, az érzékszervi tulajdonságok és az antocianin-tartalom tekintetében (Salamon et al., 2021). Mivel célom az volt, hogy olyan kezeléskombinációt találjak, amely a termék eltarthatóságának növelése, valamint mikrobiológiai élelmiszerbiztonsági szempontból minimálisan szükséges, ugyanakkor az értékes beltartalmi tényezőkre a lehető legkisebb hatással van, a kezelési paraméterek csökkentése mellett döntöttem. Az eddig bemutatott kísérletet megismételtem, de ezúttal csak a kezelések mikrobiológiai hatását vizsgáltam. Több kezeléssorozat hatásának vizsgálatát követően jutottam el végül az 50-55-60 °C-os és 150-200-250 MPa-os tartományig, amely már azon a határon mozgott, ami alá mikrobiológiai élelmiszerbiztonsági okok miatt nem lehet csökkenteni a kezelési paramétereket. A hangsúlyt ezt követően ennek a speciális 300 MPa alatti nyomástartománynak a vizsgálatára helyeztem.

5.1.2. A csökkentett nyomás- és hőmérséklettartományban végzett kísérlet eredményei

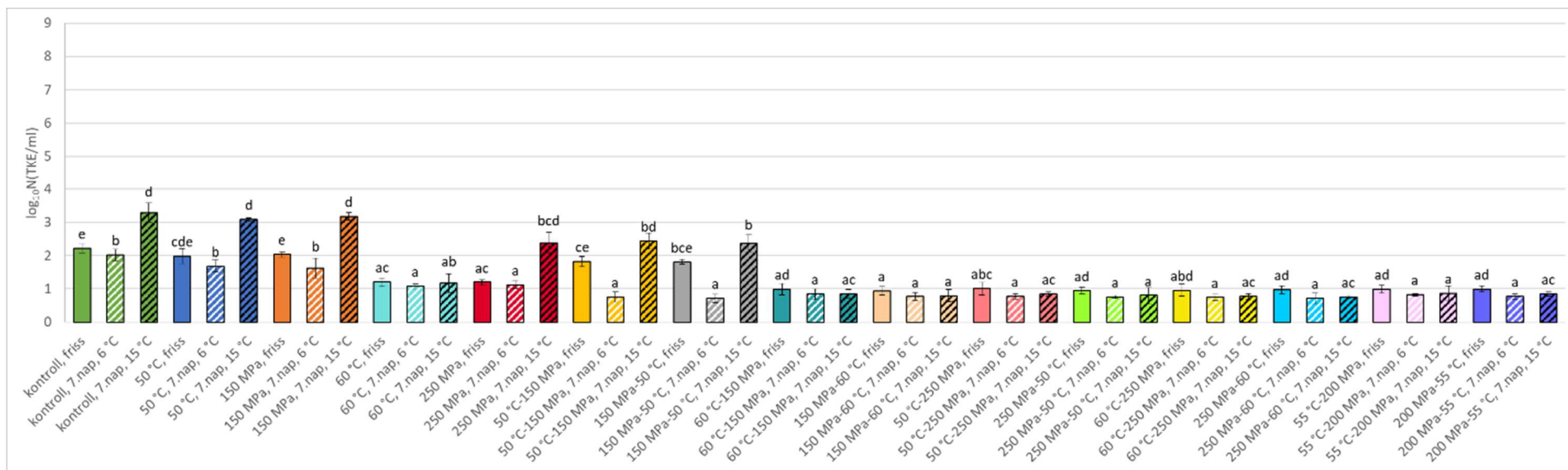
5.1.2.1. Összmikrobaszámok alakulása a kezelések és a tárolás hatására

A csökkentett paraméterek (150-200-250 MPa, 5 min; 50-55-60 °C, 5 min) mellett végzett kísérlet eredményei alapján, a két legalacsonyabb szintű kezelés (50 °C és 150 MPa) kivételével a 14 napos 6 °C-on történő tárolást követően valamennyi minta összmikrobaszáma megfelelőnek bizonyult a 4/1998 (XI.11.) EüM rendelet alapján. A magasabb, 15 °C-os tárolást követően azonban már csak azok a minták feleltek meg a rendelet által előírt határértéknek, melyeknél kombinált kezelést alkalmaztam, és csak azokban az esetekben, melyeknél nem a két legalacsonyabb kezelési szintet (50 °C és 150 MPa) kombináltam egymással.

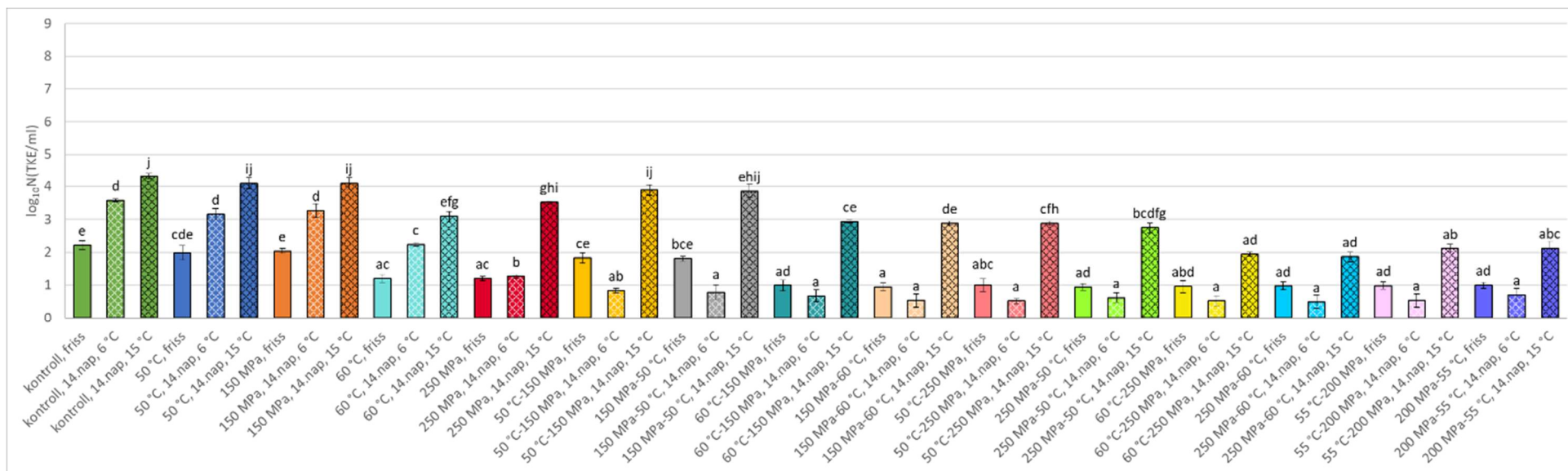
A friss minták esetében az 50 °C-os, a 150 MPa-os, valamint az előbbi két kezelés kombinációjának kivételével valamennyi kezelt minta szignifikánsan különbözött a kontrolltól, az alkalmazott kezelések kb. 1 nagyságrenddel csökkentették a számoocapüré összmikrobaszámát.

Az egy hétig 6 °C-on tárolt minták két nagy csoportot képeztek, az egyikbe tartozott a kontroll, az 50 °C-on, ill. a 150 MPa-on kezelt minta, a másik nagy csoportot az összes többi minta alkotta. Az egyhetes 15 °C-os tárolás során hasonló tendencia figyelhető meg, mint alacsonyabb hőmérsékleten, viszont ez esetben az 50 °C-os és a 150 MPa-os kezeléseken kívül a 250 MPa-os, valamint az 50 °C-150 MPa kombinációja is a kontrollhoz hasonló összmikrobaszámokat eredményezett. Bár statisztikailag különbözött a kontrolltól, szintén nagyobb növekedés volt tapasztalható a 150 MPa-50 °C kombinációjával kezelt minta esetében. A többi kezelés két csoportra oszlott, melyek között nem volt szignifikáns különbség (**10. ábra**).

A két hétig 6 °C-on tárolt minták az egy hetes tároláshoz hasonló tendenciát követtek, ez esetben azzal a különbséggel, hogy a 60 °C-on, 250 MPa-on és az 50 °C-150 MPa-on kezelt minták másik csoportba kerültek, mint a 7. napon. A 60 °C-on és a 250 MPa-on kezelt minták egy-egy önálló csoportot alkottak, szignifikánsan különböztek a többi mintától. A kéthetes, 15 °C-os tárolás alatt a különböző módon kezelt minták közti különbségek egyre szignifikánsabbá váltak. Ez esetben jóval több csoportot különböztethetünk meg. A kombinált kezeléseik között azonban sem a 15 °C-os, sem pedig a 6 °C-os tárolás során nem tudtam különbséget tenni a kezelési sorrend tekintetében (**11. ábra**).



10. ábra: A csökkentett nyomás és hőmérséklettartományban kezelt szamócapüré összmikrobaszámának alakulása a 7 napos tárolás alatt. A különböző betűk szignifikánsak különböző csoportokat jelölnek. Kisbetűk: a friss (Games-Howel post hoc teszt, $p < 0,05$) vagy a 7 napig 6 °C-on (Tukey's post hoc teszt, $p < 0,05$) vagy 15 °C-on (Games-Howel post hoc teszt, $p < 0,05$) tárolt, különböző módon kezelt minták összehasonlítása.



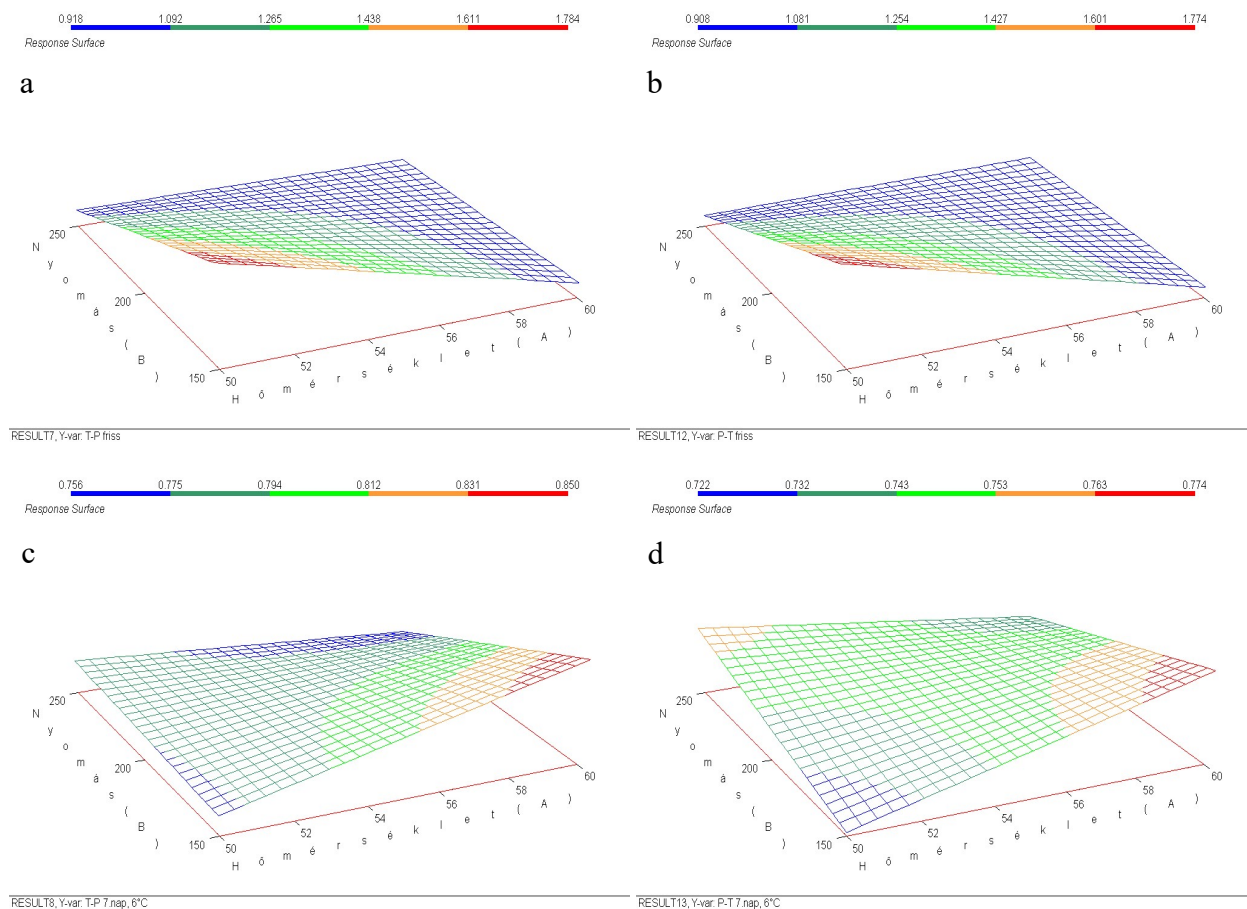
11. ábra: A csökkentett nyomás és hőmérséklettartományban kezelt szamócapüré összmikrobaszámának alakulása a 14 napos tárolás alatt. A különböző betűk szignifikánsak különböző csoportokat jelölnek. Kisbetűk: a friss (Games-Howel post hoc teszt, $p < 0,05$) vagy a 14 napig 6 °C-on (Tukey's post hoc teszt, $p < 0,05$) vagy 15 °C-on (Games-Howel post hoc teszt, $p < 0,05$) tárolt, különböző módon kezelt minták összehasonlítása.

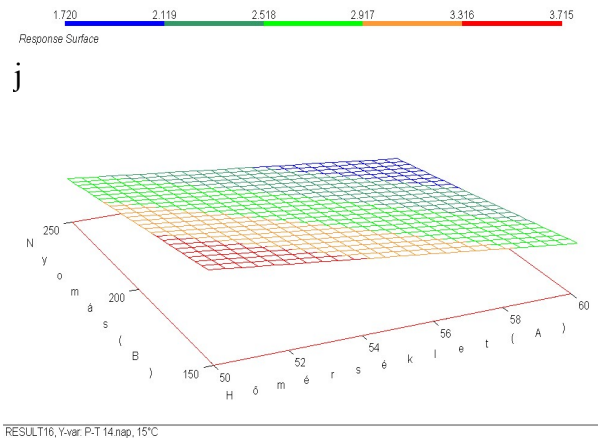
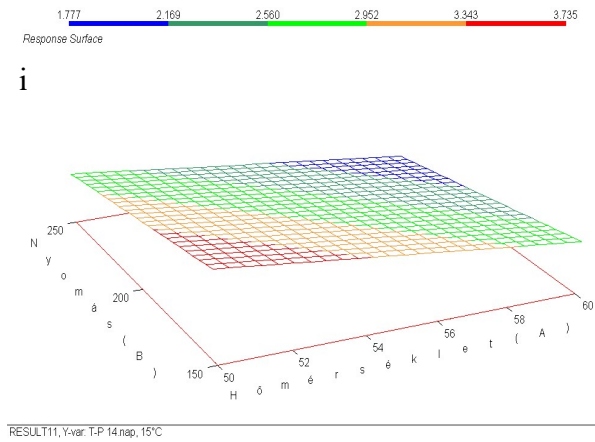
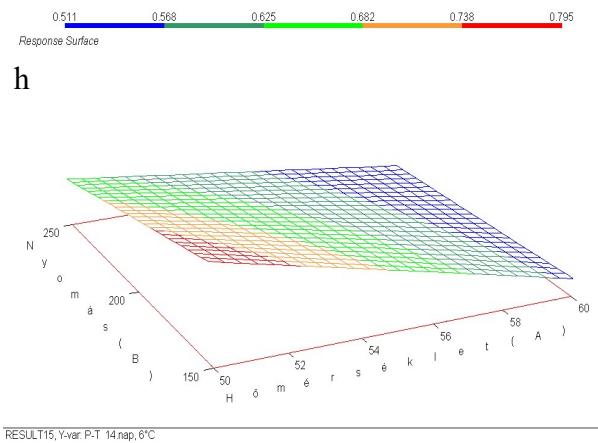
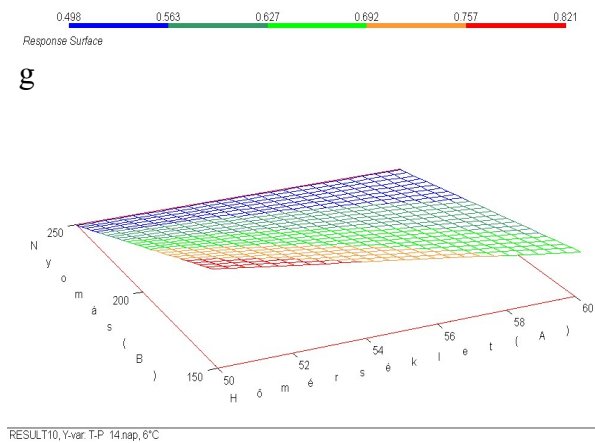
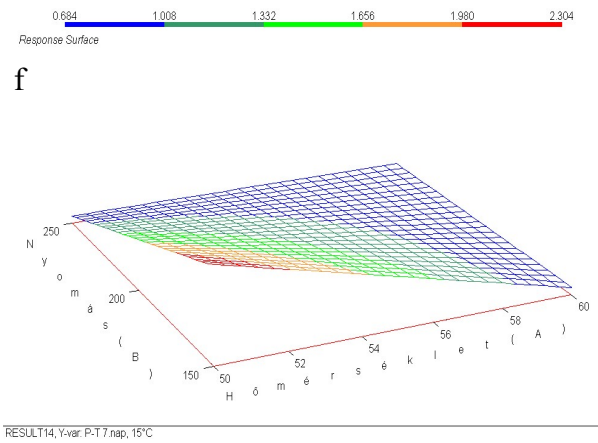
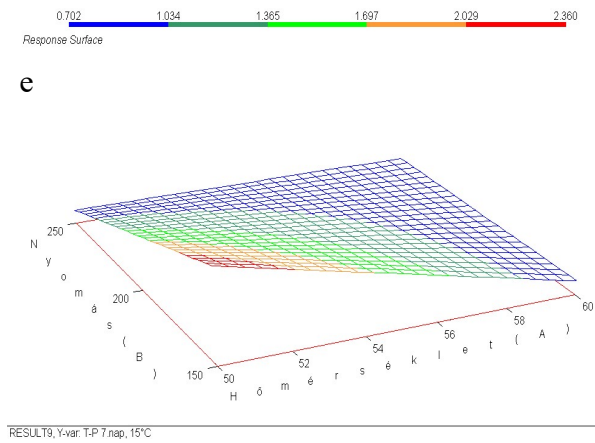
5.1.2.2. Összmikrobaszámok alakulásának vizsgálata válaszfelület-analízissel

A **12. a-j ábrákon** az 150-250 MPa nyomástartományban és az 50-60 °C-os hőmérséklettartományban végzett kísérlet összmikrobaszám eredményeire illesztett válaszfelületek láthatók. Kettő kivételével (**12. c, d ábra**) a magasabb nyomás és hőmérséklettartományban végzett kísérlet eredményeire illesztett válaszfelületekhez hasonló lefutást mutattak. A változók közti kapcsolat ezekben az esetben is lineáris volt (**12. a-b, e-j ábra**), az összmikrobaszámok a nyomás és a hőmérséklet növekedésével csökkentek.

A **12. c ábra** esetében az összmikrobaszámok és a független változók közti kapcsolat nem teljesen lineáris, de inkább a lineáris modell dominál. A felület erős egyirányú lejtése a lineáris tagok túlsúlyát jelzi a modellben. Azonban a modellben szerepelnek másodfokú tagok, amik a felület finom görbületét okozzák, illetve interakciók is, amik miatt változik a lejtés mértéke az egyik tengely mentén haladva.

A **12. d ábrán** egy görbült válaszfelület látható, ez esetben tehát a változók hatása nem lineárisan adódik össze, van egy optimális minimum, amit jelen esetben még nem sikerült elérni. A 7 napig 6 °C-on tárolt minták esetében (**12. c, d**) tehát, különbség volt az összmikrobaszámok alakulásában a kezelési sorrend tekintetében. Az RSM-modell paramétereit az M2_2. táblázat tartalmazza.





12. ábra: A szamócapüré minták összmikrobaszámára illesztett válaszfelület **a)** friss, TP-kezelt minták esetén, **b)** friss, PT-kezelt minták esetén, **c)** 7 napig, 6 °C-on tárolt, TP-kezelt minták esetén, **d)** 7 napig, 6 °C-on tárolt, PT-kezelt minták esetén, **e)** 7 napig, 15 °C-on tárolt, TP-kezelt minták esetén, **f)** 7 napig, 15 °C-on tárolt, PT-kezelt minták esetén **g)** 14 napig, 6 °C-on tárolt, TP-kezelt minták esetén, **h)** 14 napig, 6 °C-on tárolt, PT-kezelt minták esetén, **i)** 14 napig, 15 °C-on tárolt, TP-kezelt minták esetén, **j)** 14 napig, 15 °C-on tárolt, PT-kezelt minták esetén.

5.1.2.3. A kezelések patogén baktériumokra gyakorolt hatásának vizsgálata

A csökkentett kezelési paraméterek patogén baktériumokra gyakorolt hatását is vizsgáltam. A két kórokozó közül a *Salmonella* esetében 6 °C és 15 °C-on is tapasztaltam növekedést a kontroll és a 150 MPa-on kezelt mintában (**M2_1. ábra**, **M2_2. ábra**). A *Listeria monocytogenes* ezúttal a 15 °C-on tárolt kontrollból volt kimutatható a vizsgált tárolási időszak alatt (**M2_3. ábra**). Megjegyzendő, hogy bár a *Listeria monocytogenes* pszichotróf tulajdonságokkal rendelkezik, 6

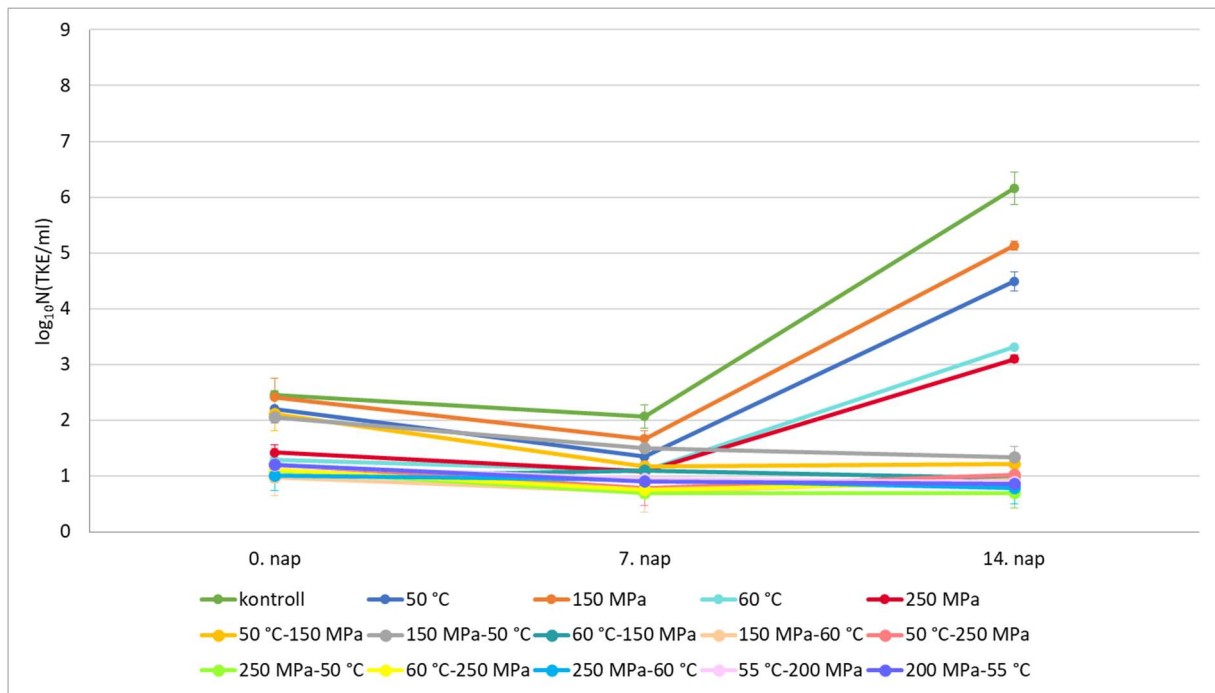
°C-on mégsem tapasztaltam növekedést, ami valószínűleg a szaporodási hőmérsékleti optimumnál (30-37 °C) (Petran and Zottola, 1998) alacsonyabb hőmérséklet és a szaporodási pH optimumnál (pH 7) (Petran and Zottola, 1986) alacsonyabb pH együttes hatásának köszönhető. Az egyik tényező optimumtól való eltérése megváltoztatja a mikroba másik tényezőre való érzékenységét (gát elmélet).

5.2. A smoothie-val végzett kísérletek eredményei

5.2.1. A kezelések hatása a smoothie összmikrobaszámára

5.2.1.1. Az összmikrobaszámok időbeli változása a kéthetes tárolás során

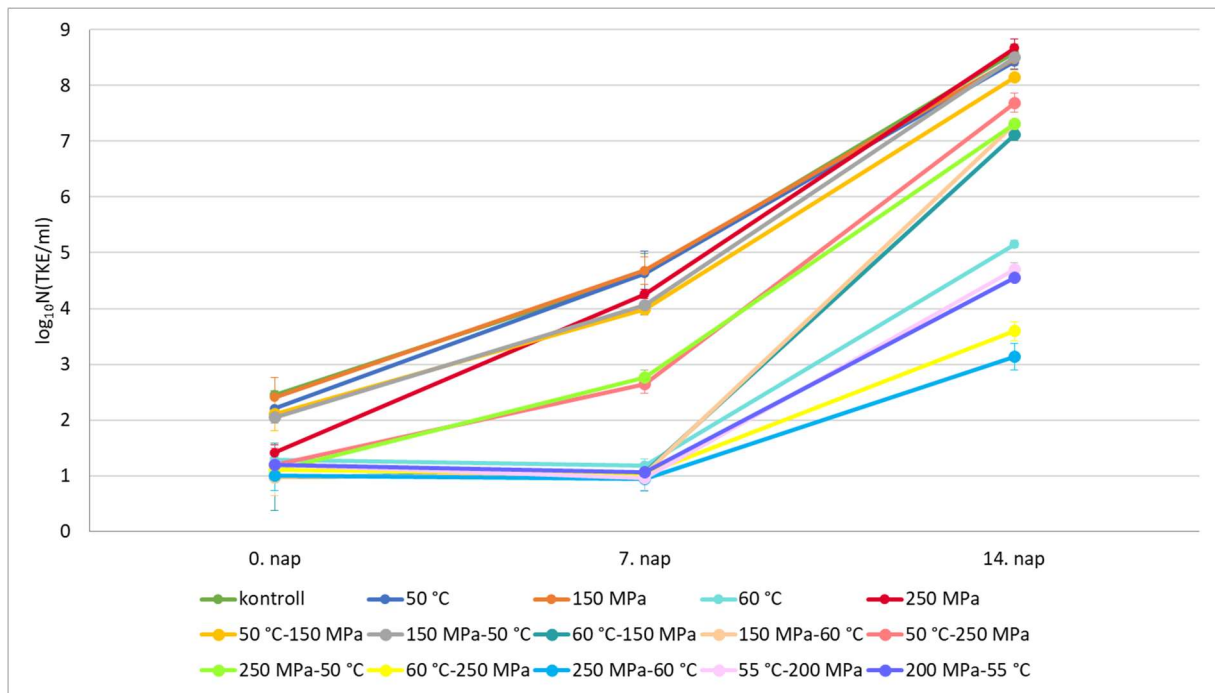
A 6 °C-on tárolt minták összmikrobaszáma a kéthetes tárolás során (**13. ábra**) növekedett a kontrollnál, illetve azokban az esetekben, amelyekben egyszeres kezeléseket (csak hő- vagy csak nyomáskezelést) alkalmaztam. Ezekben az esetekben a tárolás végére akár 2,5-3-nagságrenddel növekedett az összmikrobaszám a kiinduló sejtszámhoz képest. Míg azoknál a mintáknál, amelyeknél kombinált kezeléseket alkalmaztam az összecsíra számok közel változatlanok maradtak. Valamennyi kombinált kezelés megfelelő minőségű mintát eredményezett a 4/1998 (XI.11.) EüM rendelet alapján, mivel a két hétig tárolt minták összmikrobaszáma 10^3 TKE/ml alatt marad. Érdekesség, hogy a 250 MPa-on kezelt minta kezdetben azokhoz a mintákhoz hasonlított, amelyek kombinált kezeléson estek át, azonban a tárolási idő végére azokhoz a mintákhoz sorolható, amelyeknél egyszeres kezelést alkalmaztam. Azok a minták viszont, amelyeknél a legenyhébb hőmérséklet és nyomás kombinációt használtam (50 °C és 150 MPa) kezdetben azokhoz a mintákhoz hasonlítottak jobban, amelyeknél csak egyszeres kezeléseket alkalmaztam viszont a tárolási idő végére azokhoz a mintákhoz csoportosultak, amelyeknél kombinált kezelés történt.



13. ábra: Smoothie minták összmikroba számának időbeli változása a 6 °C-os tárolás során.

A kéthetes 15 °C-on történő tárolás során a minták összmikrobaszáma egyértelműen növekedést mutatott (14. ábra), de azoknál a mintáknál, amelyeknél a legmagasabb hőmérsékletet (60 °C), illetve annak nyomáskezeléssel történő kombinációját alkalmaztam, valamint a középső hőmérséklet és nyomásértékek kombinációja során (55 °C és 200 MPa) egy hét elteltével még nagyjából a 0. napon mért értékekkel megegyező sejtszámokat mértem. Abban a két esetben, amikor a 60 °C-ot a legmagasabb, 250 MPa-os nyomsással kombináltam, két hét elteltével az összmikrobaszám növekedésének mértéke kisebb volt, mint a többi kezelés esetén. A 250 MPa–60 °C-on és a 60 °C-250 MPa-on kezelt mintáknál a kezdetben mért összmikrobaszámokhoz képest csupán 2-2,5 nagyságrendnyi növekedést tapasztaltam a tárolási idő végére. A 60 °C-on, 200 MPa-55 °C-on, illetve az 55 °C-200 MPa-on kezelt minták esetében a növekedés mértéke 4-4,5 nagyságrendnyi, míg a többi minta esetében 6-7,5 nagyságrendnyi volt, a minták megromlottak.

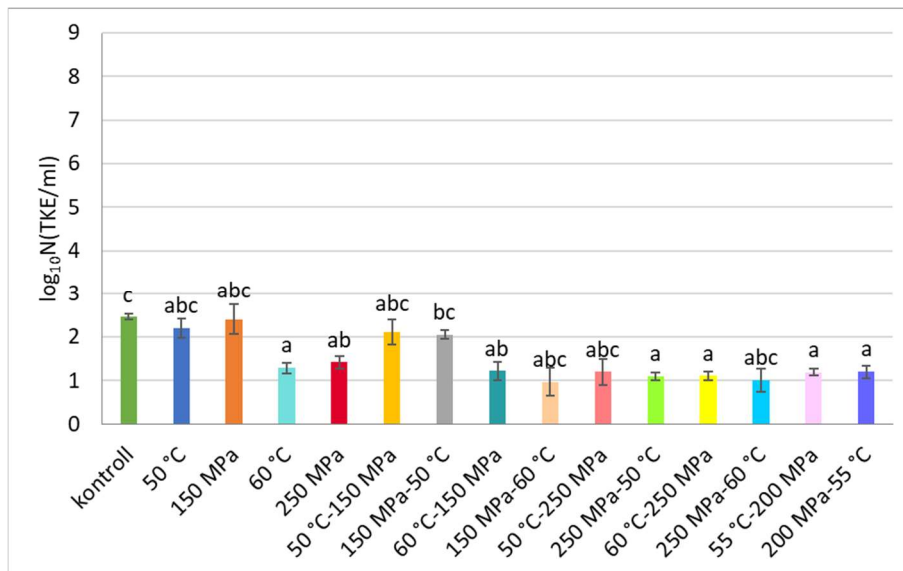
A két hétig 15 °C-on tárolt minták közül egy sem felelt meg a 4/1998 (XI.11.) EüM rendelet előírásának. Amennyiben a mintákat rövidebb ideig, csak 7 napig tároltam, úgy a 250 MPa-os nyomáskezelés 50 °C vagy 60 °C-os hőkezeléssel, illetve a 200 MPa-os nyomáskezelés 55 °C-os hőkezeléssel történő kombinációja is megfelelő terméket eredményezett magasabb hőmérsékletű tárolás mellett.



14. ábra: Smoothie minták összmikroba számának időbeli változása a 15 °C-os tárolás során.

5.2.1.2. A friss minták összmikrobaszámának értékelése

Amennyiben a rögtön a kezelések után vizsgált mintákat hasonlítottam össze egymással (15. ábra), megállapítottam, hogy a 60 °C-on, a 250 MPa-50 °C-on, a 60 °C-250MPa-on, az 55 °C-200 MPa-on, valamint a 200 MPa-55 °C-on kezelt minták statisztikailag egy csoportba kerültek. Ezek a kezelések voltak a legeredményesebbek, a kontrollhoz képest több, mint 1 nagyságrenddel csökkentették az összmikrobaszámot. **Matias és munkatársai (2024)** 300-600 MPa-os nyomáskezelést alkalmaztak egy gyümölcsöket és zöldségeket egyaránt tartalmazó smoothie esetében. Az általuk leírt összmikrobaszámbeli csökkenés esetében már jóval kisebb nyomástartományban elérhető volt. A kombinált kezelések között nem lehetett egyértelműen különbséget tenni a sorrendet tekintve.



15. ábra: Friss smoothie minták összmikroba számának alakulása a kezelések hatására.

A különböző betűk szignifikánsan különböző csoportokat jelölnek (ANOVA, Games-Howell post hoc teszt, $p < 0,05$).
kisbetűk: kezelések összehasonlítása.

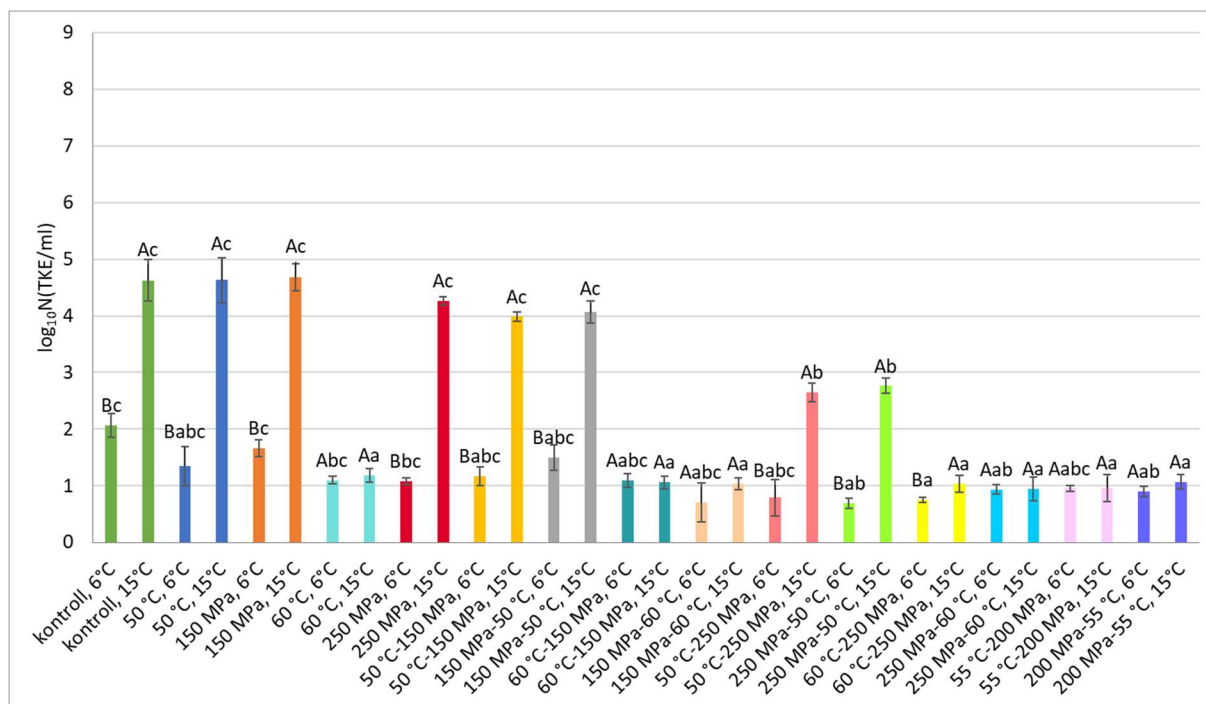
5.2.1.3. Az összmikrobaszámok értékelése a tárolási idő szerint csoportosítva

A **16. ábrán** az egy hétig tárolt minták összmikrobaszámának alakulása látható. Azoknál a mintáknál, amelyeknél a 60 °C-os hőkezelést önmagában, vagy nyomáskezeléssel kombinálva alkalmaztam, valamint azoknál a mintáknál, amelyeknél a két középső hőmérséklet és nyomás értéket (55 °C és 200 MPa) kombináltam, nem volt szignifikáns különbség, míg az összes többi esetben jelentős különbség volt az azonos módon kezelt, különböző hőmérsékleten tárolt minták között (azonos színű oszlopok összehasonlítása, nagybetűk).

Ha az azonos hőmérsékleten tárolt, különböző módon kezelt mintákat hasonlítottam össze (különböző színű, azonos hőmérsékleten tárolt oszlopok összehasonlítása, kisbetűk), akkor 6 °C-on az egyszeres kezelések közül a 60 °C-os és a 250 MPa-os kezelések, a kombináltak közül a 250 MPa-50 °C-os, a 250 MPa-60 °C-os, és a 200 MPa-55 °C hatékonysága megegyezett egymással, az említett két-két minta ugyanabba a csoportba tartozott. A 250 MPa-50 °C-on, a 60 °C-250 MPa-on, a 250 MPa-60 °C-on, valamint a 200 MPa-55 °C-on kezelt minták szignifikánsan különböztek a kontrolltól, de a kombinált kezeléseket az eltérő sorrendben kezelt párjukkal összehasonlítva, szignifikáns különbség nem volt észlelhető.

A 15 °C-on tárolt mintákat (különböző színű, 15 °C-on tárolt minták összehasonlítása, kisbetűk) három szignifikánsan különböző csoportba oszthatjuk a Games-Howell post hoc teszt alapján. Egy csoportba kerültek azok a minták, melyeknél a 60 °C-os hőkezelést önmagában, vagy nyomáskezeléssel kombinálva alkalmaztam, valamint azok, amelyeknél az 55 °C-ot és a 200 MPa-

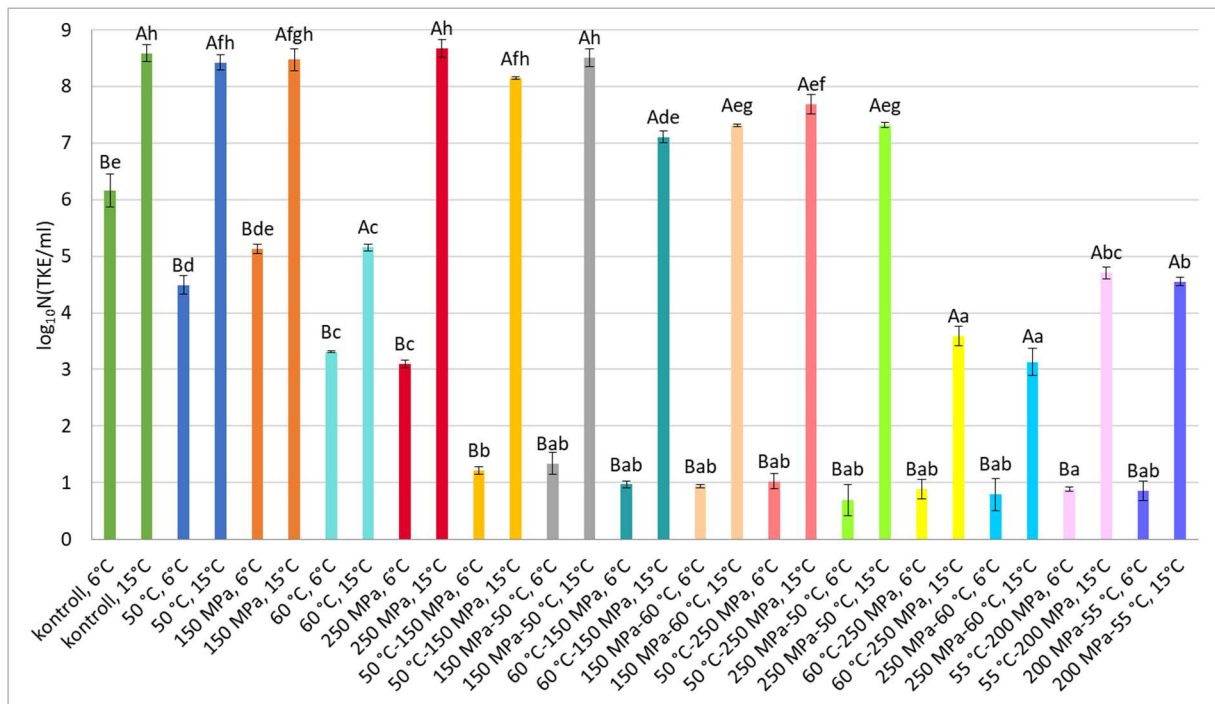
t kombináltam tetszőleges sorrendben. Az előbbiektől szignifikánsan különböző csoportba került az a két minta, amelynél az 50 °C-ot 250 MPa-lal kombináltuk eltérő sorrendben, a többi minta pedig egy harmadik, az előző két csoporttól szignifikánsan különböző csoportot alkotott.



16. ábra: 7 napig tárolt smoothie minták összmikroba számának alakulása.

A különböző betűk szignifikánsan különböző csoportokat jelölnek (kétféle ANOVA, Games-Howell post hoc teszt, $p < 0,05$). nagybetűk: tárolási hőmérsékletek összehasonlítása rögzített kezelésen belül; kisbetűk: kezelések összehasonlítása rögzített tárolási hőmérsékleten belül.

A két hétig tárolt mintákat elemezve (17. ábra), valamennyi minta esetében szignifikáns különbség látható, ha az azonos módon kezelt, különböző hőmérsékleten tárolt mintákat hasonlítom össze egymással (azonos színű oszlopok összehasonlítása, nagybetűk). A két hétig, 6 °C-on tárolt, különböző kezelésen átesett szinte valamennyi kombináltan kezelt minta statisztikailag egy csoportot alkotott a Games-Howell post hoc teszt alapján (különböző színű, 6 °C-on tárolt minták összehasonlítása, kisbetűk). Az egyszeres kezelések közül kettő, a 60 °C-os és a 250 MPa-os kezelés hatékonysága megegyezett egymással. A két hétig 15 °C-on tárolt mintáknál (különböző színű, 15 °C-on tárolt minták összehasonlítása, kisbetűk) csak azokban az esetekben maradtak alacsonyabb szinten az összmikrobaszámok, amelyeknél 60 °C-os hőkezelést önmagában vagy 250 MPa-os nyomáskezeléssel kombinálva alkalmaztam, valamint az 55 °C-200 MPa-on és a 200 MPa-55 °C-on kezelt minták esetében. A 60 °C-250MPa-os és a 250 MPa-60 °C-os kezelések nem különböztek egymástól szignifikánsan.



17. ábra: 14 napig tárolt smoothie minták összmikroba számának alakulása.

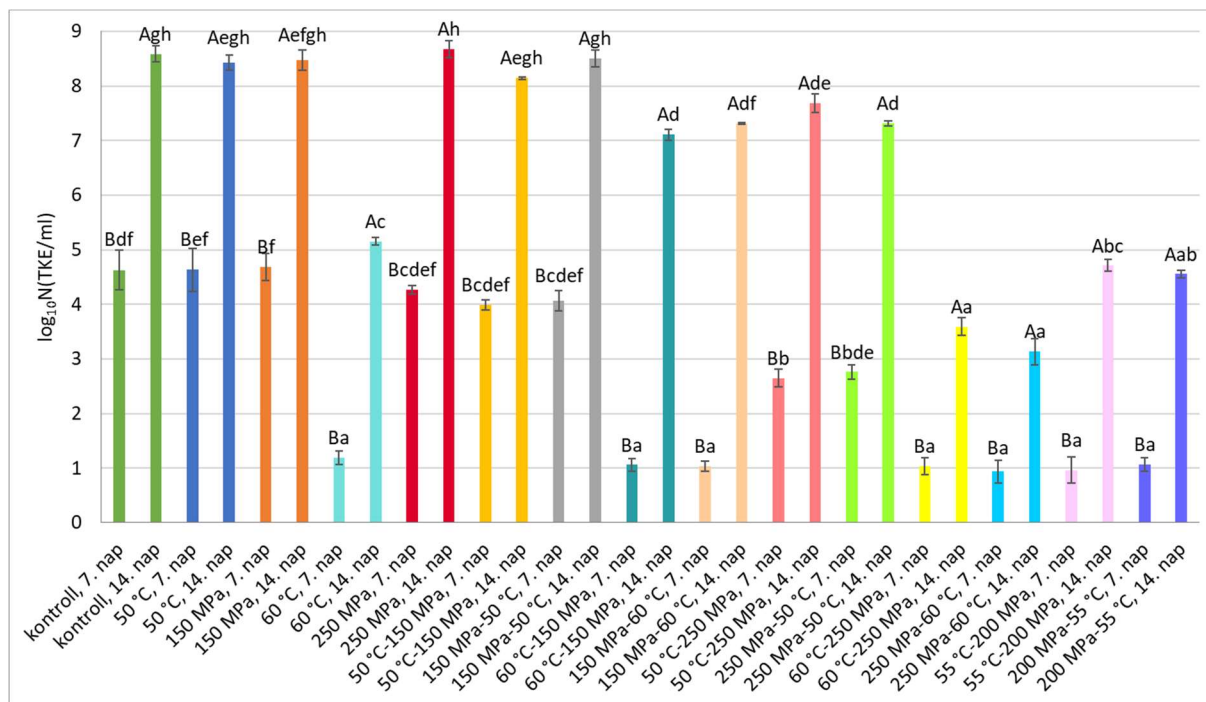
A különböző betűk szignifikánsan különböző csoportokat jelölnek (kéttényezős ANOVA, Games-Howell post hoc teszt, $p < 0,05$). nagybetűk: tárolási hőmérsékletek összehasonlítása rögzített kezelésen belül; kisbetűk: kezelések összehasonlítása rögzített tárolási hőmérsékleten belül.

Összefoglalva a tárolási idő szerint csoportosított eredményeket, az idő előrehaladtával a kezelt minták közötti különbségek egyre szignifikánsabbá váltak, amit a 14. napon megnövekedett számú post-hoc csoport jelez. A tárolási hőmérsékletnek a 14 napig tárolt összes minta esetében szignifikáns hatása volt, míg a 7 napos mintáknál csak bizonyos esetekben. Az alkalmazott kezelések közül a 60 °C és 250 MPa, valamint az 55 °C és a 200 MPa kombinációi eredményezték alacsonyabb és magasabb tárolási hőmérsékleten egyaránt a legalacsonyabb összmikrobaszám értékeket. A kombinált kezelések között nem lehetett különbséget tenni a sorrendet tekintve.

5.2.1.4. Az összmikrobaszámok értékelése a tárolási hőmérséklet szerint csoportosítva

A 18. és a 19. ábra esetében a minták összmikrobaszámának alakulását a tárolási hőmérsékletek szerinti bontásban elemeztem. A 6 °C-on tárolt (18. ábra), azonos módon kezelt mintákat egymással összehasonlítva (azonos színű oszlopok összehasonlítása, nagybetűk), a kontroll és az egyszeres kezelésen átesett minták esetében figyeltem meg szignifikáns különbséget a különböző ideig tárolt minták között. Az összes többi esetben, vagyis, amikor kombinált kezelést alkalmaztam, nem volt szignifikáns különbség a 6 és 15 °C-on tárolt minták között. A 6 °C-on, azonos ideig tárolt mintákat összevetve (különböző színű, azonos ideig tárolt minták összehasonlítása, kisbetűk) a 7 és 14 napig tárolt mintákra egyaránt igaz, hogy nem volt szignifikáns különbség a kombinált kezelések között azok sorrendjét vizsgálva. A legtöbb

különböztek szignifikánsan a kontrolltól. Ugyancsak nem különböztek egymástól szignifikánsan a 60 °C-150 MPa és az 50 °C-250 MPa kombinációi. A 60 °C-os kezelés hatékonyságát tekintve a 200 MPa-55 °C-os kezeléshez hasonlított. A 250 MPa-60 °C kombinációi, illetve a 200 MPa-55 °C-os kezelés szintén hasonlóságot mutattak, köztük nem volt szignifikáns különbség. A 14 napos minták esetében az eltérő sorrendben alkalmazott kombinált kezelések között nem lehetett különbséget tenni.



20. ábra: 15 °C-on tárolt smoothie minták összmikroba számának alakulása.

A különböző betűk szignifikánsan különböző csoportokat jelölnek (két tényezős ANOVA, Games-Howell post hoc teszt, $p < 0,05$). nagybetűk: tárolási idők összehasonlítása rögzített kezelésen belül; kisbetűk: kezelések összehasonlítása rögzített tárolási időn belül.

A tárolási hőmérséklet szerint csoportosított minták elemzése során tapasztaltakat összegezve, magasabb tárolási hőmérsékleten a minták közötti különbségek egyre szignifikánsabbá váltak, 15 °C-on jóval több csoportra oszlottak a minták. A tárolási időnek a 15 °C-on tárolt összes minta esetében szignifikáns hatása volt, míg a 6 °C-on tárolt minták esetében csak az egyszeres kezelések kerültek szignifikánsan különböző csoportokba a két különböző tárolási hőmérsékleten. Alacsonyabb tárolási hőmérsékleten a 7. mintavételi napon még szinte nem volt statisztikai különbség az egyszeresen és a kombináltan kezelt minták között, azonban a tárolási idő végére valamennyi kombinált kezelés jobb eredményt hozott, mint az egyszeresek. Mind a két tárolási hőmérsékleten csak a 60 °C és 250 MPa, illetve az 55 °C és a 200 MPa kombinációi voltak azok, amelyek még a tárolási idő végére is szignifikánsan jobb eredményt mutattak a többi kezelésnél. A kombinált kezelések között nem volt szignifikáns különbség a kezelések sorrendjét tekintve.

5.2.1.5. Az összmikrobaszámok alakulásának vizsgálata válaszfelület-analízissel

Az összmikrobaszám eredmények esetén lehetőség volt a válaszfelület analízis alkalmazására, míg a *Listeria monocytogenes* és a *Salmonella* esetében nem volt rá lehetőség, mert azok az alkalmazott kezelések hatására sok esetben nem voltak kimutathatók, így a 2ⁿ típusú faktoriális kísérleti terv nem volt teljes.

A friss minták esetében nem volt jelentős különbség a TP és PT kezelt minták között. Mind a két esetben lineáris kapcsolat figyelhető meg az összmikrobaszám és a független változók között. A nyomás és a hőmérséklet növelésével egyaránt csökkentek az össze csíraszámok bármelyik sorrendet alkalmazva (**21. a, b ábra**).

A 7 napig 6 °C-on tárolt mintáknál jelentős különbség figyelhető meg a kezelési sorrendek függvényében. A TP-kezelés esetén nem volt interakció a nyomás és a hőmérséklet között. A nyomás növelésével csökkentek az összmikrobaszámok, míg a hőmérséklet változása a vizsgált tartományon belül alig okozott változást az összmikrobaszámokban (**21. c ábra**). Azoknál a mintáknál, amelyeknél PT kezelést alkalmaztam, az illetéktelt felület görbült, vagyis a nyomás és hőmérséklet közti összefüggés nem lineáris (**21. d. ábra**).

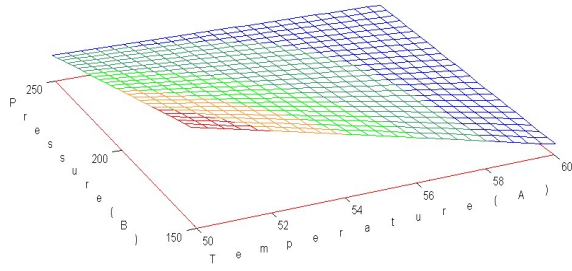
A 7 napig 15 °C-on tárolt minták esetében nem volt jelentős különbség az összmikrobaszámok alakulásában a kezelési sorrend tekintetében. A TP- és PT-kezelt mintákra a hőmérséklet változásának dominánsabb hatása volt, a nyomás változásának hatása kevésbé érvényesült (**21. e, f ábra**).

A 14 napig 6 °C-on tárolt minták összmikrobaszám eredményeire illesztett felület mind a TP-, mind a PT -kezelt minták esetében sík válaszfelületet eredményezett. Az összmikrobaszámok és a független változók közti kapcsolat lineáris (**21. g, h ábra**).

A 14 napig 15 °C-on tárolt minták esetében a kezelések sorrendjétől függetlenül hasonló parabolikus válaszfelületeket kaptunk, vagyis mind a két esetben szignifikáns volt az interakció az összmikrobaszámok és a független változók (nyomás és hőmérséklet) között (**21. i, j ábra**). Az RSM-modell paramétereit az M2_3. táblázat tartalmazza.



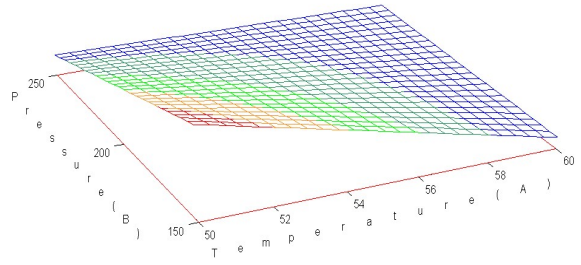
a



RESULT1, Y-var: T.P



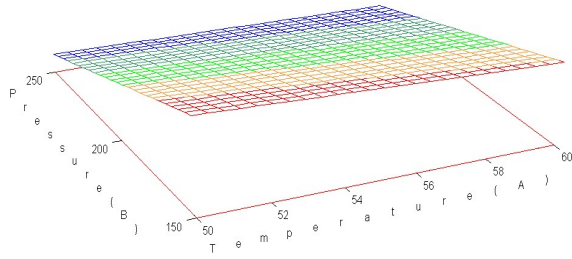
b



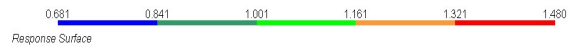
RESULT2, Y-var: P.T



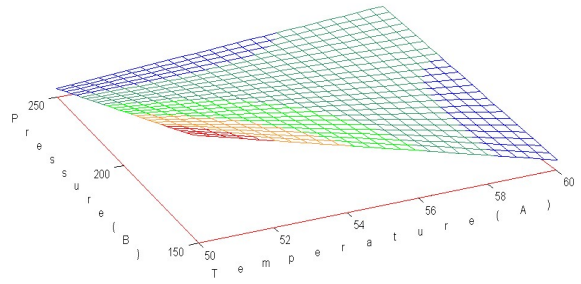
c



RESULT3, Y-var: T.P



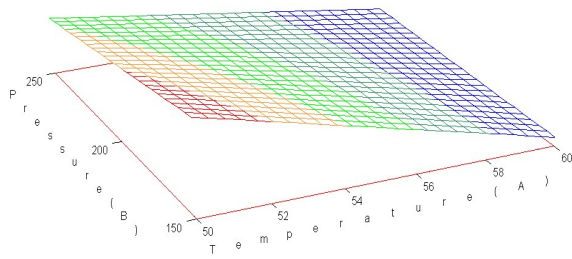
d



RESULT4, Y-var: P.T



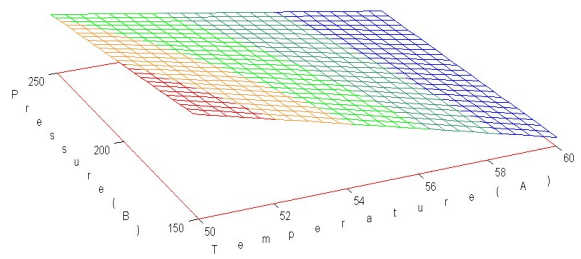
e



RESULT5, Y-var: T.P



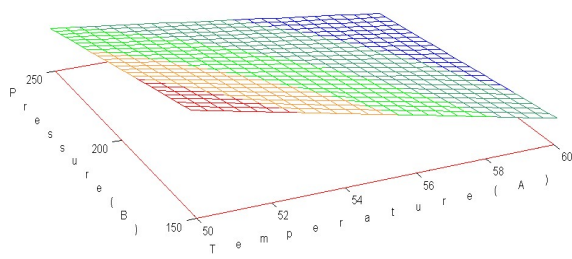
f



RESULT6, Y-var: P.T



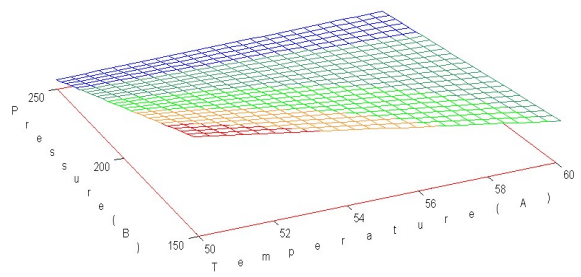
g



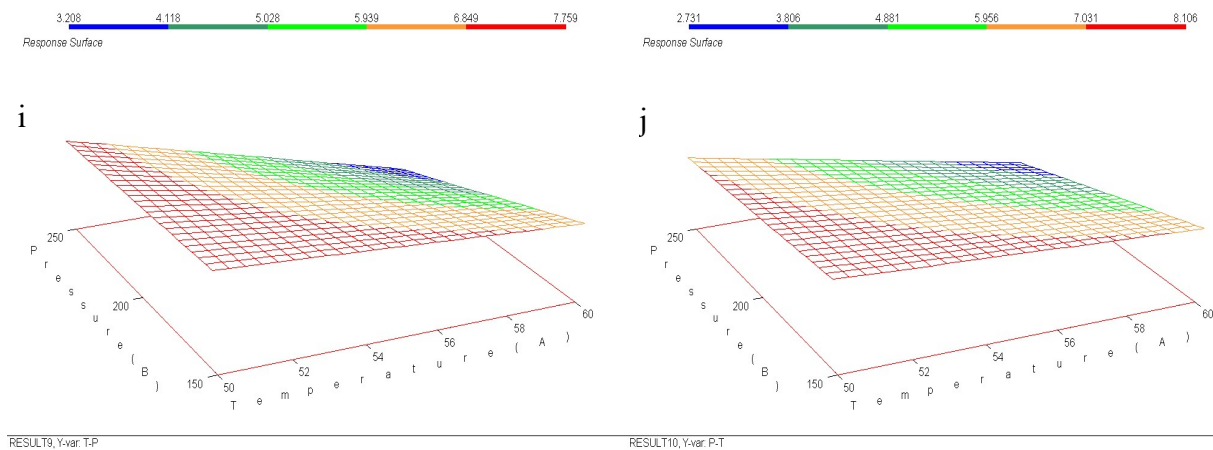
RESULT7, Y-var: T.P



h



RESULT8, Y-var: P.T



21. ábra: A smoothie minták összmikrobaszámára illesztett válaszfelület **a)** friss, TP-kezelt minták esetén, **b)** friss, PT-kezelt minták esetén, **c)** 7 napig, 6 °C-on tárolt, TP-kezelt minták esetén, **d)** 7 napig, 6 °C-on tárolt, PT-kezelt minták esetén, **e)** 7 napig, 15 °C-on tárolt, TP-kezelt minták esetén, **f)** 7 napig, 15 °C-on tárolt, PT-kezelt minták esetén **g)** 14 napig, 6 °C-on tárolt, TP-kezelt minták esetén, **h)** 14 napig, 6 °C-on tárolt, PT-kezelt minták esetén, **i)** 14 napig, 15 °C-on tárolt, TP-kezelt minták esetén, **j)** 14 napig, 15 °C-on tárolt, PT-kezelt minták esetén.

Az összmikrobaszám eredmények alapján arra a következtésre jutottam, hogy a 300 MPa alatt végzett nyomáskezelést kíméletes hőkezeléssel kombinálva a gyümölcs smoothie fogyaszthatósága, akár magasabb tárolási hőmérsékleten is meghosszabbítható. A 250 MPa és 60 °C kombinációját alkalmazva, 6 °C-on kéthetes tárolás követően is 10^3 TKE/ml alatt maradt a termék összmikrobaszáma és kéthetes, 15 °C-os tárolás mellett sem haladta meg a 10^4 TKE/ml nagyságrendet.

5.2.2. A kezelések patogén baktériumokra gyakorolt hatásának vizsgálata

5.2.2.1. A kezelések hatékonysága a *Salmonella* jelenlétére/hiányára

A *Salmonella* szám meghatározása csak a kontroll, az 50 °C-on, 150 MPa-on, 50 °C-150 MPa-on és a 150 MPa-50 °C-on kezelt minták esetén volt lehetséges, de a tesztmikroba jelenlét/hiány próbával kimutatható volt a friss és a 3 napig 15 °C-on tárolt 250 MPa-on kezelt minta esetében, valamint a friss 50 °C-250 MPa-on, az 55 °C-200 MPa-on és a 200 MPa-55 °C-on kezelt minták esetében is (**7. táblázat**).

A 250 MPa-on kezelt mintánál különbség volt a 3 napig különböző hőmérsékleten tárolt minták között, 6 °C-on negatív, 15 °C-on pozitív eredményt kaptam. Azoknál a mintáknál, ahol az 50 °C-os hőkezelést 250 MPa-os nyomáskezeléssel kombináltam, különbség volt a jelenlét-hiány próba eredményében a kezelések sorrendjét nézve a friss minták esetében. Az előbb hő-, majd nyomáskezelt mintánál pozitív, míg a fordított sorrendben kezelt párjánál negatív eredményt kaptam.

A különböző eredmények a következőképpen magyarázhatók. A *Salmonella* nagynyomású kezelését célzó kutatások során megállapították, hogy a HHP jelentős károsodást okoz a *Salmonella* sejtek sejtfalában, sejtmembránjában és a citoplazma komponenseiben (Yang: 300 MPa, 30 min, 25 °C, Wang: 350 MPa, 5 min) (Yang et al., 2012; Wang et al., 2013). Továbbá bebizonyosodott, hogy a HHP-kezelések alkalmazása a fehérjék részleges lebomlásához vezet, ami rontja a baktériumok képességét a későbbi stresszhatásokból való helyreállításra és regenerálódásra (Wang et al., 2013). A kezdeti HHP-kezelés kiterjedt sejtkárosodást okoz, ami a *Salmonella* sejteket érzékenyebbé teszi a későbbi enyhe hőkezelésre (Işiker et al., 2003; Ogihara, 2009). Ha a HHP után enyhe hőkezelés következik, a már károsodott sejtek kevésbé képesek ellenállni a további stressznek, ami hatékonyabb inaktiválást eredményez. Ez a kombináció biztosítja, hogy a túlélő sejtek a hő hatására tovább inaktiválódjanak, ami a *Salmonella* kimutatási határ alá való csökkenéséhez vezet. Ha a kezeléseket fordított sorrendben alkalmazzuk, vagyis először enyhe hőkezelést végzünk, az nem okoz elegendő károsodást a regenerálódás megakadályozásához. A későbbi HHP-kezelés nem biztos, hogy ugyanolyan hatékony lesz, mert a sejtek nem sérültek meg előzetesen, így néhányuk túlélhet és kimutatható marad.

7. táblázat: *Salmonella* jelenlét-hiány próba eredményei smoothie mintákban

Kezelések és szinkódjuk	Friss minták	3 napig, 6 °C-on tárolt minták	3 napig, 15 °C-on tárolt minták	7 napig, 6 °C-on tárolt minták	7 napig, 15 °C-on tárolt minták	14. napig, 6 °C-on tárolt minták	14 napig, 15 °C-on tárolt minták
kontroll	+	+	+	+	+	+	+
50 °C	+	+	+	+	+	+	+
150 MPa	+	+	+	+	+	+	+
60 °C	-	-	-	-	-	-	-
250 MPa	+	-	+	-	-	-	-
50 °C-150 MPa	+	+	+	+	+	+	+
150 MPa-50 °C	+	+	+	+	+	+	+
60 °C-150 MPa	-	-	-	-	-	-	-
150 MPa-60 °C	-	-	-	-	-	-	-
50 °C-250 MPa	+	-	-	-	-	-	-
250 MPa-50 °C	-	-	-	-	-	-	-
60 °C-250 MPa	-	-	-	-	-	-	-
250 MPa-60 °C	-	-	-	-	-	-	-
55 °C-200 MPa	+	-	-	-	-	-	-
200 MPa-55 °C	+	-	-	-	-	-	-

+: *Salmonella* kimutatható, -: *Salmonella* nem volt kimutatható jelenlét/hiány próbával

Azok a minták, melyek 60 °C-on lettek kezelve, legyen szó egyszeres vagy kombinált kezeléstről, végig negatívak voltak a jelenlét hiány próbán.

A rendelkezésre álló szakirodalom csak korlátozott információt nyújt a 300 MPa alatti nyomás hatékonyságáról a *Salmonella* inaktiválása tekintetében, függetlenül attól, hogy azt önmagában vagy enyhe hőkezeléssel kombinálva alkalmazzák gyümölcslevegekben, pürékben vagy turmixokban. A rendelkezésre álló kutatások a kórokozó túlélését 300 MPa feletti nagy hidrosztatikus nyomással kezelt eperalapú vagy más gyümölcsturmixokban vizsgálták. **Huang és munkatársai (2013)** 3 log TKE/g vagy 6 log TKE/g *Salmonella*-val beoltott eperpürét vizsgáltak. A 300 MPa-nál 2 percreg kezelt és alacsonyabb beoltási szinttel beoltott mintákban nem tudták kimutatni a *Salmonella*-t dúsítási módszerekkel, míg magasabb beoltási szintnél csak 350 MPa-nál, 2 perces nyomáskezeléssel tudták eltávolítani a *Salmonella*-t az eperpüréből. Más tanulmányok (≤ 300 MPa) arról számoltak be, hogy a HHP különböző mértékben képes inaktiválni a bakteriális kórokozókat különböző típusú gyümölcslevegekben vagy pürékben (**Xu et al., 2009; Erkmen, 2011; Velázquez-Estrada et al., 2011; Huang et al., 2013; Cao et al., 2014; Hurtado et al., 2015; Lee et al., 2023**). Ezek a tanulmányok kimutatták, hogy a *Salmonella* inaktiválása nyomásfüggő, azaz a magasabb nyomás nagyobb mértékű csökkenést eredményez a *Salmonella* populációkban. Fontos hangsúlyozni, hogy az eredmények a különböző tanulmányok között eltérhetnek, mivel azok különböző törzseket, különböző élelmiszer-mátrixokat, különböző kezelési hőmérsékleteket és időket alkalmaztak, ami rámutat a különböző termékekkel kapcsolatos egyedi kihívásokra reagáló, testreszabott módszerek szükségességére.

A savtűrés a *Salmonella* szerotípusok között gyakori jelenségnek tűnik (**Álvarez-Ordóñez et al., 2010, Álvarez-Ordóñez et al., 2012**), ami jelentős hatással van a *Salmonella* spp. túlélésére a gyümölcsalapú gyümölcslevegekben. Számos tanulmány bizonyította ezt, többek között **Goverd és munkatársai (1979)**, akik *S. Typhimurium* növekedését tapasztaltak almalében (pH 3,4–3,9), valamint **Zhuang és munkatársai (1995)**, akik *Salmonella* Montevideo növekedését figyelték meg paradicsom magszövetében (pH 4,1). Megállapították, hogy az élelmiszer-mátrix savassága jelentős szerepet játszik a HHP hatékonyságában. Az alacsonyabb pH-jú élelmiszerek, mint például az eperpüré (pH 3,6), fokozzák a *Salmonella* inaktiválását a HHP-kezelés alatt, mivel a savas körülmények képesek meggyengíteni a baktériumsejtek szerkezeti integritását, ezáltal azok érzékenyebbé válnak a nyomás okozta károsodásra (**Sreedharan et al., 2015; Lee et al., 2023**).

Jól ismert, hogy a nagy nyomású kezelések képesek megzavarni a membrán integritását és denaturálni a kulcsfontosságú fehérjéket és enzimeket. Míg a sejtek életképességének elvesztése körülbelül 180 MPa-nál következik be, az inaktiválódás mértéke exponenciálisan növekszik a nyomás növelésével. 300 MPa feletti nyomáson a fehérjék irreverzibilisen denaturálódnak, ami

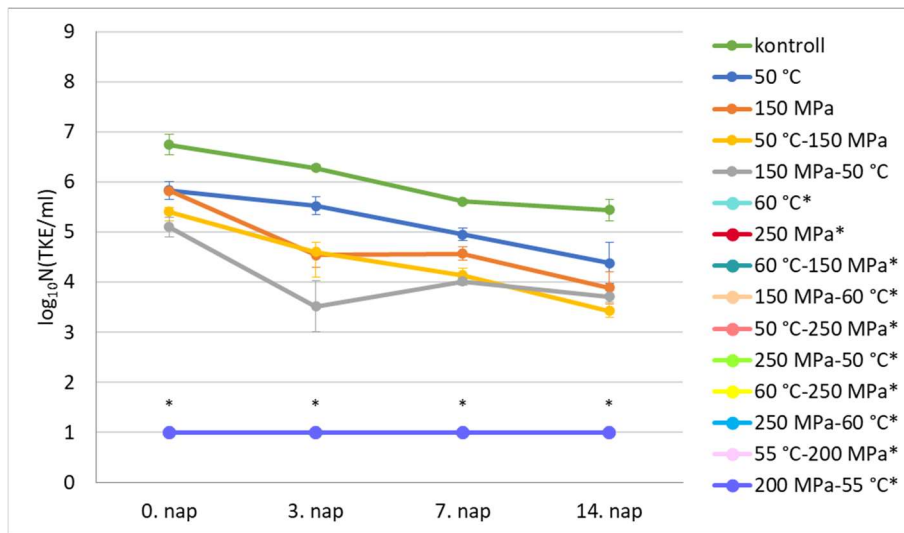
egyben a vegetatív sejtek többségének inaktiválásához szükséges nyomást jelenti (**Hurtado et al., 2016**). **Wang és munkatársai (2013)** megállapították, hogy az *S. enterica* sejtek életképessége jelentősen csökkent 300 MPa nyomáson, amely a sejtek szakadását eredményezte. SDS-PAGE segítségével egyértelmű különbséget mutattak ki a fehérjesávok mintázatában és koncentrációjában a kezeletlen és a HHP-vel kezelt *S. enterica* sejtek között. Ez arra utal, hogy a baktériumfehérjék a nyomáskezelés során károsodnak, ami a HHP inaktiválás egyik elsődleges mechanizmusa lehet. Eredményeik azt mutatták, hogy a hiperbárikus expozíció jelentősen megváltoztatja a sejtek morfológiai jellemzőit és a membránfehérjéket, ami végül a sejtek inaktiválásához vezet. Ebből következik, hogy valószínűleg szoros kapcsolat van a membránkárosodás kialakulása és az életképesség elvesztése között.

5.2.2.2. *A Salmonella szám időbeli változása a kéthetes tárolás során*

A *Salmonella* számok a kéthetes 6 °C-on történő tárolás során (**22. ábra**) csökkenő tendenciát mutattak. A kezelt minták *Salmonella* száma a tárolási idő végéig a kontroll minta alatt maradt, legyen szó egyszeresen vagy kombináltan kezelt mintáról. A kezelések közül a kombinált kezelések bizonyultak a legeredményesebbnek. Az önmagában alkalmazott hő- vagy nyomáskezelések közül a nyomáskezelés bizonyult hatásosabbnak.

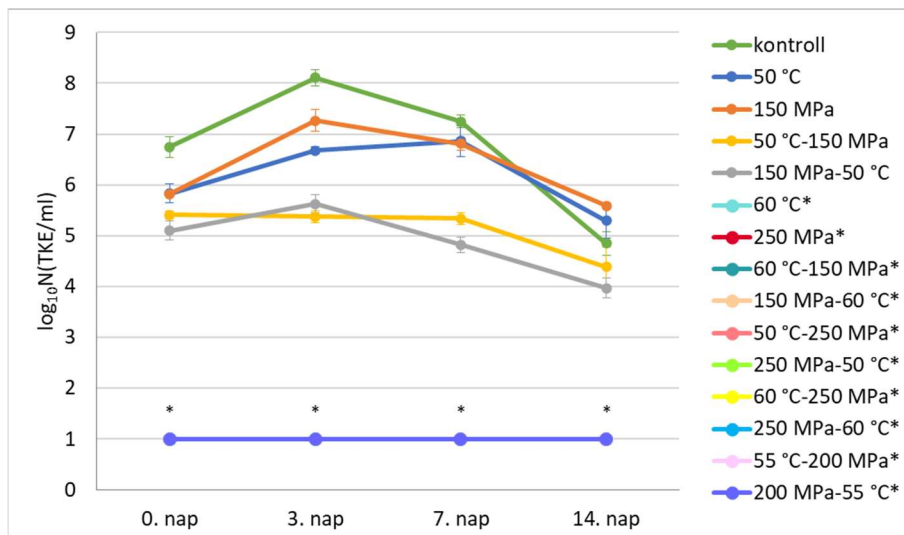
A 200 MPa-55 °C, 60 °C-150 MPa, 150 MPa-60 °C 50 °C-250 MPa 250 MPa-50 °C, 60 °C-250 MPa, 250 MPa-60 °C, 55 °C-200 MPa és 200 MPa-55 °C-on kezelt minták *Salmonella* száma kimutatási határ alatt maradt (vizsgált mintamennyiség: 1 ml), de a 200 MPa-55 °C, 55 °C-200 MPa és 50 °C-250 MPa-on kezelt minták esetében jelenlét-hiány próbával kimutatható volt (25 ml mintából).

Azon minták esetében, melyeknél a *Salmonella* szám nem kimutatási határ alatt volt, az 50 °C-150MPa-on kezelt minta kivételével, a kéthetes 15 °C -on történő tárolás során (**23. ábra**) kezdetben növekvő, majd a harmadik nap után csökkenő tendencia figyelhető meg. A kezdeti növekedés a kombináltan kezelt minták esetében jóval kisebb volt, mint azoknál a mintáknál, amik csak hő- vagy csak nyomáskezelést kaptak. Az 50 °C-150 MPa-on kezelt minta esetében egészen a 7. napig a *Salmonella* szám közel változatlan maradt. A kombináltan kezelt minták *Salmonella* száma a tárolási idő alatt végig a kontroll alatt maradt, azonban azokban a mintákban, amelyek csak hő- vagy csak nyomáskezelést kaptak a *Salmonella* szám már egy hét tárolást követően utolérte a kontrollt.



22. ábra: Beoltott smoothie minták *Salmonella* számának időbeli változása a 6 °C-os tárolás során.

* kimutátási határ alatt

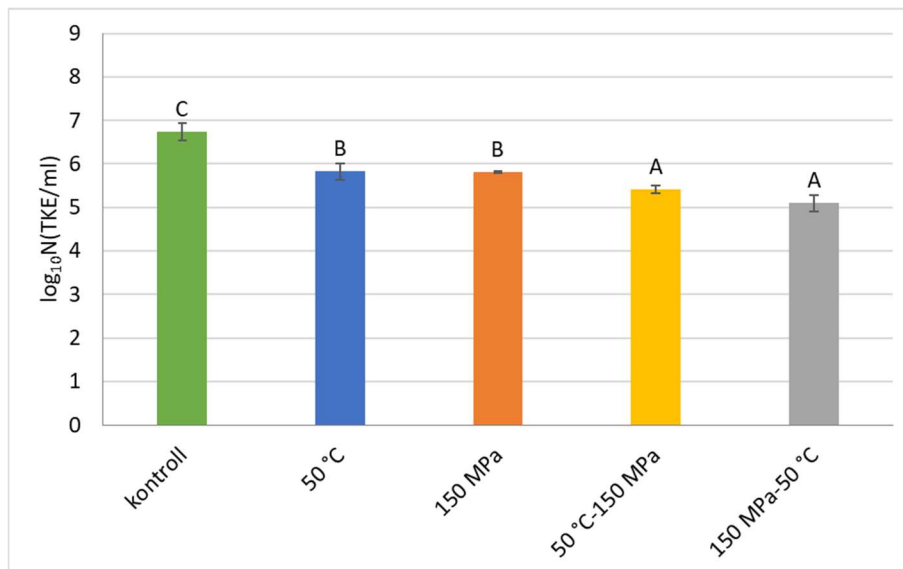


23. ábra: Beoltott smoothie minták *Salmonella* számának időbeli változása a 15 °C-os tárolás során.

* kimutátási határ alatt

5.2.2.3. A friss minták *Salmonella* számának alakulása

A friss minták esetében (24. ábra) az önmagában alkalmazott hőkezelés és az önmagában alkalmazott nyomáskezelés egy nagyságrenddel csökkentette a minták *Salmonella* számát, míg a két kezelés kombinációja közel 1,5-2 nagyságrendnyi csökkenést eredményezett. Bár az előbb nyomás- majd hőkezelt minta esetében kissé jobban csökkent a *Salmonella* szám, mint a fordított sorrendben kezelt párjánál, köztük nem volt szignifikáns különbség. Ugyancsak nem különböztek egymástól szignifikánsan a csak hő- vagy csak nyomáskezelt minták, viszont elmondható, hogy minden kezelt minta szignifikánsan különbözött a kontrolltól.



24. ábra: Friss smoothie minták *Salmonella* számának alakulása a kezelések hatására.

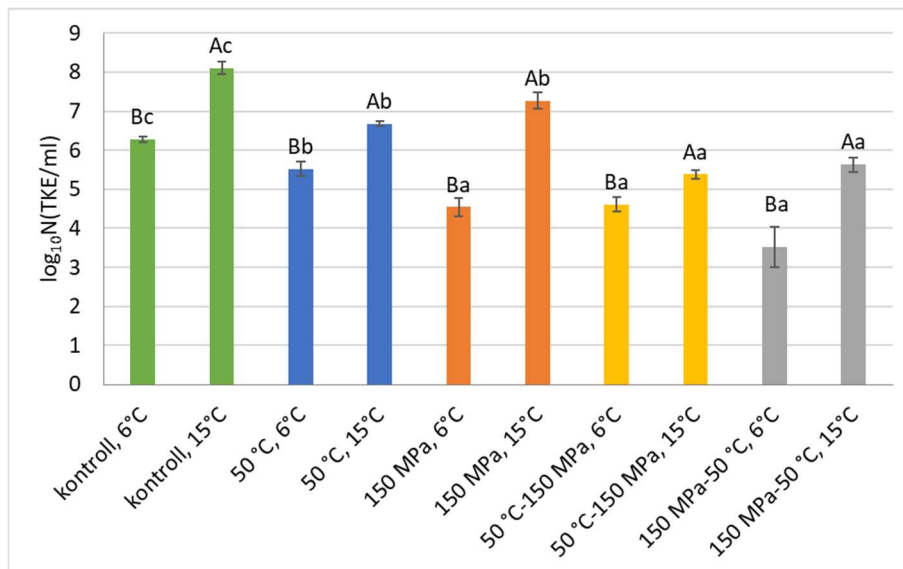
A különböző betűk szignifikánsan különböző csoportokat jelölnek (ANOVA, Tukey's post hoc teszt, $p < 0,05$).

5.2.2.4. A *Salmonella* számok értékelése a tárolási idő szerint csoportosítva

Ha a beoltott mintákat a tárolási idő szerint csoportosítva elemeztem (**25-27. ábra**), azt tapasztaltam, hogy bármely mintavételi időpontban (3, 7 vagy 14 nap) az azonos módon kezelt, különböző hőmérsékleten tárolt mintákat egymással összehasonlítva (azonos színű oszlopok összehasonlítása, nagybetűk), azok egyetlen egy esetben, a 14. napos, 150 MPa-50 °C-on kezelt minta esetében nem különböztek egymástól szignifikánsan, az összes többi esetben szignifikáns különbség volt a 6 °C és 15 °C-on tárolt minták között.

A 3 napig (**25. ábra**) 6 °C-on tárolt minták esetében (különböző színű, 6 °C-on tárolt minták összehasonlítása, kisbetűk) az önmagában alkalmazott nyomáskezelés hasonló alacsony szinten tudta tartani a *Salmonella* számot, mint a kombinált kezelések, azokat statisztikailag nem lehetett megkülönböztetni egymástól.

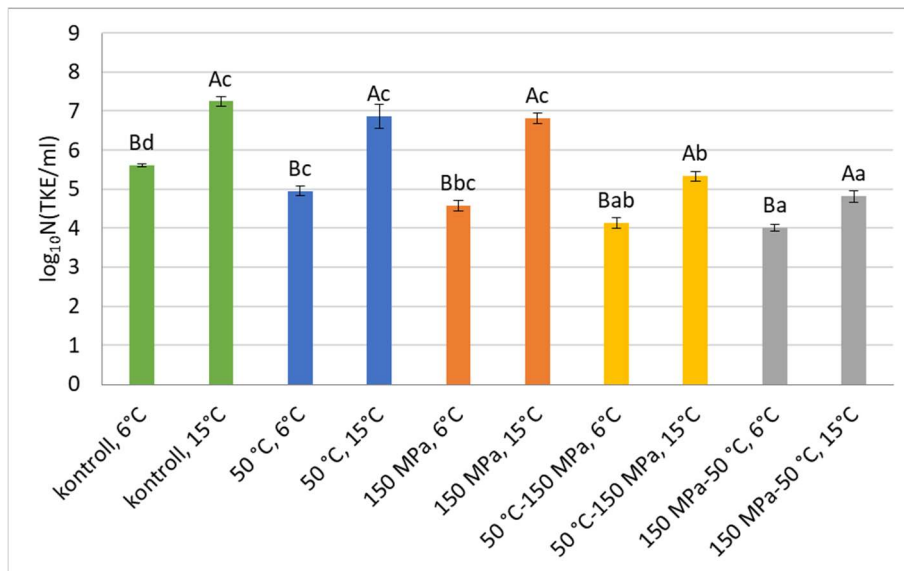
15 °C-on (különböző színű, 15 °C-on tárolt minták összehasonlítása, kisbetűk) az egyedi kezelések szignifikánsan különböztek a kombináltan kezelttől. A kontroll minta önálló csoportot alkotott. A két kombinált kezelés között sem az alacsonyabb, sem pedig a magasabb tárolási hőmérsékleten nem volt szignifikáns különbség.



25. ábra: 3 napig tárolt, beoltott smoothie minták *Salmonella* számának alakulása.

A különböző betűk szignifikánsan különböző csoportokat jelölnek (kettényezős ANOVA, Games-Howell post hoc teszt, $p < 0,05$). nagybetűk: tárolási hőmérsékletek összehasonlítása rögzített kezeléson belül; kisbetűk: kezelések összehasonlítása rögzített tárolási hőmérsékleten belül.

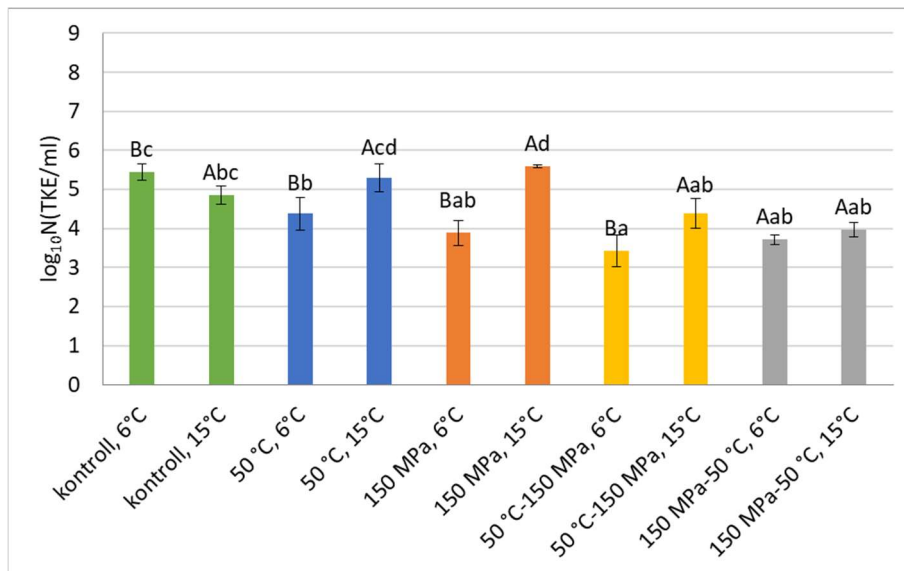
A **26. ábra** a 7 napig tárolt minták *Salmonella* számának alakulását mutatja be. A 7 napig 6 °C-on tárolt kezelt mintákat összehasonlítva (különböző színű, 6 °C-on tárolt minták összehasonlítása, kisbetűk) megállapítható, hogy valamennyi kezelt minta szignifikánsan különbözött a kontrolltól. A kezelt minták közül az 50 °C-on kezelt és a 150 MPa-50 °C-on kezelt minta volt egymástól megkülönböztethető, a két egyszeres kezelés, valamint a két kombinált kezelés között nem lehetett statisztikailag különbséget tenni. Ellenben a 15 °C-on tárolt mintáknál (különböző színű, 15 °C-os tárolt minták összehasonlítása, kisbetűk) a 7. napra az egyszeresen kezelt minták már nem különböztek szignifikánsan a kontrolltól. A kombináltan kezelt minták egyértelműen jobban teljesítettek, viszont köztük a sorrendet tekintve szignifikáns különbség volt. Az a kezelés bizonyult hatásosabbnak, amikor először nyomás, majd hőkezelést alkalmaztam.



26. ábra: 7 napig tárolt, beoltott smoothie minták Salmonellaszámának alakulása.

A különböző betűk szignifikánsan különböző csoportokat jelölnek (kéttényezős ANOVA, Games-Howell post hoc teszt, $p < 0,05$). nagybetűk: tárolási hőmérsékletek összehasonlítása rögzített kezelésen belül; kisbetűk: kezelések összehasonlítása rögzített tárolási hőmérsékleten belül.

A 14. napig (**27. ábra**) 6 °C-on tárolt minták esetében (különböző színű, 6 °C-on tárolt minták összehasonlítása, kisbetűk) a szignifikáns különbség megmaradt a kezelt és a kontroll minták között. A kezelések hatékonyságát tekintve, már nem volt olyan számottevő különbség az egyszeresen és a kombináltan kezelt minták között, amit a statisztikai elemzés is alátámasztott. A TP és PT kezelt minták sem egymástól, sem az egyszeresen kezelt mintáktól nem különböztek szignifikánsan. 15 °C-on a kombináltan kezelt minták jelentősen jobban teljesítettek, mint az egyszeresen kezelték, azonban köztük nem volt szignifikáns különbség (különböző színű, 15 °C-on tárolt minták összehasonlítása, kisbetűk).



27. ábra: 14 napig tárolt, beoltott smoothie minták Salmonellaszámának alakulása.

A különböző betűk szignifikánsan különböző csoportokat jelölnek (kettényezős ANOVA, Tukey's post hoc teszt, $p < 0,05$). nagybetűk: tárolási hőmérsékletek összehasonlítása rögzített kezeléson belül; kisbetűk: kezelések összehasonlítása rögzített tárolási hőmérsékleten belül.

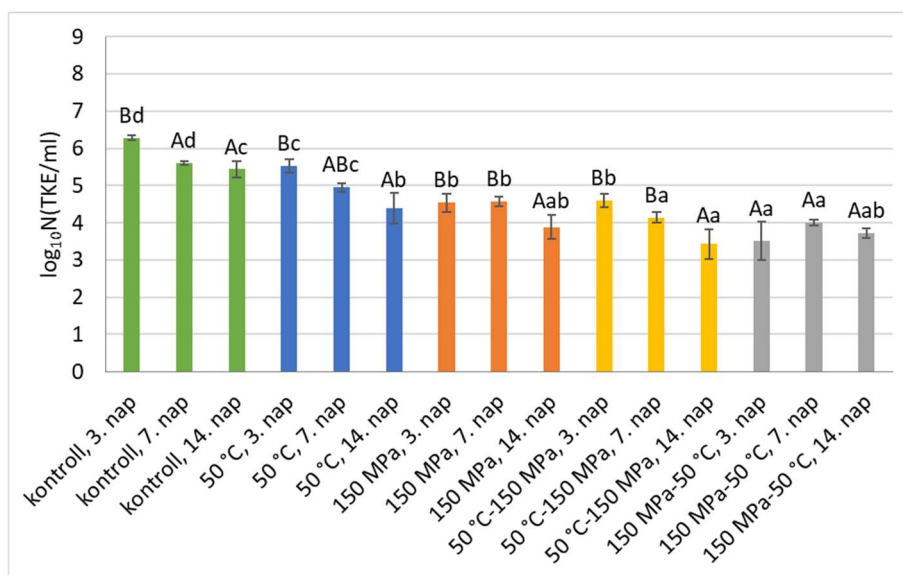
Összességében megállapítható, hogy azok közül a minták közül, melyeknél számolható volt a *Salmonella* szám a kombinált kezelések eredményezték a legalacsonyabb *Salmonella* számot mind a három mintavételi napon és mind a két tárolási hőmérsékleten. A kezelések sorrendjét illetően a 7. napon magasabb hőmérsékleten tárolt PT-kezelés szignifikánsan jobb, mint a fordított sorrendben kezelt párja.

5.2.2.5. *Salmonella* számok értékelése a tárolási hőmérséklet szerint csoportosítva

Ha a mintákat a tárolási hőmérséklet szerint csoportosítva elemeztem (lásd **28-29. ábra**), a 6 °C-on tárolt minták esetében (**28. ábra**) megállapítottam, hogy a különböző ideig tárolt, azonos kezeléson átesett mintákat egymással összehasonlítva (azonos színű oszlopok összehasonlítása, nagybetűk), egyedül a 150 MPa-50 °C-on kezelt mintánál nem tapasztaltam szignifikáns eltérést a 3, 7 és 14 napig tárolt minták között. A fordított sorrendben kezelt, illetve a csak hő- vagy csak nyomáskezelt mintáknál a 3 és 7 napos tárolás hasonló *Salmonella* számot eredményezett, azonban a 14. napra mind a három esetben csökkent a *Salmonella* szám. A kontroll mintánál a 3 napos minta különbözött szignifikánsan az egy és két hétig tárolt mintáktól.

Ha az azonos ideig tárolt, különböző kezeléson átesett mintákat hasonlítottam össze (azonos ideig tárolt, különböző színű minták összehasonlítása, kisbetűk), akkor a 3, 7 és 14 napos tárolás estében is igaz, hogy a kontroll minták *Salmonella* száma szignifikánsan különbözött a többi mintáétól. Az eltérő sorrendben hő- és nyomáskezelt minták között viszont csak a 3. napon volt kimutatható szignifikáns különbség. A 3. napon azon minta esetén mértük a legalacsonyabb *Salmonella*

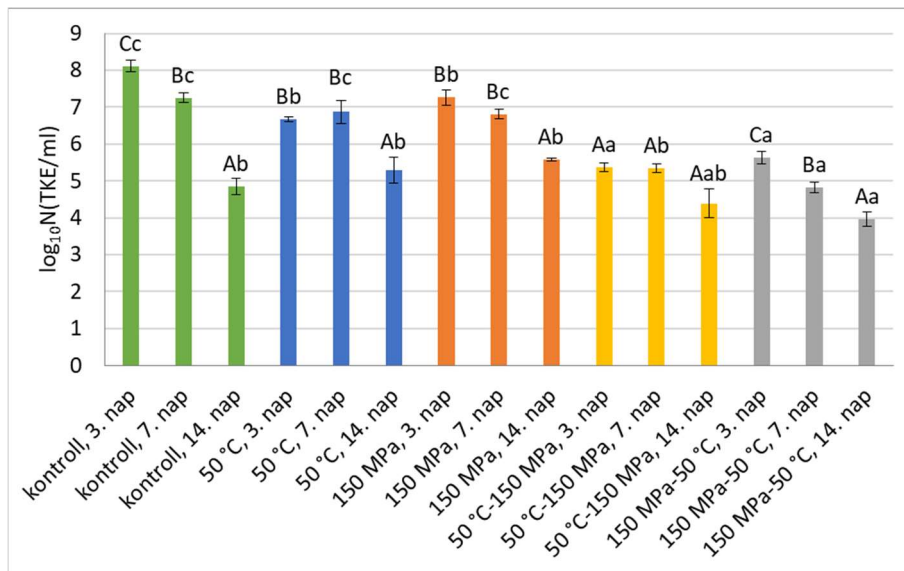
számot, ami először nyomás, majd hőkezelést kapott, a fordított sorrendben alkalmazott kezelés hatékonysága a nyomáskezelés hatékonyságával egyezett meg.



28. ábra: Beoltott smoothie minták Salmonellaszámának alakulása a 6 °C-os tárolt hatására.

A különböző betűk szignifikánsan különböző csoportokat jelölnek (kéttényezős ANOVA, Tukey's post hoc teszt, $p < 0,05$). nagybetűk: tárolási idők összehasonlítása rögzített kezelésen belül; kisbetűk: kezelések összehasonlítása rögzített tárolási időn belül.

Ha a 15 °C-on tárolt (**29. ábra**), azonos módon kezelt mintákat hasonlítottam össze egymással (azonos színű oszlopok összehasonlítása, nagybetűk), akkor a kontroll és a 150 MPa-50 °C-on kezelt minta esetében folyamatos szignifikáns csökkenés figyelhető meg a tárolási idő alatt, míg az 50 °C-150 MPa-on kezelt minta esetében a három mintavételi időpontban mért *Salmonella* számok között nem volt szignifikáns különbség. Az önmagában alkalmazott hő- vagy nyomáskezelések a 3. napon még szignifikánsan különböző eredményt adtak a kontrollhoz viszonyítva, azonban hatásuk már sem a 7., sem a 14. napon nem érződött (azonos ideig tárolt, különböző színű minták összehasonlítása, kisbetűk). A kombináltan kezelt mintákat tekintve az egy hétig tároltak között szignifikáns különbség volt, a PT-kezelés bizonyult eredményesebbnek.



29. ábra: Beoltott smoothie minták *Salmonella* számának alakulása a 15 °C-os tárolt hatására.

A különböző betűk szignifikánsan különböző csoportokat jelölnek (kéttényezős ANOVA, Games-Howell post hoc teszt, $p < 0,05$). nagybetűk: tárolási idők összehasonlítása rögzített kezeléson belül; kisbetűk: kezelések összehasonlítása rögzített tárolási időn belül.

A tapasztaltakat összegezve megállapítható, hogy a magasabb tárolási hőmérsékleten a kezelt minták *Salmonella* száma a tárolás során kezdetben magas, majd az idő előrehaladtával egyre alacsonyabb értékre csökkent, ehhez képest alacsonyabb tárolási hőmérséklet mellett viszonylag állandó maradt. A kezelések közül a PT és TP kombinációk voltak a leginkább hatékonyak és a kezelési sorrendnek is szerepe volt. Alacsonyabb tárolási hőmérsékleten a 3 napig tárolt, magasabb tárolási hőmérsékleten a 7 napig tárolt minták között volt szignifikáns különbség, a PT kezelési sorrend volt a hatékonyabb.

5.2.2.6. A *Listeria monocytogenes* szám időbeli változása a kéthetes tárolás során

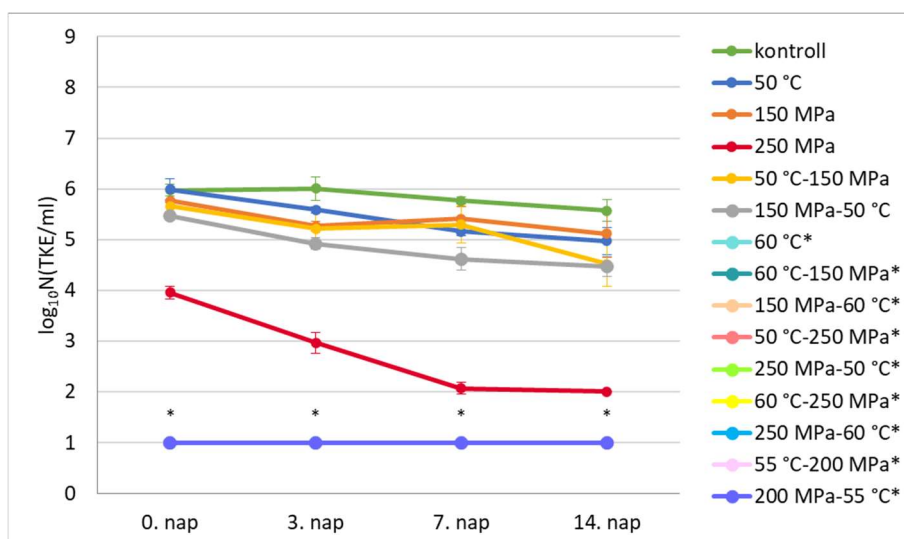
A *Listeria monocytogenes* esetében csak a kontroll, 50 °C-on, 150 MPa-on, 50 °C-150 MPa-on, 150 MPa-50 °C-on, valamint a 250 MPa-on kezelt mintáknál volt számolható az eredmény, a többi mintánál kimutatási határ alatt maradtak a *Listeria* számok.

A *Listeria monocytogenes* számok a 6 °C-os és a 15 °C-os, kéthetes tárolás során is csökkenő tendenciát mutattak (30-31. ábra). Mind a két tárolási hőmérsékleten a 250 MPa-os kezelés volt a leghatásosabb azok közül a minták közül, melyeknél a *Listeria monocytogenes* szám nem kimutatási határ alatt volt, még az alacsonyabb nyomás értékű kombinált kezeléseknél is nagyobb mértékű csökkenést eredményezett. A kontrollhoz képest kezdetben 2, a tárolás végére 4 nagyságrenddel volt kisebb a *Listeria monocytogenes* szám annál a mintánál, melynél 250 MPa-os nyomáskezelést alkalmaztam, ellenben az 50 °C-os, 150 MPa-os, 50 °C-150 MPa-os és 150 MPa-50 °C-os kezeléssel, amiknél csupán 0,5-1 nagyságrendnyi csökkenést figyeltem meg. Az elért csökkenés összehasonlítható Scolari és munkatársai (2018) eredményeivel, akik a

legmagasabb sejttelítást (6,0 log TKE/ml) 300 MPa-os nyomáskezelést 50 °C hőkezeléssel kombinálva érték el. Ezen felül összhangban áll **Zacconi és munkatársai (2015)** eredményeivel is (5,16 log sejtsökkenés), akik gyümölcsös turmixokat kezeltek 229 MPa nyomáson és 45 °C hőmérsékleten.

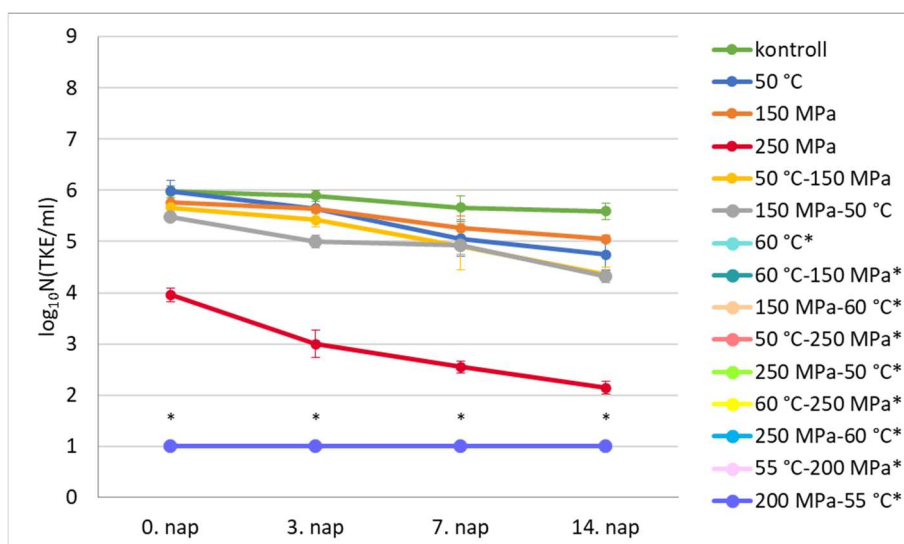
Alacsonyabb tárolási hőmérsékleten a kombinált kezelések közül az volt eredményesebb, amelynél előbb nyomás, majd hőkezelést alkalmaztunk és ugyanez a megállapítás magasabb tárolási hőmérsékletre is érvényes, de csak a 3. napig, utána az eltérő sorrendben alkalmazott hő és nyomáskezelések hasonló eredményeket hoztak.

Összeségében megállapítható, hogy nem volt szignifikáns különbség az önmagában és a kombinációban alkalmazott 50 °C-os hőkezelés és a 150 MPa-os nyomáskezelés *Listeria monocytogenes*-re gyakorolt hatása között. Az is megfigyelhető, hogy a *Listeria* esetében nem volt jelentős hatása a tárolási hőmérsékletnek, ami a pszichrotrof tulajdonságának köszönhető.



30. ábra: Beoltott smoothie minták *Listeria monocytogenes* számának időbeli változása a 6 °C-os tárolás során.

* kimutatási határ alatt



31. ábra: Beoltott smoothie minták *Listeria monocytogenes* számának időbeli változása a 15 °C-os tárolás során.

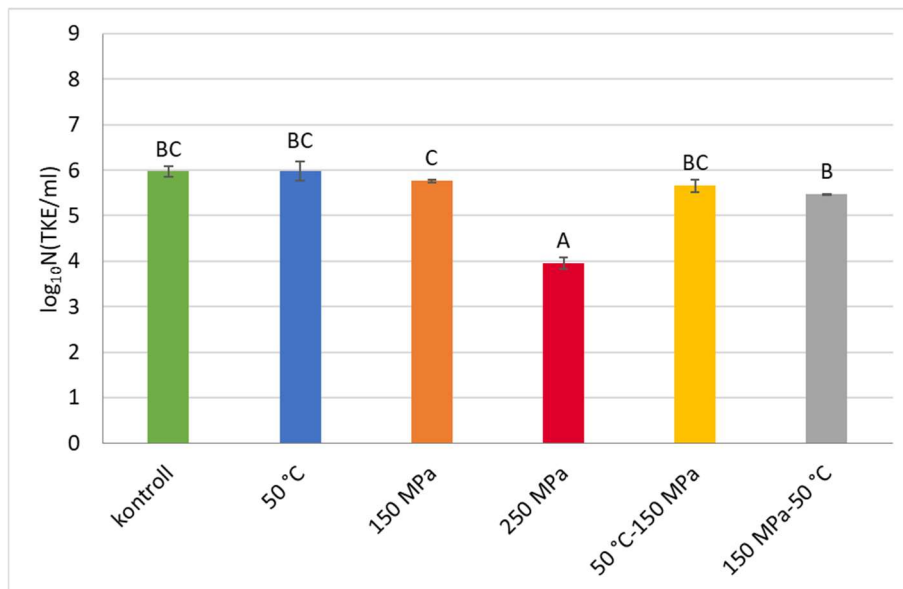
* kimutatási határ alatt

A *Listeria monocytogenes*-szel beoltott minták közül a kórokozó csak a kontroll, 50 °C, 150 MPa, 50 °C-150 MPa, 150 MPa-50 °C és 250 MPa mintákban volt kimutatható, míg a többi mintában kimutatási határ alatt maradt. A 300 MPa alatti HHP-kezelés hatékonyságát a *Listeria* inaktiválására gyümölcslevekben, pürékben vagy turmixokban csak korlátozott számú tanulmány vizsgálta, legyen szó akár önmagában, akár enyhe hőkezeléssel kombinált nyomáskezelésről. A gyümölcslevekben, pürékben és turmixokban végzett *Salmonella*-tesztekhez hasonlóan a legtöbb rendelkezésre álló cikk a 300 MPa feletti nagy hidrosztatikus nyomással kezelt kórokozó túlélését vizsgálja jellemzően 300 MPa és 600 MPa közötti tartományban, amelyek jelentősebb csökkenést eredményeztek a *Listeria monocytogenes* populációjában gyümölcs smoothie-kban (Erkmen és Doğan, 2004; Koseki és Yamamoto, 2006; Scolari et al., 2015; González-Tejedor et al., 2023; Lee et al., 2023).

Buzrul és munkatársai (2008) 300 MPa nyomáson, 20 °C-on, 5 percig tartó nyomáskezelést alkalmaztak az *Escherichia coli* O157:H7 és a *Listeria innocua* inaktiválására. Ugyanazzal a kezeléssel kivételben 4 log csökkenést, ananászlében viszont csak 1 log csökkenést értek el. Barba és munkatársai (2014) legalább 5 log csökkenést értek el a *L. monocytogenes* baktériumok számában egy puffereelt gyümölcs kivonatban, amikor azt 300 MPa-nál nagyobb nyomásnak tették ki 5 percnél hosszabb ideig.

5.2.2.7. A friss minták *Listeria monocytogenes* számának értékelése

A 32. ábra a friss minták *Listeria monocytogenes* számának alakulását mutatja be. A friss minták esetében az alkalmazott kezelések egy kivétellel - 250 MPa-os kezelés - nem különböztek szignifikánsan a kontrolltól, nem csökkentették jelentősen a *Listeria monocytogenes* számot.



32. ábra: Friss, beoltott smoothie minták *Listeria monocytogenes* számának alakulása a kezelések hatására.

A különböző betűk szignifikánsan különböző csoportokat jelölnek (egytényezős ANOVA, Games-Howell post hoc teszt, $p < 0,05$).

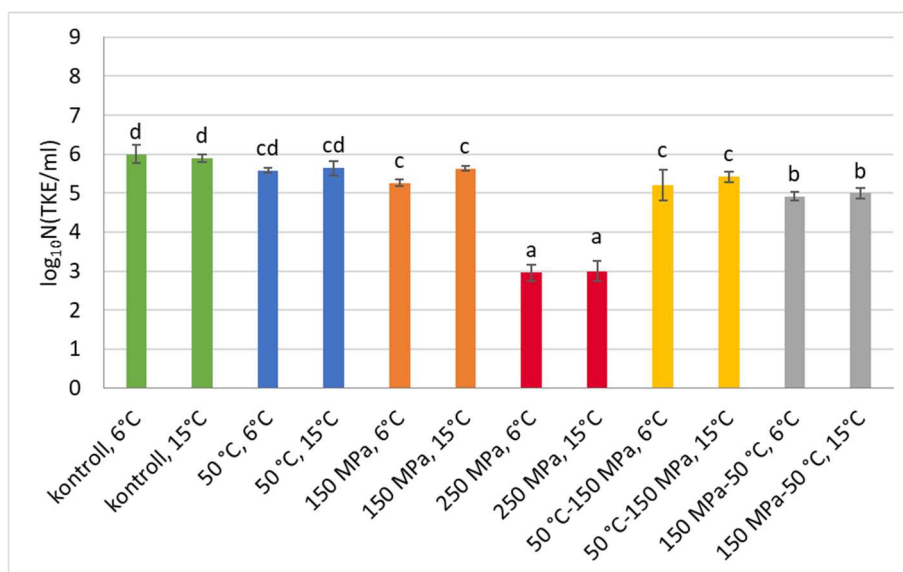
5.2.2.8. *Listeria monocytogenes* számok értékelése a tárolási idő szerint csoportosítva

A 3., 7. és 14. napos minták esetében csak a kezeléseknek volt szignifikánsa hatása, ezért az eredmények értékelése ez esetben egytényezős ANOVA-val, majd Tukey's féle post hoc tesztel történt.

A 3 napig tárolt mintákat összehasonlítva (**33. ábra**), a csak hőkezelt nem különböztek szignifikánsan a kontrolltól. Ellenben azok a minták, melynél csak nyomáskezelést alkalmaztunk szignifikánsan különböztek a kontrolltól, viszont a csak hőkezelt mintáktól nem és az önmagában alkalmazott nyomáskezelés hatása megegyezett az 50 °C-150 MPa-os kezelésével. A kombinált kezelések között statisztikailag különbséget tudunk tenni, a két eltérő sorrendben alkalmazott kezelés közül a PT kezelés eredményezett szignifikánsan alacsonyabb *Listeria monocytogenes* számot. A 250 MPa-os kezelés valamennyi másik kezeléstől szignifikánsan különbözött.

Néhány tanulmány szintén hasonló eredményről számol be, miszerint a HHP utáni enyhe hőkezelés fokozza a mikroba-inaktíváló hatást. **Russell (2002)** kimutatta, hogy a HHP utáni enyhe hőkezelés gátolja a baktériumok szaporodását tárolás közben. Ez az eredmény azzal magyarázható, hogy a hő gyengíti a membránmolekulák közötti molekuláris erőket, ezáltal megakadályozva a nyomás által károsított membránok regenerálódását. Az eredményeket azonban még tisztázni kell, és további molekuláris szintű vizsgálatokra van szükség ennek a hatásmechanizmusnak a megállapításához. **Koseki és munkatársai (2007)** arról számoltak be, hogy a nagy hidrosztatikus nyomású kezelés (550 MPa, 5 percig) utáni enyhe hőkezelés (37–50

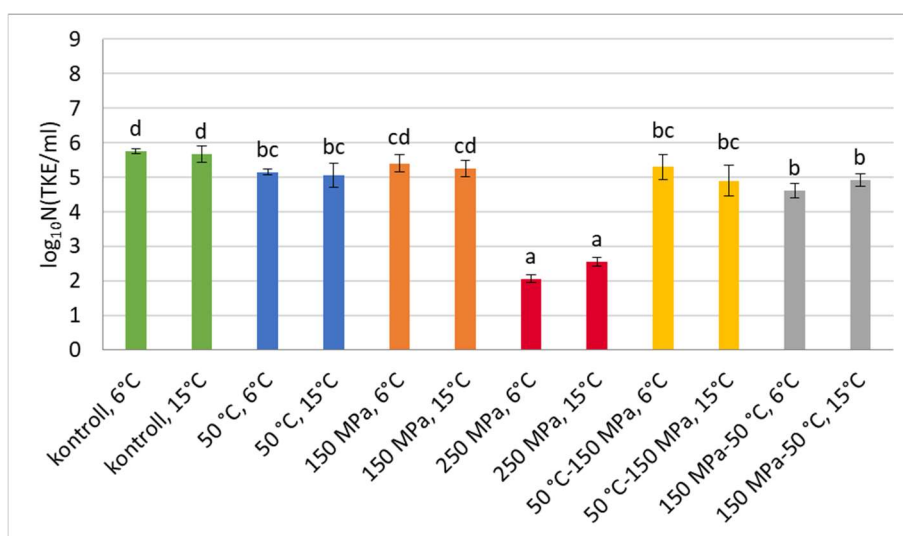
°C) teljesen gátolta a *Listeria monocytogenes* regenerálódását 25 °C-on, akár 70 napos tárolás során is.



33. ábra: 3 napig tárolt smoothie minták *Listeria monocytogenes* számának alakulása.

A különböző betűk szignifikánsan különböző csoportokat jelölnek (ANOVA, Tukey's post hoc teszt, $p < 0,05$).
kisbetűk: kezelések összehasonlítása.

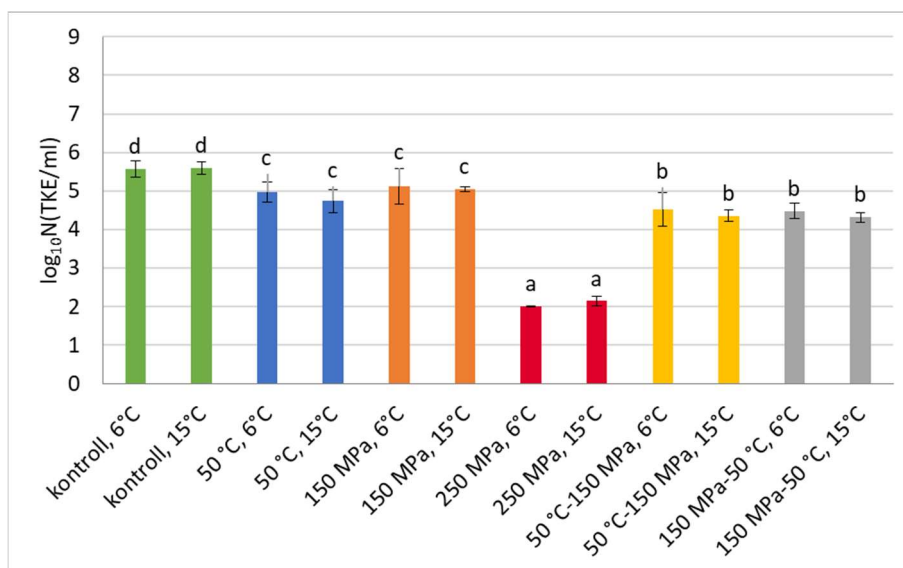
A 7 napig tárolt minták esetében (**34. ábra**) a csak nyomáskezelt minták nem különböztek szignifikánsan a kontrolltól, valamint a csak hőkezelt és a TP-kezelt mintától. Az önmagában alkalmazott hőkezelés hatása megegyezett a TP-kezeléssel, de nem különbözött a fordított sorrendben alkalmazott kezeléstől sem. Ez esetben nem tudtuk megkülönböztetni a TP és PT kezelést egymástól statisztikailag. A 250 MPa-on kezelt minta szignifikánsan különbözött valamennyi másik mintától.



34. ábra: 7 napig tárolt smoothie minták *Listeria monocytogenes* számának alakulása.

A különböző betűk szignifikánsan különböző csoportokat jelölnek (egytényezős ANOVA, Tukey's post hoc teszt, $p < 0,05$). kezelések összehasonlítása.

A 14. napig tárolt mintáknál (**35. ábra**) valamennyi kezelt minta szignifikánsan különbözött a kontrolltól. Az egyszeres kezelések hatása nem különbözött szignifikánsan, és ugyanez a megállapítás mondható el a kombinált kezelésekről is, de a kombinált kezelések szignifikánsan alacsonyabb *Listeria monocytogenes* számokat eredményeztek, mint az önmagában alkalmazott hő- vagy nyomáskezelések. A 250 MPa-on kezelt minta a kéthetes tárolást követően is szignifikánsan különbözött a többi mintától.



35. ábra: 14 napig tárolt smoothie minták *Listeria monocytogenes* számának alakulása.

A különböző betűk szignifikánsan különböző csoportokat jelölnek (egytényezős ANOVA, Tukey's post hoc teszt, $p < 0,05$). kezelések összehasonlítása.

Összefoglalva az imént bemutatott eredményeket, azoknál a mintáknál, melyeknél számolható volt a *Listeria monocytogenes* szám, a tárolási hőmérsékletnek nem volt szignifikáns hatása, a minták mind alacsonyabb, mind magasabb tárolási hőmérsékleten ugyanabba a csoportba kerültek. A 250 MPa-os kezelés bizonyult a leghatékonyabbnak, hatása a vizsgált tárolási idő alatt állandónak mondható. A kombinált kezelések sorrendjét illetően a 3. napon a PT sorrend volt jobb, mint a TP sorrendű kezelés.

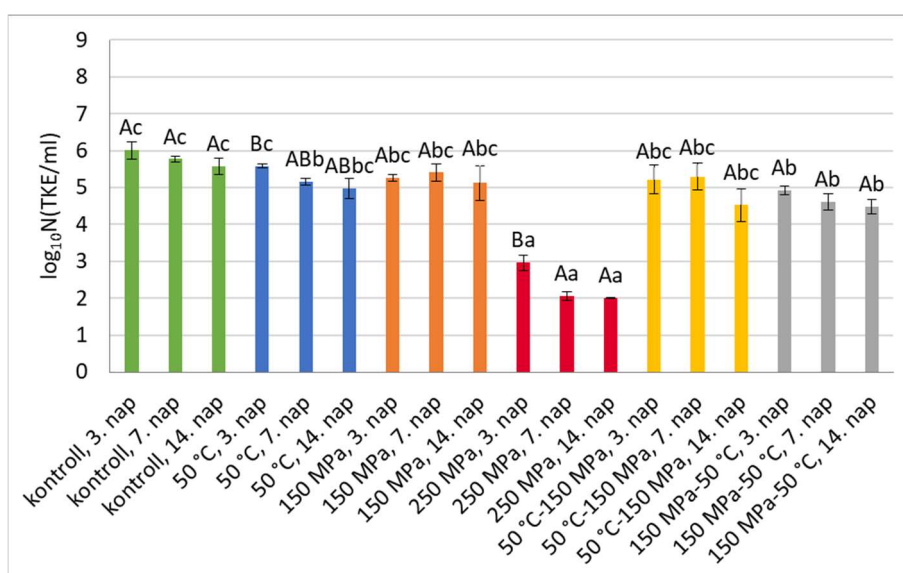
5.2.2.9. *Listeria monocytogenes* számok értékelése a tárolási hőmérséklet szerint csoportosítva

Ha a tárolási hőmérséklet szerint csoportosítva elemeztem a mintákat, 6 °C-os tárolás esetében (**36. ábra**), az azonos módon kezelt, különböző időpontokban vizsgált minták közül (azonos színű oszlopok összehasonlítása, nagybetűk), a 250 MPa-on kezelt minták kivételével nem volt szignifikáns különbség a 3, 7 és 14 napig tárolt minták között.

Az azonos ideig tárolt, különböző módokon kezelt mintákat összehasonlítva (különböző színű, azonos ideig tárolt minták összehasonlítása, kisbetűk) a 3, 7 és 14 napos tárolás esetében is

ugyanúgy rendeződtek csoportokba a minták, egyedül az 50 °C-on kezelt minta került másik csoportba a Games-Howell post hoc teszt során a 3. napon, mint a 7.-en és a 14.-en. A 3. napon az 50 °C-on kezelt minta a kontrollal egy csoportba került és nem különbözött szignifikánsan a 150 MPa-on, az 50 °C-150 MPa-on kezelt mintától sem. A 7. napon az 50 °C-on kezelt minta szignifikánsan különbözött a kontrolltól, viszont nem különbözött szignifikánsan a 150 MPa-on, az 50 °C-150 MPa-on, valamint a 150 MPa-50 °C-on kezelt mintától, utóbbival egy csoportot alkotott. A 14. napon az 50 °C-on kezelt minta a 150 MPa-on és az 50 °C-150 MPa-on kezelt mintával került egy csoportba, valamint nem különbözött a kontroll és a 150 MPa-50 °C-on kezelt mintától sem.

A kombináltan kezelt minták között nem tudtam szignifikáns különbséget tenni. A 250 MPa-on kezelt minta azonban valamennyi mintától különbözött mind a 3 vizsgált időpontban.

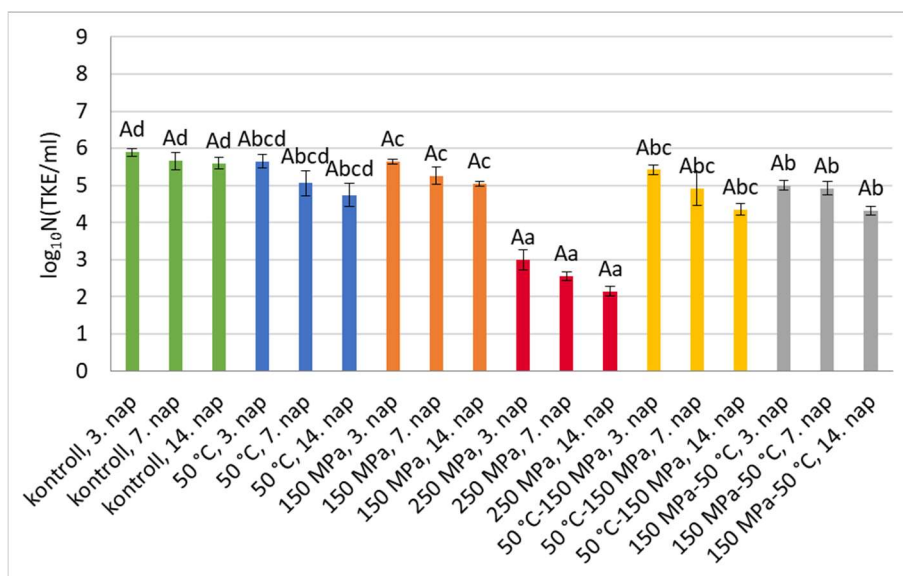


36. ábra: Beoltott smoothie minták *Listeria monocytogenes* számának alakulása a 6 °C-os tárolás során.

A különböző betűk szignifikánsan különböző csoportokat jelölnek (kétféle ANOVA, Games-Howell post hoc teszt, $p < 0,05$). nagybetűk: tárolási idők összehasonlítása rögzített kezeléson belül; kisbetűk: kezelések összehasonlítása rögzített tárolási időn belül.

A 15 °C-on tárolt minták esetében (**37. ábra**) nem volt szignifikáns az interakció a főhatások között, de külön-külön hatásuk szignifikáns volt, ezért ez esetben ANOVA segítségével történt az értékelés. A kezelések hatását vizsgálva (kisbetűk) a kontroll és az 50 °C-on kezelt minták nem különböztek egymástól szignifikánsan. Ugyancsak nem volt szignifikáns különbség az önmagában alkalmazott hő és nyomáskezelés, illetve a két kombinált kezelés között, de a 150 MPa-on kezelt minta és a 150 MPa-50 °C-on kezelt minta között igen. A 250 MPa-on kezelt minták szignifikánsan különböztek a többi mintától.

A 15 °C-on különböző ideig (3, 7 és 14 napig) tárolt mintákra végzett összehasonlítás nem mutatott szignifikáns eltérést egyetlen egy esetben sem (nagybetűk).



37. ábra: Beoltott smoothie minták *Listeria monocytogenes* számának alakulása a 15 °C-os tárolás során.

A különböző betűk szignifikánsan különböző csoportokat jelölnek. nagybetűk: tárolási idők összehasonlítása (ANOVA, Games-Howell post hoc teszt, $p < 0,05$), kisbetűk: kezelések összehasonlítása (ANOVA, Tukey's post hoc teszt, $p < 0,05$).

A tárolási hőmérséklet szerint csoportosított minták elemzését összegezve, a 15 °C-os tárolási hőmérséklet stabil környezetnek bizonyult a *Listeria monocytogenes* számára, mivel egyik kezelés esetén sem romlik vagy javul szignifikánsan a *Listeria* szám a kéthetes tárolási időszak alatt. Az elemzett kezelések közül a 250 MPa-os kezelés volt leghatékonyabb alacsonyabb és magasabb tárolási hőmérsékleten egyaránt. Bár a kombinált kezelések közül a PT számszerűleg jobban teljesített (PT - b csoport, TP – bc csoport), statisztikai szempontból nem lehet kijelenteni, hogy a nyomáskezelést a hőkezelés előtt alkalmazva szignifikánsan jobb eredményt kaptunk alacsonyabb és magasabb tárolási hőmérsékleten is. A 15 °C-os 150 MPa-50 °C-os és 150 MPa-os kezelés kivételével ugyancsak nem lehetett különbséget tenni az egyszeres (250 MPa kivétel) és a kombinált kezelések között sem.

A vizsgálatok eredményei alapján megállapítható, hogy a *Salmonella* a *Listeria monocytogenes*-hez képest fokozott érzékenységet mutatott az alkalmazott kezelésekre. Hasonlóan Xu és munkatársai (2009) tanulmányához, akik szintén ugyanerre az eredményre jutottak, amikor *S. enterica* és *L. monocytogenes* baktériumokat vizsgáltak ionmentes vízben, narancslében és paradicsomlében, 300 MPa-s kezelés után.

A smoothie mintákkal végzett mikrobiológiai vizsgálatok alapján a 250 MPa-os nyomáskezelés és a 60 °C-os enyhe hőkezelés kombinációja mellett, hogy az összmikrobaszám értéket alacsony szinten tudta tartani, mikrobiológiai élelmiszerbiztonsági szempontból is megfelelőnek bizonyult. A vizsgált két patogén mikroorganizmus (*Salmonella* és *Listeria monocytogenes*) a kezelések sorrendjétől függetlenül nem volt kimutatható egyik esetben sem, ezért a további vizsgálatokhoz (érzékszervi bírálat, viszkozitás mérés, színmérés, összes monomer antocianin-tartalom, antioxidáns kapacitás, összes polifenol-tartalom) ennek a két kezelésnek a kombinációját választottam ki és alkalmaztam a termék elkészítése során, melyet a továbbiakban csak 6 °C-on tároltam.

5.3. A smoothie érzékszervi tulajdonságainak értékelése

5.3.1. Érzékszervi bírálat eredményei

A mikrobiológiai eredmények alapján kiválasztott beoltatlan mintákat érzékszervi bírálatnak vettem alá, amelynek eredményeit a **8. táblázat** mutatja be. A bírálók szerint a két hétig tárolt kontroll minta volt a legsűrűbb, és a 60 °C-250 MPa és 250 MPa-60 °C-on kezelt minták voltak a leghígabbak. A két hétig tárolt kontroll minta jelentősen különbözött a többi mintától, kivéve a 250 MPa-60 °C-on kezelt és két hétig tárolt mintát. A legalacsonyabb rangsorszámokat a friss minták kezelt változatai kapták, ami azt jelzi, hogy a bírálók ezeket a mintákat érzékelték a legkevésbé sűrűnek. A friss kontroll minták valamivel nagyobb sűrűséget mutattak, mint a kezelt minták, ami azt jelzi, hogy a kezelések a minták sűrűségének csökkenését eredményezték. A tárolt minták minden esetben magasabb rangsorszámot kaptak, vagyis a bírálók szerint ezek a minták kedvezőtlenebb tulajdonságokkal rendelkeznek. A kezeletlen minta kapta a legmagasabb rangsorszámot, szignifikánsan különbözött valamennyi mintától. Megállapítható, hogy a kezelések stabilizálni tudták a smoothie-k textúráját. A 60 °C-250 MPa-os kezelés hatékonyabbnak tűnik a smoothie eredeti textúrájának megőrzésében a kéthetes tárolási időszak alatt, de statisztikailag nem különbözött a fordított sorrendben kezelt párjától.

8. táblázat: A minták rangsorának összegei minden vizsgált érzékszervi jellemző esetében. A különböző betűk szignifikánsan különböző csoportokat jelölnek.

	Friss minták			14 napig 6 °C-on tárolt minták		
	Kontroll	60 °C-250 MPa	250 MPa-60 °C	Kontroll	60 °C-250 MPa	250 MPa-60 °C
Állomány	60 ^{ab}	47 ^a	47 ^a	115 ^c	67 ^{ab}	84 ^{bc}
Szín	71 ^b	51 ^{ab}	33 ^a	87 ^b	87 ^b	91 ^b
Illat	77 ^{ab}	74 ^{ab}	89 ^b	80 ^b	46 ^{ab}	54 ^{ab}
Íz	105 ^b	91 ^b	97 ^b	44 ^a	40 ^a	43 ^a
Kedveltség	102 ^c	96 ^{bc}	89 ^{bc}	32 ^a	49 ^a	52 ^a

A 250 MPa-60 °C-on kezelt friss minta volt a legkevésbé barnás színű, míg a két hétig tárolt, azonos módon kezelt minta tűnt a legbarnábbnak. Szignifikáns különbség volt megfigyelhető a friss 250 MPa-60 °C-on kezelt minta, valamint a friss kontroll, a két hétig tárolt kontroll, a két hétig tárolt 60 °C-250 MPa-on kezelt minta és a két hétig tárolt 250 MPa-60 °C-on kezelt minták között. A legkevésbé az a friss minta barnult meg, amely nyomáskezelés után kapott hőkezelést. Bár a friss kontroll minta barnább volt, mint a kezelték, nem lehet arra következtetni, hogy a kezelés világosodást eredményezett volna. Inkább azt lehet feltételezni, hogy a kombinált kezelések lelassították a barnulási folyamatot. Mire a bírálók elé kerültek a vizsgálati minták, a friss kontroll minta kissé megbarnult. Figyelemre méltó ez a különbség a minták között, amely a 14 napos tárolás végére teljesen eltűnt, a bírálók ugyanolyan barnának ítélték őket.

A bírálók megállapították, hogy a 250 MPa-60 °C-on kezelt mintának volt a leginkább gyümölcsös illata, és a 60 °C-250 MPa-on kezelt, két hétig tárolt mintán érződött a legkevésbé. A 60 °C-250 MPa-on kezelt, 14 napig tárolt minta szignifikánsan különbözött a két hétig tárolt kontrolltól és a 250 MPa-60 °C nyomáson kezelt mintától. A legkevésbé gyümölcsös jelleget a két kombináltan kezelt, két hétig tárolt minta esetében állapították meg. A kontrollminta a tárolás ellenére is megőrizte kedvező aroma jellemzőit, és lényegében ugyanolyan pontszámot ért el, mint a friss minták. A friss minták esetében úgy tűnik, hogy a nyomáskezelés után alkalmazott hőkezelés eredményezett intenzívebb gyümölcsillatot.

A bírálók a friss kontroll mintát érezték a leginkább gyümölcsös ízűnek, és a 60 °C-250 MPa-on kezelt, 14 napig tárolt mintát érezték a legkevésbé gyümölcsösnek. A friss és a tárolt minták között szignifikáns ízbeli különbség volt mind a kezelt, mind a kezeletlen minták esetében. A rangsorszámok alakulása egyértelműen azt mutatja, hogy a tárolási körülmények döntő hatást gyakoroltak a minták ízére, szemben az alkalmazott tartósítási eljárással és annak típusával. A bírálók a kombinált kezelés típusától függetlenül a tárolt mintákat kevésbé érezték gyümölcsös ízűnek, mint a friss mintákat.

Kedveltség szempontjából a bírálók a friss kontrollt sorolták az első helyre és a két hétig tárolt párját az utolsóra. Ismét jelentős különbség mutatkozott a friss és a tárolt minták között. Amint az várható volt, a bírálók a rangsorszámok alapján a frissen elkészített mintákat részesítették előnyben. A kombináltan kezelt friss smoothie minták kisebb rangsorszámot kaptak, mint a friss kontroll, de friss mintáknál megfigyelt minőségromlás mértéke sokkal kisebb volt, mint a tárolt mintáknál. A tárolt minták közül a kontrollminta végzett az utolsó helyen.

Keenan és munkatársai (2012a) HHP-vel és kíméletes hőkezeléssel kezelt alma-, eper-, banán- és narancs smoothie-k érzékszervi tulajdonságait vizsgálták. Azt állapították meg, hogy a termékek frissességi jellemzői - beleértve a friss szint, a friss illatot, a friss ízt és a rózsaszín szint

- fokozatosan csökkentek a tárolás során. Az ízromlás az észter- és aldehidvegyületek lebomlásának vagy oxidációjának tulajdonítható, amelyet feltehetően a maradék enzimaktivitás okoz.

5.3.2. A viszkozitás mérés eredményei

A kontroll és a kezelt smoothie minták reogramjait és viszkozitási görbéit a **38. ábra**, a mért paraméterek, a Herschel–Bulkley modell illesztésének jóságát, és a kiválasztott látszólagos viszkozitás értékek összehasonlítását a **9. táblázat** mutatja be. Megfigyelhető, hogy a nyírási sebesség és a nyírófeszültség, valamint a nyírási sebesség és a látszólagos viszkozitás között nemlineáris kapcsolat áll fenn, ami igazolja a minták nem-newtoni reológiai viselkedését. Az áramlási görbék konvex profilja és az áramlási viselkedési index ($0 < n < 1$) értékek azt jelzik, hogy a smoothie minták pszeudoplasztikus áramlási viselkedést mutattak. A nyírási sebesség növekedésével a pszeudoplasztikus viselkedés növekvő nyírófeszültségértékeket és csökkenő látszólagos viszkozitásértékeket mutat, mivel a molekuláris kölcsönhatások gyengülnek (**Figura et al., 2007**). A smoothie minták pszeudoplasztikus áramlási viselkedését számos kutató megfigyelte (**de Oliveira Ribeiro et al., 2018, Keenan et al., 2012b, Ozcan et al., 2011**).

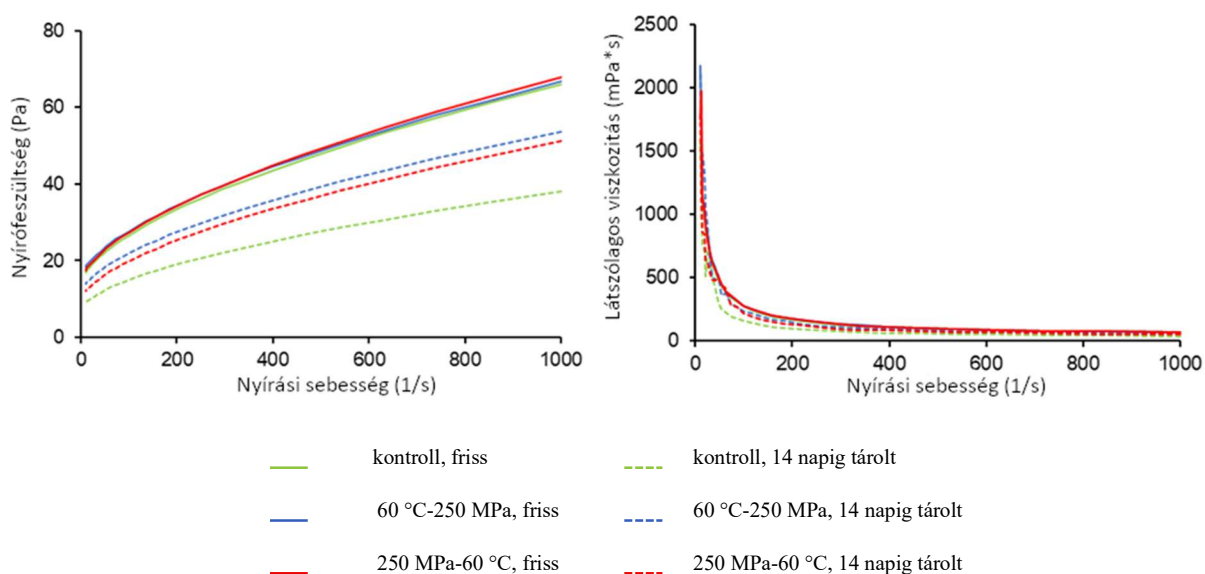
Fontos megjegyezni, hogy az összes vizsgált minta folyáshatárral rendelkezett, ami azt jelzi, hogy a minták áramlásának megkezdéséhez minimális nyírófeszültség szükséges (**Figura et al., 2007**). Továbbá valamennyi tárolt minta esetében a kis nyírósebesség-tartományban ($10\text{--}73,6\text{ s}^{-1}$) megfigyelt látszólagos viszkozitás ingadozása a textúra inhomogenitására utal.

A folyáshatár értéke volt az egyetlen paraméter a Herschel–Bulkley-modellben, amely képes volt statisztikailag megkülönböztetni a mintákat. Ebben a paraméterben minden esetben szignifikáns különbség volt megfigyelhető a friss és a tárolt minták között. Tárolás után kisebb nyírófeszültség volt szükséges az áramlás kiváltásához. A friss minták esetében az alkalmazott kémleletes tartósítási eljárásoknak nem volt szignifikáns hatása a smoothie folyáshatárára. Tárolás utána azonban jelentős különbség volt látható a kontrollminta és az előbb hőkezelésen, majd nyomáskezelésen átesett minta között.

Hasonló tendencia volt megfigyelhető a látszólagos viszkozitási értékeknél alacsonyabb (100 s^{-1}) és magasabb (1000 s^{-1}) nyírófeszültség esetén. Az egyetlen különbség az volt, hogy tárolás után mindkét kezelt minta jelentősen eltért a kontrolltól. Megállapítható, hogy friss minták esetében a kezelés hatása a látszólagos viszkozításra a vizsgált nyírósebességek mellett nem kimutatható, de a tárolás egyértelműen csökkentette az összes minta viszkozitását. Tárolás után a 60 °C - 250 MPa -on kezelt minta hasonlított legjobban a friss mintákra, és a kontroll minta mutatta a legnagyobb viszkozitáscsökkenést. Ez az eredmény ellentétben áll az érzékszervi bírálat eredményeivel,

amelyekben a bírálók a kontrollmintát értékelték a legsűrűbbnek, ami valószínűleg a mintában található inhomogén részecskéknek tudható be.

A konzisztencia-indexben bekövetkezett változások iránya a látszólagos viszkozitásnál megfigyelt tendenciákat követte, de a különbségek egyik esetben sem voltak szignifikánsak. **Wang és munkatársai (2014)** szintén arról számoltak be, hogy a konzisztencia-index nem tükrözi a látszólagos viszkozitás változását. A kombinált kezelések sorrendjüket tekintve sem a folyáshatár, sem a látszólagos viszkozitás, sem pedig a konzisztencia-index alapján nem különböztek egymástól.



38. ábra. A friss és 14 napig tárolt smoothie minták áramlási (a) és viszkozitási görbéi (b).

9. táblázat: A smoothie-minták reológiai viselkedése (τ_0 , K és n a minták reológiai paramétereit jelöli a Herschel-Bulkley-modell alapján, R^2 a modellillesztés determinációs együtthatója, η_{100} és η_{1000} a látszólagos viszkozitási adatok 100 s^{-1} és 1000 s^{-1} nyírási sebességnél).

	Friss minták			14 napig tárolt minták		
	Kontroll	60 °C-250 MPa	250 MPa-60 °C	Kontroll	60 °C-250 MPa	250 MPa-60 °C
τ_0 (Pa)	13.758 ± 0.384 ^{aA}	14.437 ± 0.660 ^{aA}	14.292 ± 0.518 ^{aA}	6.837 ± 1.383 ^{bA}	11.182 ± 0.505 ^{bB}	9.347 ± 0.306 ^{bAB}
K (Pa·s ⁿ)	0.778 ± 0.068 ^{aA}	0.767 ± 0.087 ^{aA}	0.780 ± 0.001 ^{aA}	0.560 ± 0.169 ^{aA}	0.700 ± 0.043 ^{aA}	0.672 ± 0.089 ^{aA}
n	0.609 ± 0.014 ^{aA}	0.615 ± 0.153 ^{aA}	0.612 ± 0.005 ^{aA}	0.586 ± 0.042 ^{aA}	0.594 ± 0.013 ^{aA}	0.598 ± 0.030 ^{aA}
R^2	0.998 ± 0.001	0.999 ± 0.001	0.998 ± 0.010	0.979 ± 0.017	0.984 ± 0.018	0.982 ± 0.016
η_{100} (mPa·s)	272.6 ± 5.4 ^{aA}	277.8 ± 9.9 ^{aA}	278.6 ± 4.6 ^{aA}	157.4 ± 6.6 ^{bA}	236.5 ± 13.1 ^{bB}	218.2 ± 25.1 ^{bB}
η_{1000} (mPa·s)	67.55 ± 0.43 ^{aA}	69.15 ± 1.68 ^{aA}	68.83 ± 0.39 ^{aA}	37.89 ± 0.93 ^{bA}	54.84 ± 0.81 ^{bB}	51.33 ± 3.07 ^{bB}

Az értékek átlagok ± szórás. Kisbetűk: azonos módon kezelt, friss és a tárolt minták összehasonlítása (Games-Howell post hoc teszt, $p < 0,05$), nagybetűk: a három friss vagy három tárolt minta összehasonlítására ($p < 0,05$).

5.3.3. A színtani tulajdonságok értékelése

A minták érzékszervi tényezőiben, így a színében végbemenő változásokat nem csak bírálók által, hanem műszeres méréssel is vizsgáltam. A minták színe összességében a kezelés és a tárolás hatására minimálisan változott (**10. táblázat**). A frissen készített turmixminta rózsaszín volt. A kezelések hatására a friss (nem tárolt) minták L^* és b^* értékei enyhén nőttek, míg az a^* értékek enyhén csökkentek (vagyis a minták kissé világosabbak és sárgább, valamint kevésbé vöröses árnyalatúak lettek). A 14 napig tárolt minták esetében a kontroll mintákat a kezelttel összehasonlítva enyhe csökkenés volt tapasztalható az L^* értékekben és enyhe növekedés az a^* értékekben. **Terefe és munkatársai (2009)** szintén hasonló tendenciát figyeltek meg az L^* értékében a szamóca 4-6 hetes tárolása során. A kezelt minták a^* értékei a kontrollhoz képest 10,18%-os, illetve 14,80%-os csökkenést mutattak. A minták vörös színének csökkenése a maradék enzimaktivitásnak tulajdonítható, amely a fenolos vegyületek enzimátikus barnulását okozza. **Škegro és munkatársai (2021)** hasonló tendenciát találtak az a^* paraméter tekintetében a 350 és 450 MPa nyomáson kezelt gyümölcsturmixban.

Összeségében a kezelések sorrendje nem volt jelentős hatással a minták színére. Ugyanerre a következtetésre jutottunk korábbi vizsgálatunkban eperpüré minták esetében, ahol magasabb kezelési paramétereket alkalmaztunk a HHP és hőkezelés kombinálása során (**Salamon et al., 2021**).

A friss minták és a 14 napig tárolt minták összehasonlítása az L^* tényező kivételével szinte minden esetben szignifikáns eltéréseket mutatott. Az egyetlen kivétel a friss kontroll és a tárolt kontroll minták b^* és C^* értékei, valamint a friss és a tárolt, 250 MPa–60 °C kezelésen átesett minták króma értékei voltak.

A friss minták összehasonlítása nem mutatott jelentős különbségeket az L^* és a króma értékekben. A többi paraméter esetében azonban a kontrollminta jelentősen különbözött a kezelt mintától.

A 14 napig tárolt minták összehasonlításakor szignifikáns különbség nem volt észlelhető a minták között az L^* és a b^* tényezők tekintetében. Azonban minden más esetben a kontrollminta szignifikánsan különbözött a kezelt mintáktól. Ezenkívül a két különböző sorrendben kezelt minta is mutatott különbségeket, különösen az a^* és az árnyalati szög tekintetében. Az a^* tényező esetében a PT-sorrendben kezelt minta, míg a színezeti szög esetében a TP-sorrendben kezelt minta hasonlított jobban a friss kontrollra.

10. táblázat: A friss és tárolt smoothie minták CIE $L^*a^*b^*$ tényezői, króma (C^*) és árnyalati szög (h°) értékei.

	Friss minták			14. napig, 6 °C-on tárolt minták		
	Kontroll	60 °C-250 MPa	250 MPa-60 °C	Kontroll	60 °C-250 MPa	250 MPa-60 °C
L^*	49.85 ± 0.55 ^{aA}	50.70 ± 0.51 ^{aA}	50.89 ± 0.36 ^{aA}	50.87 ± 1.04 ^{aA}	49.61 ± 1.15 ^{aA}	49.61 ± 1.35 ^{aA}
a^*	11.67 ± 0.25 ^{aB}	10.27 ± 0.20 ^{aA}	10.33 ± 0.13 ^{aA}	10.56 ± 0.31 ^{bA}	12.10 ± 0.27 ^{bC}	11.60 ± 0.25 ^{bB}
b^*	9.62 ± 0.27 ^{aA}	11.06 ± 0.16 ^{aB}	11.35 ± 0.18 ^{aB}	10.04 ± 0.37 ^{aA}	10.53 ± 0.30 ^{bA}	10.53 ± 0.28 ^{bA}
C^*	15.12 ± 0.32 ^{aA}	15.09 ± 0.14 ^{aA}	15.34 ± 0.17 ^{aA}	14.57 ± 0.47 ^{aA}	16.04 ± 0.40 ^{bB}	15.67 ± 0.34 ^{aB}
h°	0.69 ± 0.01 ^{aA}	0.82 ± 0.01 ^{aB}	0.83 ± 0.01 ^{aB}	0.76 ± 0.01 ^{bC}	0.72 ± 0.00 ^{bA}	0.74 ± 0.01 ^{bB}

A táblázatban az L^* , a^* , b^* , C^* és h° értékek átlagai ± szórásai kerültek feltüntetésre. A különböző betűk szignifikánsak különböző csoportokat jelölnek. Kisbetűk: az azonos kezelésen átesett friss és tárolt minták összehasonlítása (Tukey's post hoc teszt, $p < 0,05$), nagybetűk: a három friss, illetve a három tárolt minta összehasonlítása (Tukey's post hoc teszt, $p < 0,05$).

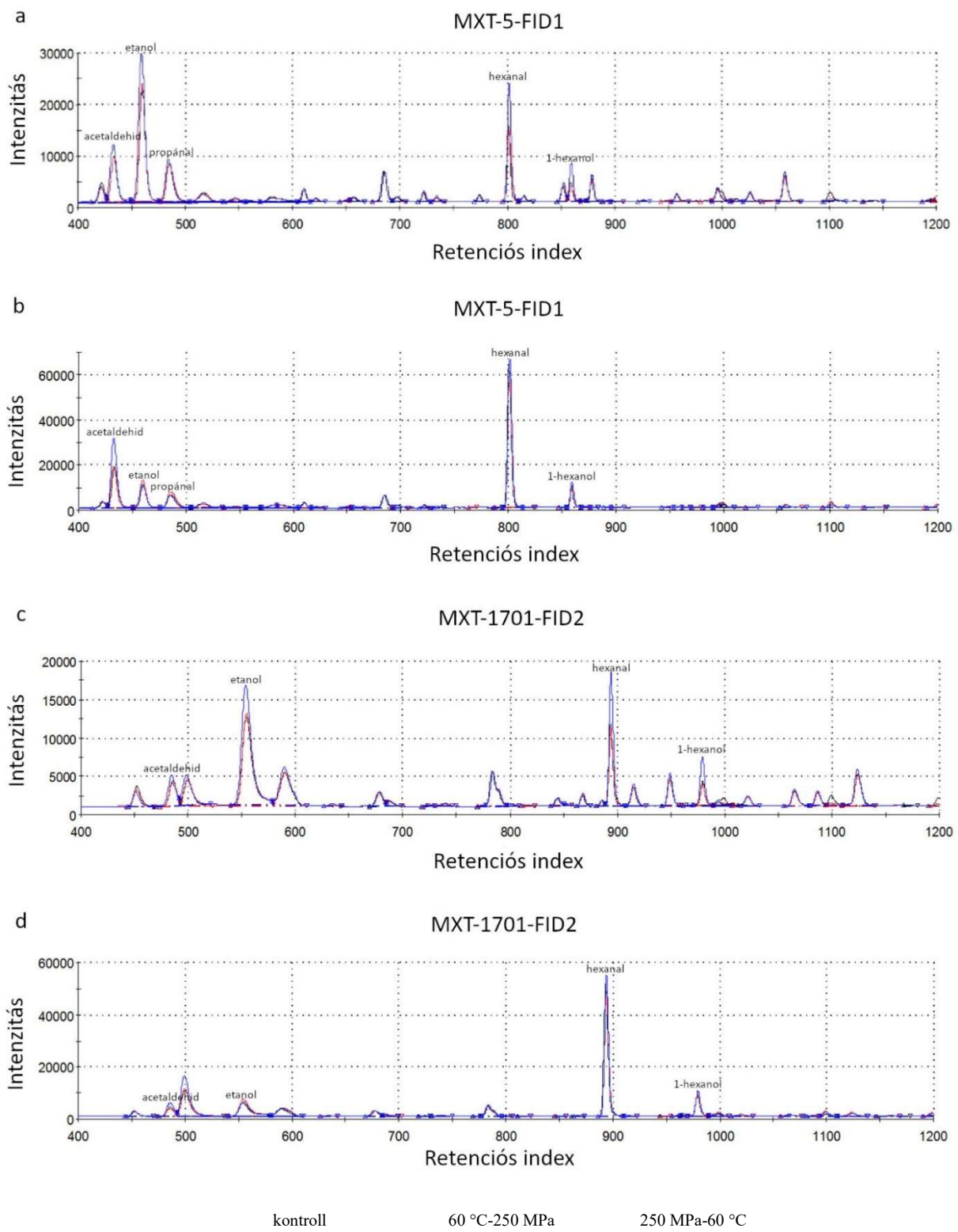
A minták színének összehasonlítása a mért színtényezők és a színingerkülönbség (ΔE^*) alapján végezhető el. A 11. táblázat a számított ΔE^* értékeket mutatja be, amelyek a kontrollmintához, valamint egymáshoz viszonyítva kerültek kiszámításra. A ΔE^* értékek azt mutatták, hogy a kezelések nem okoztak jelentős változást a minták színében. A legnagyobb különbség is csak az észrevehető kategóriába sorolható. A változás észrevehető volt a két kontrollminta esetében, a kontroll és a kezelt minták között, valamint a tárolás hatására is. A különböző sorrendben kezelt friss (nem tárolt) minták között nem volt észrevehető különbség, ami alátámasztja korábbi megállapításunkat, miszerint a kezelés sorrendje nem befolyásolja a színváltozást.

11. táblázat: A ΔE^* színingerkülönbség értékek és a vizuális észleléssel való összefüggése a smoothie minták esetében.

	Kontroll, friss	60 °C-250 MPa, friss	250 MPa-60 °C, friss	Kontroll, 14 napig tárolt	60 °C-250 MPa, 14 napig tárolt	250 MPa-60 °C, 14 napig tárolt
Kontroll, friss		2.18 észrevehető	2.42 észrevehető	1.57 észrevehető	1.04 alig észrevehető	0.93 alig észrevehető
60 °C-250 MPa, friss			0.35 alig észrevehető	1.08 alig észrevehető	2.20 észrevehető	1.80 észrevehető
250 MPa-60 °C, friss				1.33 alig észrevehető	2.34 észrevehető	1.99 észrevehető
Kontroll, 14 napig tárolt					2.06 észrevehető	1.71 észrevehető
60 °C-250 MPa, 14 napig tárolt						0.50 alig észrevehető
250 MPa-60 °C, 14 napig tárolt						

5.3.4. Elektronikus orr mérések

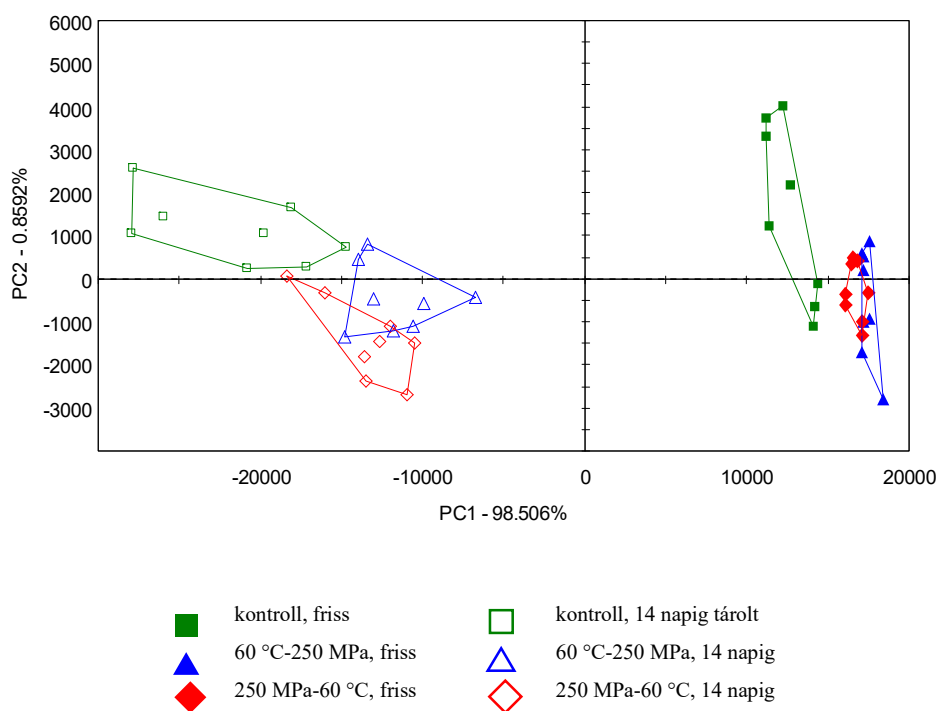
Az egyes csoportok reprezentatív mintáinak kromatogramjai az **39. ábrán** láthatók. Az „1-A” mint azonosító az MXT-5 oszlopra, a „2-A” pedig az MXT-1701 oszlopra utal. Az acetaldehid (RI 433-1-A, RI 485-2-A), az etanol (RI 459-1-A, RI 554- 2-A), a propánal (RI 485-1-A, RI 59-2-A), a hexanal (RI 801-1-A, RI 893-2-A) és az 1-hexanol (RI 859-1-A, RI 977- 2-A) voltak a legdominánsabb illékony anyagok a kromatogram csúcsok RI-je alapján, amelyek mind gyümölcsös illatra utalnak. Az azonosított komponensek jelenléte a következő folyamatokkal magyarázható. A zsírsavakat, általában a linolsavat és a linolénsavat, oxidatív lebontás során a lipoxigenáz vagy hidroperoxid-liáz illékony aldehidekké, például hexanállá alakítja (**Ozcan et al, 2011**). Az aldehideket ezután alkohol-dehidrogenázok alkohollá alakítják (**Mitchell és Jelenkovic, 1995**).



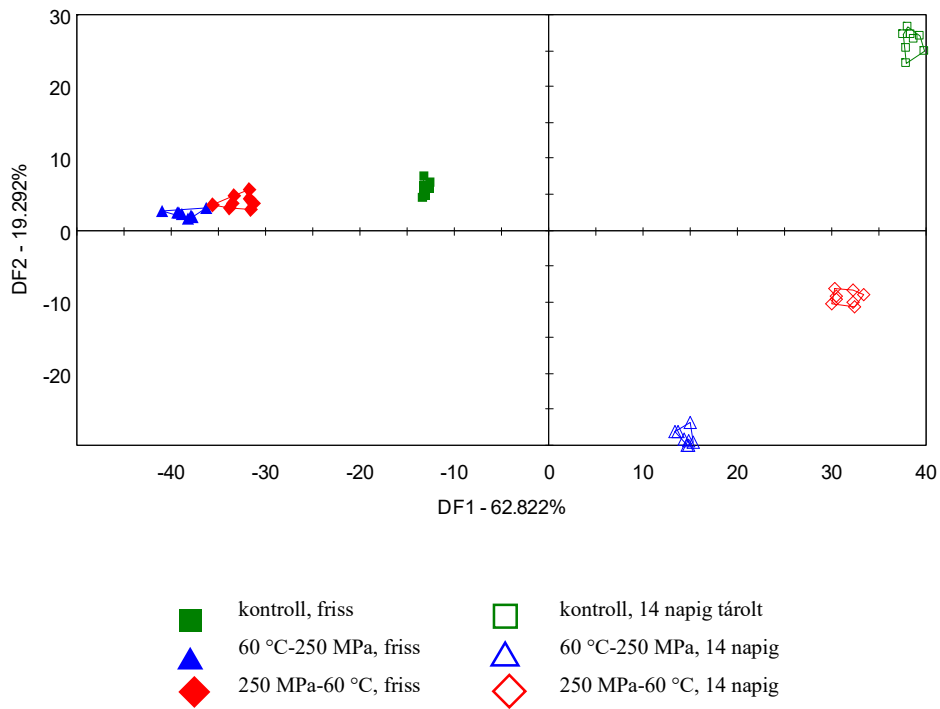
39. ábra. A Heracles Neo 300 elektronikus orr két oszlopán rögzített kromatogramok minden csoport egy-egy reprezentatív mintájára. (a) friss minták, 1-A oszlop, (b) 14. napi minták, 1-A oszlop, (c) friss minták, 2-A oszlop, (d) 14. napi minták, 2-A oszlop).

Az elektronikus orrmérésből származó többváltozós adatok főkomponens-elemzése domináns illatkülönbséget mutatott a friss és a tárolt minták között (**40. ábra**). A tárolt minták illatvarianciája nagyobb volt. A kontroll és a kezelt minták különböztek egymástól, frissen és tárolva egyaránt. A két kezelt csoport átfedése mutatja az illatok hasonlóságát, de megjegyezhető, hogy a 60 °C-250

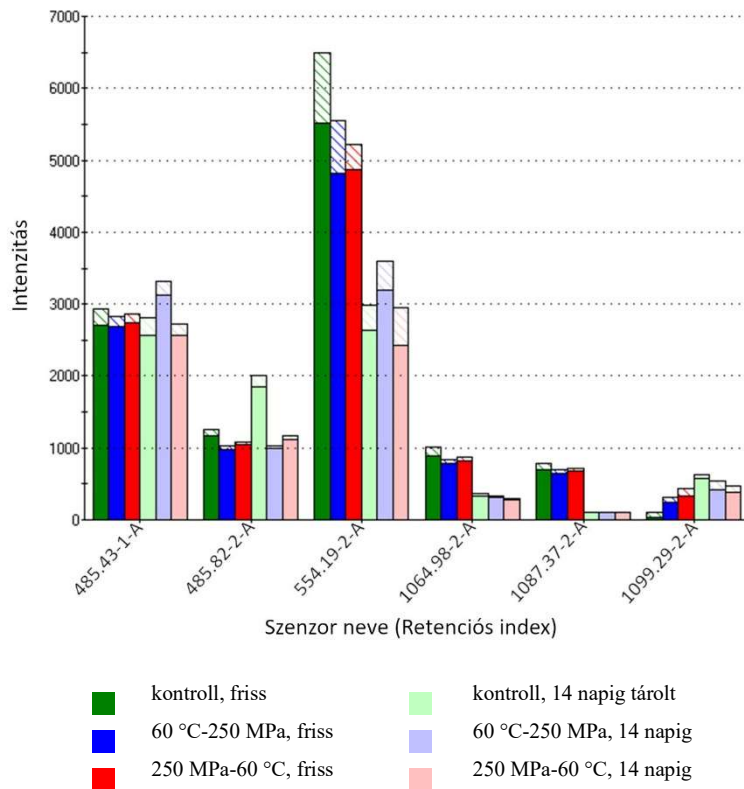
MPa-on kezelt minták különböztek legjobban a kontrollcsoportoktól, akár frissek, akár tároltak voltak. A diszkriminancia-faktoranalízis (41. ábra) ugyanezt a mintázatot mutatta, de a felügyelt megközelítés miatt a csoportok elkülönülése nagyobb volt. Az 42. ábrán látható a kiválasztott virtuális érzékelők oszlopdiagramja. A kiválasztáshoz az Alpha Soft program automatikus szenzorválasztó funkcióját használtuk. Az 43. ábra bi-plotja a csoportok orientációját mutatja, abban az esetben, amikor a diszkriminancia-faktoranalízist a kiválasztott szenzorokkal futtattuk. Az ábrán a szenzorváltozók loading vektorai a diszkriminancia-faktoranalízis diagramjára vannak vetítve. Az eredmények azt mutatták, hogy a tárolás során néhány illékony anyag elveszett. A legnagyobb csökkenést a gyümölcsös illat kialakításában nem legdominánsabb komponensek pl. a benzaldehid (RI 1087.37-2-A) esetében figyelhetők meg, de az etanol (RI 554.19-2-A) és az etilhexanoát (RI 1064.98-2-A) is csökkent. Az oktanol (RI 1099.29-2-A) minden tárolt mintában növekedést mutatott. A propanal (RI 485.43-1-A) és az acetaldehid (RI 485.82-2-A) a tárolás során nőtt a kontroll és a 60 °C-250 MPa-on kezelt csoportokban.



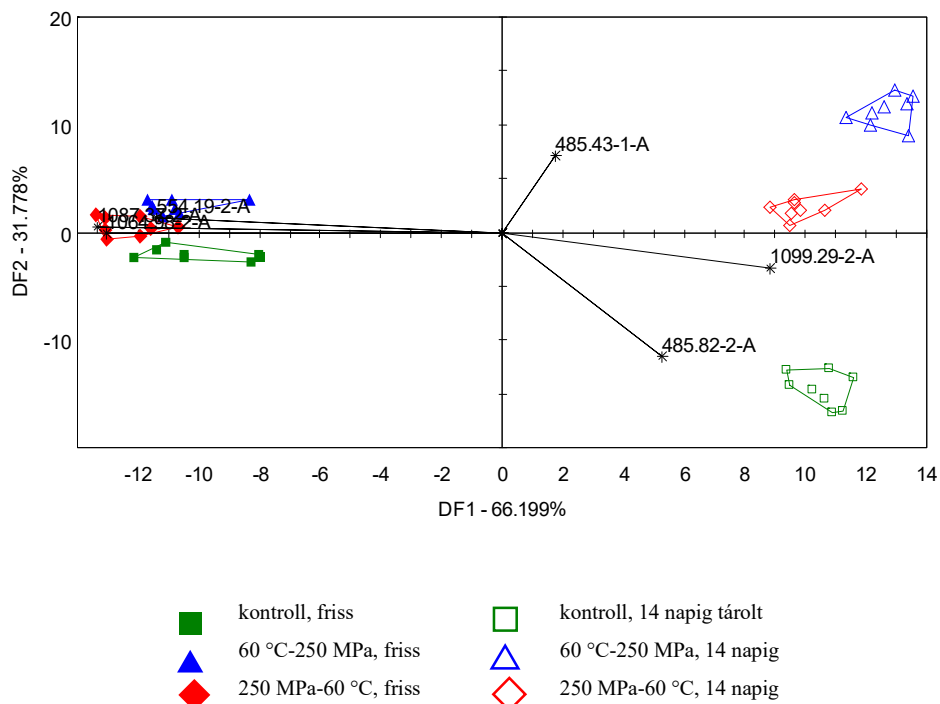
40. ábra. A elektronikus orr összes virtuális szenzorával végzett főkomponens-analízis diagramja.



41. ábra. Az elektronikus orr összes virtuális szenzorával végzett diszkriminancia-faktoranalízis eredménye.



42. ábra. A legjellemzőbb virtuális szenzorok átlagos intenzitásértékei és szórásai (szaggatott terület) a hat mintacsoport esetében.

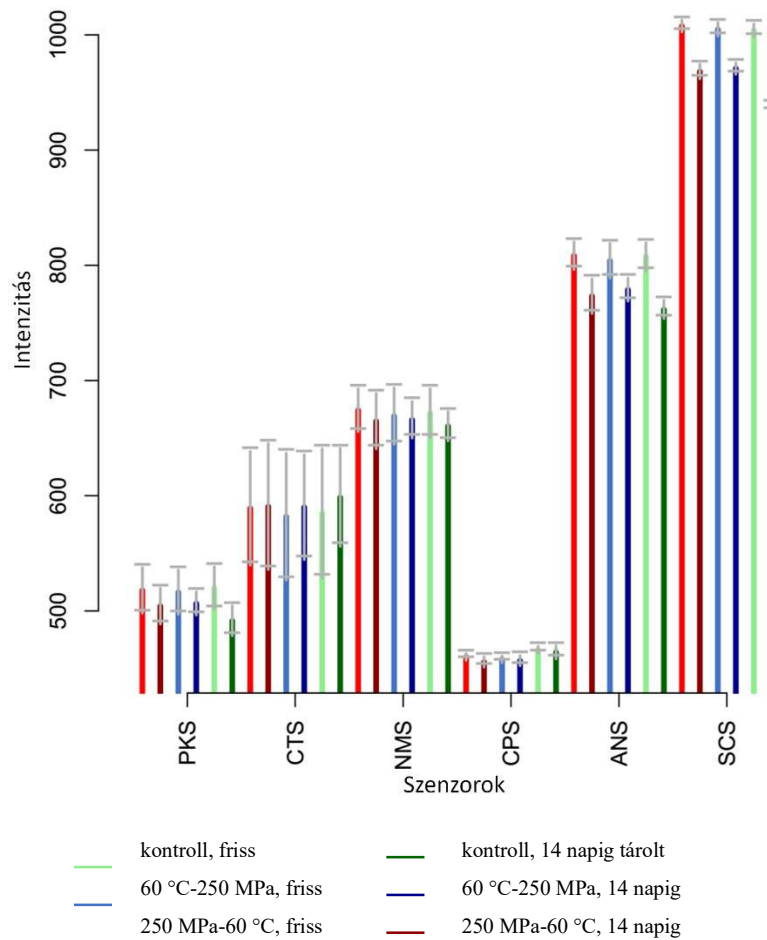


43. ábra. A kiválasztott virtuális szenzorokkal végzett diszkriminancia-faktoranalízis eredménye, amely az egyes szenzorok osztályozási teljesítményre gyakorolt hatását mutatja (a csillagok az egyes érzékelők hatását mutató vektorok méretét jelzik).

A virtuális érzékelők használatának előnye abban rejlik, hogy lehetővé teszik a specifikus szenzorokhoz kapcsolódó illékony anyagok azonosítását, azaz a kromatogram csúcsok retenciós indexeinek meghatározását. Ezáltal lehetséges a minta illatanyagainak nemzetközi vagy saját rögzített adatbázisokból történő azonosítása, ami más szenzor alapú elektronikus orrok esetében ritkán lehetséges.

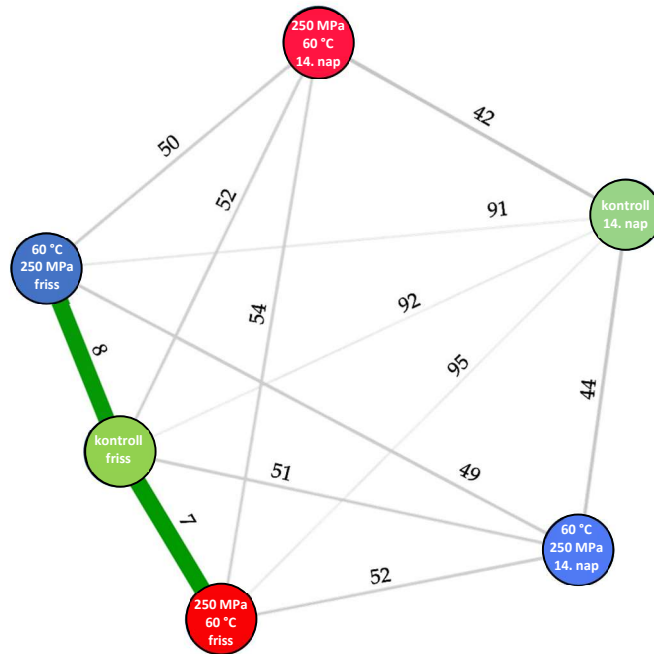
5.3.5. Elektronikus nyelv mérések

Az elektronikus nyelv szenzorainak instabilitása miatt a nyers szenzorjelek értékelése alapján a minták első három ismételt mérését kizártam a további analízisből. A hat kiválasztott szenzor nyers szenzorjeleinek átlaga a **44. ábrán** látható. Megfigyelhető volt, hogy az érzékelők többsége legalább néhány vizsgált minta között jelentős eltéréseket mutatott.



44. ábra. Az elektronikus nyelv hat kiválasztott szenzor jelének átlaga és szórása a vizsgált smoothie minták esetében ($n = 36$).

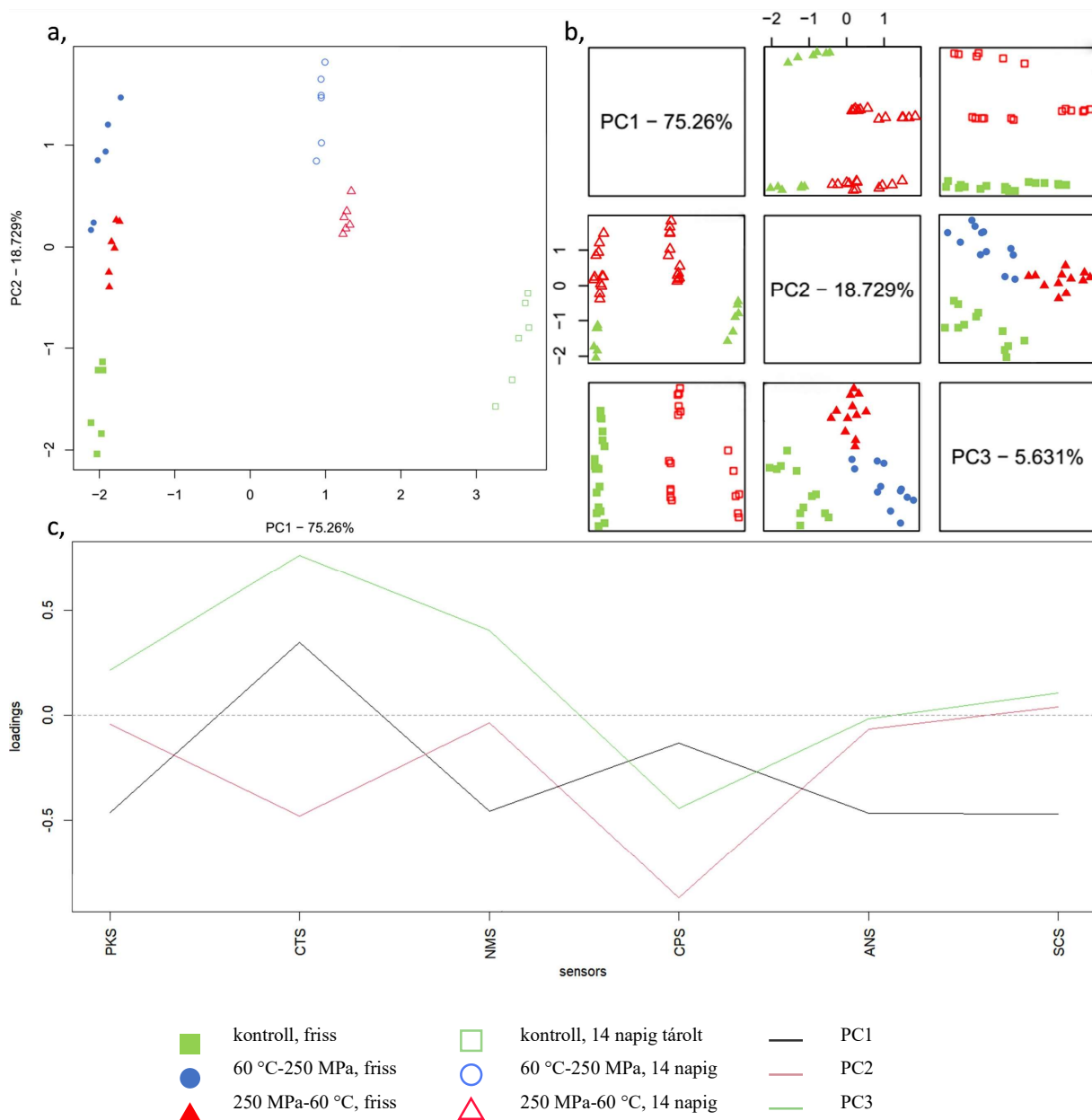
Az **45. ábra** a vizsgált smoothie minták elektronikus nyelv szenzorainak nyers jelei között kiszámított euklideszi távolságokat mutatja. A legnagyobb távolságok a friss és a tárolt minták csoportjai között voltak megfigyelhetők, ami két fő csoport kialakulására utal a vizsgált smoothie minták kémiai profiljai alapján. A kezelt friss minták csoportjai rövidebb távolságra voltak a friss kontrolltól, mint a 14 napig tároltak.



45. ábra Az elektronikus nyelv hat kiválasztott szenzor jelei között kiszámított euklideszi távolságok ($n=36$); neurongráf a távolságok megjelenítésére.

A kiválasztott hat szenzor drift-korrigált eredményei alapján számított főkomponens-analízis eredményei az **46. ábrán** láthatók. Az első két főkomponens (**46. a ábra**) a teljes variancia körülbelül 94%-át képviseli, és a hat mintatípus egyértelmű elkülönülését eredményezi. A legmarkánsabb elkülönülés a PC1 alapján volt megfigyelhető a friss és a tárolt minták csoportjai között.

Az **46. b ábra** a kezelés és tárolás típusa szerint színezve mutatja be az első három főkomponensen megfigyelt eltérő mintázatokat. A PC2 egyértelműen elkülöníti a kontroll és a kezelt mintacsoportokat (**46. b ábra**, PC1–PC2). Ezenkívül elkülönülés volt megfigyelhető a különböző kezelési típusok között (**46. b ábra**, PC2–PC3). A **46. c ábra** a hat kiválasztott elektronikus nyelv szenzor szerepét ábrázolja az első három főkomponensen kialakításában, megerősítve ezzel a korábban említett mintázatok elkülönülését.



46. ábra. A vizsgált smoothie minták elektronikus nyelv méréseinek PCA score plot és loading plot-jai (a) PCA score plot (PC1-PC2) a mintatípusok szerint színezve, (b) PCA score plotok (PC1-PC3) az alkalmazott nyomásszint, a tárolás és a kezelés típusa szerint színezve, illetve (c) PCA loading plot ($n = 36$).

5.4. A humán érzékszervi bírálat és a műszeres vizsgálatok eredményeinek összevetése

A humán érzékszervi bírálat és a műszeresen vizsgált érzékszervi jellemzők eredményeinek összehasonlítását a **12. táblázat** tartalmazza. Egy-két esettől eltekintve a műszeres analízisek eredménye megegyezett a humán érzékszervi bírálat eredményével. Az egyik ilyen különbség az állománymérésnél adódott, ahol a bírálók szerint a 60 °C-250 MPa-on kezelt, 14napig tárolt minta hasonlított legjobban a kontrollhoz, míg a műszeres mérés alapján ugyanezen mintának a friss és fordított sorrendben kezelt friss párja tért el legkevésbé reológiai tulajdonságait tekintve a

kontrolltól. A különbség valószínűleg a mintában található inhomogén részecskéknek köszönhető. Érdekes, hogy bár mind a bírálók véleménye, mind a viszkozitás mérés eredményei alapján a 14 napig tárolt kontroll minta hasonlított legkevésbé a friss kontrollra, a bírálók ezt érezték a legsűrűbbnek, míg a műszeres mérés alapján ez bizonyult a leghígabbnak. A kombináltan kezelt minták között sem a bírálók, sem a műszeres mérés nem tudott szignifikáns különbséget tenni.

A minták színének vizsgálata során a bírálók a 14 napig tárolt kontrollt és a 14 napig tárolt 60 °C-250 MPa-on kezelt mintát tartották a friss kontrollhoz leghasonlóbbnak. Megjegyzendő, hogy statisztikailag nem lehet különbséget tenni az előbb említett két minta és a 250 MPa-60 °C-on kezelt minták között, így a színmérés és a humán érzékszervi bírálat eredménye gyakorlatilag nem tért el jelentősen egymástól. A kontrolltól leginkább eltérő minta mind a humán, mind a műszeres mérés esetében a 250 MPa-60 °C-on kezelt minta lett. A kombináltan kezelt mintákat sem a bírálók, sem a műszerek nem tudták megkülönböztetni.

A gyümölcsös illat vizsgálata során a bírálók és az elektronikus orral történő vizsgálat egyaránt a 250 MPa-60 °C-on kezelt mintát tartotta leghasonlóbbnak az eredetihez, és a 60°C-on-250 MPa-on kezelt mintát a friss kontrolltól leginkább eltérőnek. Bár a bírálók nem érzékelték különbséget sem a két friss, sem pedig a két tárolt, különböző sorrendben kezelt minta között, műszeres vizsgálattal a tárolt minták esetében különbség volt kimutatható a TP és PT-sorrendben kezelt minta között.

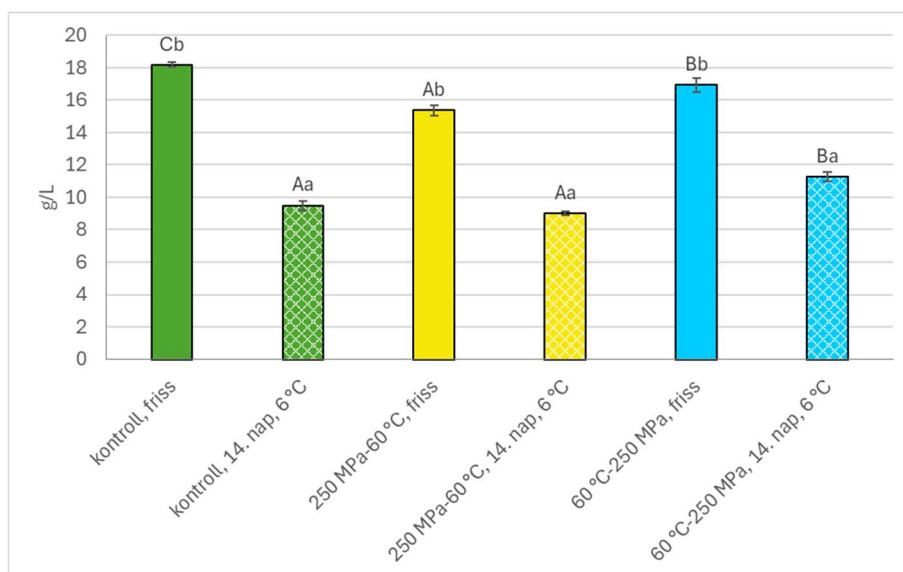
A minták ízének összehasonlítása során a friss kontrollhoz legjobban hasonlító minta mindkét esetben a 250 MPa-60 °C-on kezelt lett. Míg a kontrolltól leginkább eltérő a bírálók szerint a 60 °C-250 MPa-on kezelt, 14 napig tárolt minta, az elektronikus nyelv mérések alapján viszont a 14 napig tárolt kontroll lett. Megemlítendő, hogy a bírálók által felállított rangsorszámok alapján a 14 napig tárolt minták nem különböztek egymástól szignifikánsan, így ez esetben sem volt jelentős különbség a műszeres és a humán vizsgálat eredménye között. Míg a bírálók nem tudták megkülönböztetni a mintákat azok kezelési sorrendje szerint, a műszeres vizsgálat különbséget tudott tenni a tárolt minták között.

12. táblázat: A humán érzékszervi bírálat és a műszeres vizsgálatok eredményeinek összevetése.

	Humán érzékszervi bírálat			Az érzékszervi jellemzők műszeres vizsgálata		
	Melyik minta hasonlított legjobban a friss kontrollra?	Melyik minta tért el leginkább a friss kontrolltól?	Volt-e szignifikáns különbség a két különböző sorrendben kezelt minta között?	Melyik minta hasonlított legjobban a friss kontrollra?	Melyik minta tért el leginkább a friss kontrolltól?	volt-e szignifikáns különbség a két különböző sorrendben kezelt minta között?
állomány	60 °C-250 MPa, 14. nap	kontroll, 14. nap (legsűrűbb)	nem	250 MPa-60 °C és 60 °C-250 MPa	kontroll 14 (leghígabb)	nem
szín	kontroll, 14. nap és 60 °C-250 MPa, 14. nap, de nem különböznek szignifikánsan 250 MPa-60 °C-tól	250 MPa-60 °C, friss	nem	250 MPa-60 °C, 14. nap	250 MPa-60 °C, friss	nem
illat	250 MPa-60 °C, friss	60 °C-250 MPa, 14. nap, de nem különbözött szignifikánsan a fordított sorrendben kezelt párjától	nem	250 MPa-60 °C, friss	60 °C-250 MPa, 14. nap	friss minták esetében nem; tárolt minták esetében igen
íz	250 MPa-60 °C, friss, de nem különbözött szignifikánsan 60 °C-250 MPa, frisstől	60 °C-250 MPa, 14. nap, de nem különbözött szignifikánsan a két másik tárolt mintától	nem	250 MPa-60 °C, friss	kontroll, 14. nap	friss minták esetében nem; tárolt minták esetében igen

5.5. A smoothie bioaktív komponensei

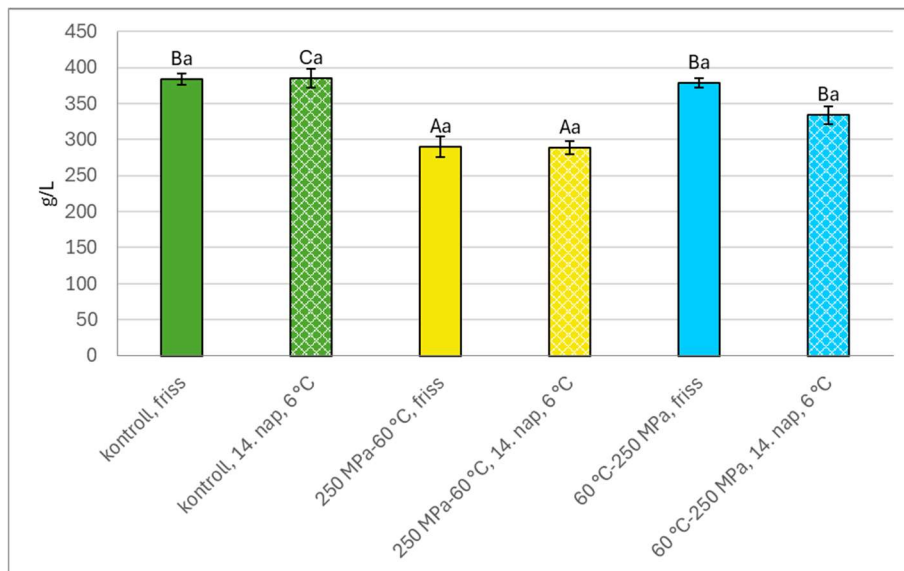
A smoothie mintákra az alkalmazott kezeléseknak és a tárolásnak is szignifikáns hatása volt azok antocianin-tartalmát figyelembe véve. A friss minták esetében a kezelt minták szignifikánsan különböztek a kontrolltól és köztük a kezelési sorrendet illetően is különbséget lehetett tenni. A kontrollhoz a TP-kezelt minta hasonlított jobban. Az idő előrehaladtával a TP-kezelt minta őrizte meg legjobban antocianin tartalmát, de összeségében nézve a minták antocianin-tartalma a tárolás során jelentősen csökkent (**47. ábra**).



47. ábra: A friss és 14 napig 6 °C-on tárolt smoothie minták antocianin-tartalom alakulása a kezeléseket és a tárolás hatására.

A különböző betűk szignifikánsan különböző csoportokat jelölnek. Kisbetűk: az azonos módon kezelt friss és tárolt minták összehasonlítása (páros mintás T-próba, $p < 0,05$), nagybetűk: a három friss, illetve a három tárolt minta összehasonlítása (egytényezős ANOVA, Tukey's post hoc teszt, $p < 0,05$).

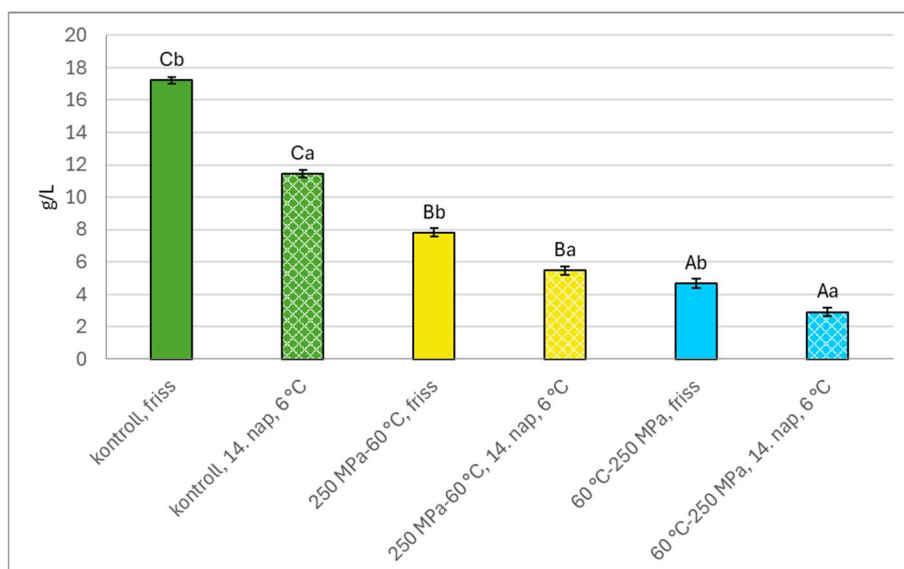
Az összes polifenol-tartalomra a tárolásnak nem volt szignifikáns hatása, a kezeléseket viszont jelentősen befolyásolták a bioaktív komponens értékének alakulását. Az alkalmazott kezeléseket az összes polifenol-tartalom csökkenését okozták a kontroll mintához képest, és az antocianin-tartalomhoz hasonlóan, ez esetben is a TP-sorrend volt a kedvezőbb, akár a friss, akár a tárolt mintákat hasonlítjuk össze egymással. A kezelési sorrendbeli különbség statisztikailag is kimutatható volt mind a két vizsgálati időpontban (**48. ábra**).



48. ábra: A friss és 14 napig 6 °C-on tárolt smoothie minták összes polifenol-tartalom alakulása a kezelések és a tárolás hatására.

A különböző betűk szignifikánsan különböző csoportokat jelölnek. Kisbetűk: az azonos módon kezelt friss és tárolt minták összehasonlítása (páros mintás T-próba, $p < 0,05$), nagybetűk: a három friss, illetve a három tárolt minta összehasonlítása (egytényezős ANOVA, Tukey's post hoc teszt, $p < 0,05$).

Az antioxidáns kapacitás értékek a kezelések hatására szignifikáns csökkenést mutattak. Ez esetben a PT-sorrend eredményezett magasabb antioxidáns kapacitás értékeket. A három friss és három tárolt mintát egymással összehasonlítva, valamennyi esetben szignifikáns különbség figyelhető meg. A tárolásnak szintén szignifikáns hatása volt, a tárolási idő előre haladtával a mért értékek szignifikánsan csökkentek (**49. ábra**).



49. ábra: A friss és 14 napig 6 °C-on tárolt smoothie minták antioxidáns kapacitás alakulása a kezelések és a tárolás hatására.

A különböző betűk szignifikánsan különböző csoportokat jelölnek. Kisbetűk: az azonos módon kezelt friss és tárolt minták összehasonlítása (páros mintás T-próba, $p < 0,05$), nagybetűk: a három friss, illetve a három tárolt minta összehasonlítása (egytényezős ANOVA, Tukey's post hoc teszt, $p < 0,05$).

Összességében a bioaktív komponensek mennyiségének alakulására a kezeléseknek és - az összes polifenol-tartalom kivételével - a tárolásnak is szignifikáns hatása volt. A kezelések között azok sorrendjét tekintve valamennyi vizsgált paraméter esetében különbséget tudtam tenni. Az antocianin-tartalom és az összes polifenol-tartalom esetében a TP-sorrend, míg az antioxidáns kapacitás esetében a PT-sorrend volt előnyösebb. Bár meglehetősen kevés tanulmány foglalkozik a HHP és az kíméletes hőkezelés kombinációjának bioaktív komponensekre gyakorolt hatásával a kezelések sorrendjére összpontosítva, a látszólag ellentétes jelenség feltehetően a következőkkel magyarázható: a hőkezelés sokkal hatékonyabb a polifenol-oxidáz (PPO) és a peroxidáz (POD) enzimek inaktivációját illetően, míg a HHP gyakran csak részlegesen inaktivációra képes. Ha ezek az oxidatív enzimek aktívak maradnak – ami csak nyomáskezelés esetén előfordulhat-, akkor a feldolgozást követően és a tárolás során lebontják a polifenolokat és antocianinokat. A hőkezelés vagy az kíméletes hőkezeléssel kombinált HHP azért eredményezhet stabilabb polifenol-szintet, mert a kezdeti hőhatás kiiktatja az oxidatív enzimeket, így nem lesz, ami később lebontsa őket. Ezen felül a rövidebb hőhatás, amit HHP-vel kombinálunk, csökkentheti a hőérzékeny vegyületek degradációját, miközben mégis inaktiválja az enzimeket (Terefe et al., 2010, Salazar-Orbea et al., 2021).

A fenolos vegyületek a növényi sejtekben gyakran kötött formában találhatók. A HHP roncsolja a növényi sejtfalat és a sejtmembránokat, növeli azok áteresztőképességét, ami elősegíti a kötött polifenolok felszabadulását, extrakcióját a sejtmátrixból. (Navarro-Baez et al., 2022, Zhao et al., 2017). Ez a jelenség magyarázza, hogy sok esetben (Kim et al, 2017, Hu et al., 2020, Yasunaga et al., 2018) a HHP-kezelés után magasabb összes polifenol tartalmat (TPC) mérnek, mint a kontroll mintákban. A legtöbb tanulmány (Tadapaneni et al., 2012, Patras et al., 2009, Keenan et al, 2012c) szerint a HHP-kezelés hatékonyabban megőrzi a gyümölcsök és zöldségek fenolos vegyületeit, antioxidáns kapacitást a hőkezeléshez képest, ami gyakran csökkenést okoz a hőérzékeny molekulák oxidációja és lebomlása révén. A háttérben meghúzódó mechanizmusok sok tényezővel összefüggenek, többek között: a nyomásparaméterekkel, az élelmiszer-mátrixszal, a tárolási körülményekkel, a csomagolással, az adalékanyagokkal, az oldott oxigénnel, a maradék enzimaktivitással, valamint a fenolos vegyületek és más összetevők közötti kölcsönhatásokkal is (Zhao et al., 2017).

6. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS A JAVASLATOK

A számócapüré és az általam készített smoothie esetén megállapítható, hogy az önmagában alkalmazott kíméletes nagy hidrosztatikus nyomású kezelés vagy a kíméletes hőkezelés nem elegendő mikrobiológiai szempontból elfogadható termék előállításához. A két kezelés kombinációja azonban a termék stabilitásának jelentős javulását eredményezte. Eredményeim alapján arra a következtetésre jutottam, hogy a 300 MPa alatt végzett nyomáskezelést kíméletes hőkezeléssel kombinálva a gyümölcs smoothie fogyaszthatósági ideje, akár az átlagosnál magasabb tárolási hőmérsékleten is meghosszabbítható. A 250 MPa és 60 °C kombinációját alkalmazva, 15 °C-on kéthetes tárolást követően is 10^4 TKE/ml alatt maradt a termék összmikrobaszáma. Az alkalmazott kezeléskombináció hatékonyan inaktíválta a két vizsgált patogén baktériumot (*Salmonella*, *Listeria monocytogenes*), valamint előnyösnek bizonyult az értékes összetevők és érzékszervi tulajdonságok megőrzése szempontjából is. Az elvégzett mikrobiológiai, érzékszervi és kémiai vizsgálatok eredményei alapján az általam fejlesztett, 250 MPa és 60 °C kombinációjával kezelt smoothie termék fogyaszthatósági ideje 6 °C-on tárolva 14 napban határozható meg, de akár magasabb, 15 °C-os tárolás mellett is eltartható 7 napig. A termék pontos fogyaszthatósági idejének meghatározásához, az elvégzett vizsgálatokon túl további mikrobiológiai, analitikai, illetve érzékszervi vizsgálatokra is szükség lehet, például egyéb, a termékben esetlegesen előforduló patogén baktériumok (*E. coli*) vizsgálata, élesztő- és penészgombaszám meghatározás, pH, cukortartalom (Brix-fok), C-vitamin tartalom, melyeket a már elvégzett vizsgálatokkal együtt érdemes megismételni gyakoribb mintavételezés mellett.

Az eredmények alapján akár az ipari gyakorlatban is megfontolandó az enyhébb nyomáskezelés más technológiával, például kíméletes hőkezeléssel kombinálva alkalmazni a savas pH-jú termékek, pl. gyümölcs smoothie-k tartósítására, ezzel csökkentve a technológiai költségeket. A jövőbeni kutatások szempontjából releváns kérdés a kombinált technológia és a kizárólagos HHP-kezelés üzemeltetési költségeinek összehasonlító elemzése. Érdemes továbbá vizsgálni a technológiai szinergiákat a kíméletes hőkezelés alternatíváival, például a pulzáló elektromos térerő (PEF) alkalmazásával vagy természetes inhibitorok (például aszkorbinsav, citromsav) hozzáadásával, kitérve ezen eljárások komplex minőségi paramétereire és gazdasági hatékonyságára is.

Összeségében az eredmények alapján a tárolásnak volt a legnagyobb hatása a vizsgált paraméterekre, valamint az alkalmazott kezelések is okoztak változásokat a kezeletlen mintákhoz képest. A kombinált kezelések esetében a kezelési sorrendnek volt a legkisebb

szerepe a vizsgált jellemzők tekintetében, de bizonyos esetekben eltérést tapasztaltam a két különböző sorrendben alkalmazott kezelés hatása között.

Az érzékszervi jellemzők vizsgálata során a műszeres elemzés megerősítette a bírálók általi minősítés eredményeit, ezáltal megbízható, objektív eszközt biztosított a minták érzékszervi jellemzőinek meghatározására. A jövőbeni kutatások irányát célszerű kiterjeszteni az alkalmazott kezelések enzimaktivitásra gyakorolt hatásának vizsgálatára is. Emellett indokolt lehet a módszer alkalmazhatóságát egyéb, például bogyós gyümölcs alapú (málna, áfonya, szeder) smoothie-kban is tesztelni.

7. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Igazoltam, hogy a szamócapüré (pH 3,6) esetében az ipari gyakorlatban alkalmazott minimális 300 MPa nyomásérték alatti kezelések is biztonságos terméket eredményeznek, ha kombinált kezelést alkalmaztam, és a nyomásérték eléri vagy meghaladja a 200 MPa-t (5 perc, szobahőmérséklet), a hőkezelés mértéke pedig az 55 °C-ot (5 perc). Az így kezelt termék öszmikrobaszáma nem haladja meg a 10^3 TKE/ml értéket, és a *Salmonella*, ill. *Listeria monocytogenes* jelenléte sem kimutatható 14 napos 15°C-on történő tárolást követően.

Zakariás, F., Taczman-Brückner, A., Kiskó, G. és Dalmadi, I. (2026). Enhancing food safety in fruit smoothies: Efficacy of high hydrostatic pressure and mild heat against *Salmonella* and *Listeria monocytogenes*. *Progress in Agricultural Engineering Sciences*. (published online ahead of print 2026), 446.2025.00270, Article 446.2025.00270, Available From: AKJournals <https://doi.org/10.1556/446.2025.00270>

2. Igazoltam, hogy a smoothie termék (pH 4,5) esetében (szamóca (37%), banán (26%), mandulaital (24%), avokádó (13%), *Salmonella* Hartford induló sejtszám: 10^6 TKE/ml) az ipari gyakorlatban alkalmazott minimális 300 MPa nyomásérték alatti kezelések is biztonságos terméket eredményeznek, ha kombinált kezelést alkalmaztam, és a nyomásérték eléri vagy meghaladja a 250 MPa-t (5 perc, szobahőmérséklet), a hőkezelés mértéke pedig az 50 °C-ot (5 perc). Az így kezelt termékben a *Salmonella* jelenléte sem közvetlenül a kezelést követően, sem az azt követő 14 napos 15 °C-os tárolás alatt nem volt kimutatható, amennyiben a nyomáskezelés megelőzte a hőkezelést.

Zakariás, F., Taczman-Brückner, A., Kiskó, G. és Dalmadi, I. (2026). Enhancing food safety in fruit smoothies: Efficacy of high hydrostatic pressure and mild heat against *Salmonella* and *Listeria monocytogenes*. *Progress in Agricultural Engineering Sciences*. (published online ahead of print 2026), 446.2025.00270, Article 446.2025.00270, Available From: AKJournals <https://doi.org/10.1556/446.2025.00270>

3. Igazoltam, hogy a smoothie termék (pH 4,5) esetében (szamóca (37%), banán (26%), mandulaital (24%), avokádó (13%), *Listeria monocytogenes* induló sejtszám: 10^6 TKE/ml) a *Listeria monocytogenes* száma hatékonyan csökkenthető 100 TKE/ml alá, amennyiben a nyomásérték eléri vagy meghaladja a 200 MPa (5 perc, szobahőmérséklet), a hőkezelés mértéke pedig az 55 °C-ot (5 perc). Az így kezelt termékben a *Listeria monocytogenes* közvetlenül a kezelést követően, valamint az azt követő 14 napos 15 °C-os tárolás alatt a kimutatási határ alatt volt.

Zakariás, F., Taczman-Brückner, A., Kiskó, G. és Dalmadi, I. (2026). Enhancing food safety in fruit smoothies: Efficacy of high hydrostatic pressure and mild heat against *Salmonella* and *Listeria monocytogenes*. *Progress in Agricultural Engineering Sciences*. (published online ahead of print 2026), 446.2025.00270, Article 446.2025.00270, Available From: AKJournals <https://doi.org/10.1556/446.2025.00270>

4. Igazoltam, hogy a smoothie termék (pH 4,5) esetében (szamóca (37%), banán (26%), mandulaital (24%), avokádó (13%)) ha az alkalmazott kezeléskombináció nyomásszintje nem haladja meg a 250 MPa-t és a hőkezelés hőmérséklete nem haladja meg az 60 °C-ot, akkor az érzékszervi tulajdonságok jelentős romlásával nem kell számolni.

Zakariás, F., Hidas, K.I., Kovacs, Z., Bázár, G., Taczman-Brückner, A., Dalmadi, I. and Kiskó, G. (2024). Shelf Life and Organoleptic Attributes of Multifruit Smoothies Treated by Combined Mild Preservation Technologies. *Applied Sciences*, 14, 11223. <https://doi.org/10.3390/app142311223>

5. Igazoltam, hogy a kezelések sorrendje hatással volt a 14 napos hűtve tárolás alatt (6 °C) a smoothie termék (pH 4,5; szamóca (37%), banán (26%), mandulaital (24%), avokádó (13%)) bioaktív komponenseire. Az antocianin-tartalom és az összes polifenol-tartalom esetében az előbb alkalmazott 60 °C-os hő-, majd azt követő 250 MPa-os nyomáskezelés, míg az antioxidáns kapacitás esetében az előbb alkalmazott 250 MPa- os nyomás-, majd azt követő 60 °C-os hőkezelés őrizte meg hatékonyabban a bioaktív komponenseket.

8. ÖSSZEFOGLALÁS

Napjainkban még mindig a hőkezeléses tartósítás a vezető szerep a globális élelmiszer-ellátás biztonságának garantálásában; azonban a hőkezelés alkalmazása negatívan befolyásolhatja a termékek tápanyag-összetételét és érzékszervi tulajdonságait. A fogyasztók körében egyre népszerűbbek azok az eljárások, melyekkel a termékek értékes összetevői megőrizhetők, így sokan azokat az élelmiszereket részesítik előnyben, melyeket nem hőkezelésen alapuló technológiával tartósítottak. Ezeknek az igényeknek a kielégítésére jelentenek fontos alternatívát az élelmiszeripar számára a tartósítás új irányzataként megjelenő kíméletes technológiák (minimal processing), melynek közül dolgozatom témájául a nagy hidrosztatikus nyomású kezelést választottam. A HHP kezelt termékek fogyasztói elfogadottsága egyre nő és egyre nagyobb számban vannak jelen az élelmiszer-kereskedelemben. Ezt a technológiát a jelenlegi bevett ipari gyakorlat szerint jóval 300 MPa feletti nyomáson alkalmazzák, mivel a legtöbb vegetatív sejt inaktiválásához 400-600 MPa-ra van szükség. Ez azonban meglehetősen nagy költséget ró az iparra. Különböző technológiákat kombinálva (gátelmélet), azonban lehetőség nyílik arra, hogy alacsonyabb nyomásintenzitással is garantálható legyen az élelmiszerbiztonság, ezzel mérsékelve a feldolgozás költségeit. A kombinált kezelések másik nagy előnye, hogy a gátló tényezők hatása nem csak összeadódik, hanem szinergikus módon segítik egymást, így az önmagukban csekély kezelési szintek is eredményesek lehetnek a mikrobák inaktiválása szempontjából. Ezen felül hatásuk kedvezőbb lehet a termék érzékszervi tulajdonságainak és értékes komponenseinek megőrzése szempontjából is.

Dolgozatomban nagy hidrosztatikus nyomású kezelés és kíméletes hőkezelés különböző kombinációinak hatását vizsgáltam gyümölcslepő termékekre. A nagy hidrosztatikus nyomású kezelés egy speciális, 300 MPa alatti tartományának vizsgálatára helyeztem a hangsúlyt. Az alkalmazott kezelések és az azt követő kéthetes tárolás hatására végbemenő változások vizsgálata során elsősorban a mikrobiológiai és élelmiszerbiztonsági kérdésekre helyeztem a hangsúlyt. Kísérleteim egy részét szamóccával (szamócapürével) végeztem, majd a szamóccát, mint alapanyagot egy smoothie-ban, mint fő összetevő használtam fel, és a további vizsgálatokat ezzel a termékkel végeztem. Kíváncsi voltam, hogyan hatnak a kezelések, valamint a tárolás a termék általános mikrobiológiai állapotára, élelmiszerpatogén baktériumokra, valamint a termék érzékszervi jellemzőire. Céлом volt, egy olyan kezeléskombináció kiválasztása, amely élelmiszerbiztonsági és mikrobiológiai szempontból minimálisan szükséges a termék eltarthatóságának meghosszabbításához, ugyanakkor az eredeti tulajdonságait a lehető legkisebb

mértékben befolyásolja. Vizsgálataim tárgyát képezte az is, hogy van-e szerepe a kezelési sorrendnek, ha igen, melyik sorrend alkalmazása előnyösebb?

A mintaelőkészítés során a szamóca és a smoothie esetében is azonos módon jártam el. Az alapanyagokból a szamóca esetében passzírozógép, a smoothie esetében mixer segítségével homogén pürét készítettem, majd a kész püréket 25 g-os adagonként nyomásálló, steril tasakokba töltöttem. A szamóca és a smoothie minták egy részét még a tasakok zárása előtt beoltottam 10^6 TKE/ml induló koncentrációban *Listeria monocytogenes* és *Salmonella* Hartford keverékével, másik részét, közvetlenül a töltés után légmentesen (beoltatlanul) lezártam.

A mintákat ezután hő- és/vagy nyomáskezeltem. A kezeléseket 2^n típusú faktoriális kísérleti terv alapján végeztem. A szamócapürével több kezeléssorozatot is végeztem. Az első kísérlet során alkalmazott kezeléssorozatok paraméterei: 55, 65, 75 °C, 10 perc és 300, 450, 600 MPa, 5 perc voltak, míg a második kísérlet során 50, 55, 60 °C, 5 perces és 150, 200, 250 MPa, 5 perces kezeléseket alkalmaztam. Mind a két kísérletsorozatban 15 féle kezelés alkalmaztam, 3 ismétlésben. A smoothie minták esetében csak a második kísérlet beállításait alkalmaztam. A hőkezeléseket vízfürdőben, a HHP-kezeléseket a Resato FPU-100-2000 típusú berendezéssel végeztem szobahőmérsékleten. A kezeléseket követően a mintákat azonnal lehűtöttem jeges vízzel.

A szamócapürével magasabb nyomás- és hőmérséklettartományban végzett kísérlet esetében meghatároztam a friss (közvetlenül a kezeléseket után lehűtött minták), valamint 14 napig 6 °C és 15 °C-on tárolt minták összmikrobaszámát, *Salmonella* és *Listeria monocytogenes* számát, valamint *Salmonella* jelenlét/hiány próbát végeztem. Az élelmiszerpatogén mikroorganizmusok esetében a mintavételek időpontja megegyezett az összmikrobaszám vizsgálatok időpontjaival, de azokon felül a 3. és a 7. tárolási napon is történt mintavétel. Az alacsonyabb nyomás- és hőmérséklettartományban végzett kísérlet annyiban különbözött a magasabb nyomás- és hőmérséklettartományban végzett kísérlet esetében leírtaktól, hogy az összmikrobaszámok a 7. napon is meghatározásra kerültek. A smoothie esetében a szamócánál alkalmazott alacsonyabb nyomás- és hőmérséklettartományban végzett kísérletnél leírtak szerint jártam el, tehát a minták összmikrobaszámát friss, 7 és 14 napig 6 °C és 15 °C-on tárolt mintákból, a *Salmonella* és *Listeria monocytogenes* számát, valamint a *Salmonella* jelenlétét (jelenlét/hiány próba) friss, 3, 7 és 14 napig 6 °C és 15 °C-on tárolt mintákból határoztam meg.

A mikrobiológiai vizsgálatokon túlmenően a smoothie mintákkal érzékszervi bírálatot, valamint reológiai és színmérést, elektronikus nyelvvel és orral történő analízist is végeztem, valamint meghatároztam a mintákban lévő bioaktív komponensek: antocianin-tartalom, összes polifenol-tartalom mennyiségét és a minták antioxidáns kapacitását is azon kiválasztott minták esetében, melyeket a mikrobiológiai eredmények alapján a legmegfelelőbbnek ítéltam meg.

Az eredmények értékeléséhez többféle statisztikai módszert: párosmintás T-próbát, egy- és kéttényezős ANOVA-modelleket, válaszfelület-analízist (RSM), főkomponens-elemzést (PCA), diszkriminancia-faktoranalízist (DFA) alkalmaztam.

A számacapürével 300-600 MPa-os nyomástartományban és 55-75 °C-os hőmérséklettartományban végzett kísérlet eredményei alapján, az önmagában alkalmazott 55 °C-os, ill. a 300 MPa-os kezelések kivételével valamennyi kezelés elfogadható szinten ($<10^3$ TKE/ml) tudta tartani az összmikrobaszámot a kéthetes 6 °C és 15 °C-os tárolás során egyaránt. Az összmikrobaszámokra illesztett válaszfelületek alapján az alkalmazott kezelések és az összmikrobaszámok között lineáris kapcsolat volt, és nem volt különbség a kezelések között azok sorrendjét illetően. A *Salmonella* és *Listeria monocytogenes* csak a friss kontroll mintában volt kimutatható, valamennyi kezelés hatásosan inaktiválta a patogén mikrobákat.

A számacapürével 150-250 MPa-os nyomástartományban és 50-60 °C-os hőmérséklettartományban végzett kísérlet során az önmagában alkalmazott 50 °C-os hőkezelés és az önmagában alkalmazott 150 MPa-os nyomáskezelés kivételével a 14 napig 6 °C-on tárolt valamennyi minta összmikrobaszáma megfelelőnek bizonyult a 4/1998 (XI.11.) EüM rendelet alapján. A magasabb, 15 °C-os tárolás során azonban már csak azok a minták feleltek meg a rendeletnek, melyeknél kombinált kezelést alkalmaztam, kivéve azt az esetet, amikor a két legalacsonyabb szintű kezelést (50 °C és 150 MPa) kombináltam egymással. Az összmikrobaszámokra illesztett válaszfelületek többsége ez esetben is lineáris volt, azonban különbség volt a kezelési sorrend tekintetében a 7 napig 6 °C-on tárolt minták között. A TP sorrendnél a változók közti kapcsolat ugyan nem volt teljesen lineáris, de inkább a lineáris modell dominált, míg a PT sorrend esetén görbült válaszfelületet kaptam. A kezelések ez esetben is hatásosak voltak a *Salmonellával* és a *Listeria monocytogenes*-szel szemben. A *Salmonella* ez esetben a kontrollból és a 150 MPa-on nyomáskezelt mintából volt kimutatható a 6 °C-os és 15 °C-os tárolás során, míg a *Listeria monocytogenes* csak a 15 °C-on tárolt kontroll mintából.

A smoothie minták esetében az alkalmazott kezelések hatására mind a *Salmonella*, mind a *Listeria monocytogenes* számos esetben kimutatási határ alatt maradt. Mindkét kórokozó nál, azokban az esetekben, amikor számolható eredményt kaptam a tárolás során csökkenő tendenciát figyeltem meg. Bár a *Salmonella* számok a magasabb hőmérsékleten történő tárolás mellett kezdetben növekedtek, a 3. nap után ez esetben is csökkenő tendenciát mutattak. A kezelések patogén baktériumokra gyakorolt hatásának vizsgálata során megállapítottam, hogy a *Listeria monocytogenes* ellenállóbbnak bizonyult a *Salmonellával* szemben. Előbbi esetében még 250 MPa-os kezelést alkalmazva is növekedést tapasztaltam, míg utóbbi ennél a kezelési szintnél csak jelenlét-hiány próbával volt kimutatható a kontrollból és a 3. napos 15 °C-os tárolás esetében.

A *Salmonella* szám meghatározása csak a kontroll, az 50 °C-on, 150 MPa-on, 50 °C-150 MPa-on és a 150 MPa 50 °C-on kezelt mintákban volt lehetséges, de a kórokozó jelenlét/hiány próbával kimutatható volt a friss és a 3 napig 15 °C-on tárolt 250 MPa-on kezelt mintából, valamint a friss 50 °C-250 MPa-on, az 55 °C-200 MPa-on és a 200 MPa-55 °C-on kezelt minták esetében is. A jelenlét-hiány próba a 250 MPa-on kezelt minták esetében különböző eredményt adott a 3 napig 6 °C-on , illetve 15 °C-on tárolt minták esetében. Előbbinél negatív, utóbbinál pozitív eredményt kaptam. Szintén különbség volt azoknál a mintáknál, ahol az 50 °C-os hőkezelést 250 MPa-os nyomáskezeléssel kombináltam. Az előbb hő-, majd nyomáskezelt mintánál pozitív, míg a fordított sorrendben kezelt párjánál negatív eredményt kaptam.

A *Listeria* esetében jelenlét-hiány próbát nem végeztem, mivel előzetes kísérlet alapján megállapítottam, hogy a smoothie minta nem támogatta a *Listeria monocytogenes* növekedését.

Mind a két kórokozóra a tárolási hőmérsékletnek és az alkalmazott kezeléseknak is hatása volt és bizonyos esetekben a kezelések sorrendje is szignifikáns különbségeket eredményezett. A *Salmonella* és a *Listeria monocytogenes* esetében is a PT sorrend volt az előnyösebb. *Salmonella* esetében a 150 MPa-os nyomáskezelés és az 50 °C-os hőkezelés kombinációját PT sorrendben alkalmazva hatékonyabban csökkenést értem el a 3. napig 6 °C-on tárolt, valamint a 7. napig 15 °C-on tárolt mintáknál, mint TP sorrend esetében. A *Listeria monocytogenes* szám vizsgálata során a 3. napig tárolt, 150 MPa-50 °C-on kezelt mintáknál ugyancsak a PT sorrend volt hatásosabb a fordított sorrendben alkalmazott párjánál.

A smoothie minták összmikrobaszámai a 6 °C-os tárolás során a kontrollnál, illetve azokban az esetekben, amelyekben csak hő- vagy csak nyomáskezelést alkalmaztam, a kiinduló sejtszámhoz képest akár 2,5-3-nagyságrenddel növekedtek a kéthetes tárolás végére. Viszont azoknál a mintáknál, amelyeknél kombinált kezeléseket alkalmaztam az összesesíra számok közel változatlanok maradtak és a 4/1998 (XI.11.) EüM rendelet alapján megfelelő minőségű mintát eredményeztek. A kéthetes 15 °C-on történő tárolás során a minták összmikrobaszám értékei növekvő tendenciát mutattak, de azoknál a mintáknál, amelyeknél erőteljesebb kezeléseket alkalmaztam, egy hét elteltével még nagyjából a 0. napon mért értékekkel megegyező sejtszámokat mértem. Abban a két esetben, amikor 60 °C-ot a legmagasabb, 250 MPa-os nyomsással kombináltam, két hét elteltével az összmikrobaszám növekedésének mértéke kisebb volt (2-2,5 nagyságrendnyi), mint a többi kezelés esetén (akár 6-7,5 nagyságrendnyi). A két hétig 15 °C-on tárolt minták közül egy sem felelt meg a 4/1998 (XI.11.) EüM rendelet előírásának. Az összmikrobaszámokra ugyancsak a tárolási hőmérsékletnek és az alkalmazott kezeléseknak volt leginkább hatása. Az eredményekre illesztett válaszfülek többsége ez esetben is lineáris volt és

a számócahoz hasonlóan itt is a 7 napig 6 °C-on tárolt mintáknál volt különbség a kezelési sorrendek között. A PT sorrend görbült, míg a TP sorrend sík válaszfelületet eredményezett.

Az eredmények alapján a további vizsgálatokhoz a 250 MPa és 60 °C kombinációjával kezelt smoothie mintákat (PT és TP sorrend is) választottam. Ugyan a két vizsgált patogén mikroorganizmus (*Salmonella*, *Listeria monocytogenes*) inaktiválásához már az önmagában alkalmazott 60 °C-os hőkezelés is elegendőnek bizonyult, az öszmikrobaszám határéték (10^3 TKE/ml) alatt tartásához már mindenképpen kombinált kezelésre volt szükség. Az érzékszervi bírálat során a bírálóknak friss, valamint két hétig tárolt 60 °C-250 MPa-on kezelt, illetve 250 MPa-60 °C-on kezelt mintákat kellett rangsorolniuk a következő szempontok szerint: a legkevésbé barnától a legbarnábbig; a legkevésbé gyümölcsös illatútól a leginkább gyümölcsös illatúig; a legkevésbé sűrű állománytól a leginkább sűrű állományig; a legkevésbé gyümölcsös íztől a leginkább gyümölcsös ízűig; a legkevésbé kedveltől a leginkább kedveltig. A vizsgált szempontok alapján a bírálók különbséget tudtak tenni a friss és a tárolt minták között, valamint bizonyos esetekben a kezelt és a kezeletlen minták között, azonban a kezelések sorrendjét nem minősítették befolyásoló tényezőnek.

A műszeres vizsgálatok (viszkozitás mérés, színmérés, elektronikus orral és nyelvvel végzett vizsgálat) megerősítették a humán érzékszervi bírálat során tapasztaltakat. A minták érzékszervi tulajdonságait műszerekkel vizsgálva szintén azt tapasztaltam, hogy azokra a tárolás volt a legnagyobb hatással, valamint a kezelések is változásokat eredményeztek a kezeletlen mintákhoz képest. A minták állományának humán érzékszervi bírálata és a reométerrel történő vizsgálat alapján is a 14 napig tárolt kontroll minta hasonlított legkevésbé a friss kontrollhoz. Érdekes azonban, hogy a bírálók a 14 napig tárolt kontroll mintát érzékelték a legsűrűbbnek, míg a műszeres mérés alapján ez volt a leghígabb minta.

A minták között, azok színe alapján sem a bírálók, sem a műszeres mérés alapján nem lehetett számottevő különbséget tenni. A kezelési sorrendet vizsgálva a két hétig 6 °C-on tárolt minták a* tényezőjének és színezeti szögének vizsgálata során tapasztaltam különbséget. Az a* tényező PT sorrend alkalmazása esetén hasonlítottak jobban a kontrollra, míg a színezeti szög éppen az ellenkező sorrendű kezeléskor. Megállapítottam, hogy a smoothie gyümölcsös illatának kialakításáért felelős, legdominánsabb illékony komponensek az acetaldehid, az etanol, a propánal, a hexanal és az 1-hexanol voltak. A kéthetes 6 °C-on történő tárolás során bizonyos illékony komponensek elvesztek, a benzaldehid, az etanol és az etil-hexanoát intenzitása csökkenést, míg az oktanol növekedés mutatott valamennyi mintában. A propánal és az acetaldehid intenzitása szintén növekedést mutatott a kontroll és a 60 °C-250 MPa-on kezelt mintában.

A minták elektronikus nyelvvel történő vizsgálata alapján a két friss, kezelt minta hasonlított legjobban a friss kontrollhoz, és a 14 napig tárolt kontroll tért el attól a leginkább. Az érzékszervi tulajdonságok vizsgálata során a bírálók nem tudtak különbséget tenni a minták között az alapján, hogy milyen sorrendben lettek kezelve, azonban műszeres méréssel az íz és az illat esetében ez lehetséges volt. Az elektronikus nyelv és orr egyaránt meg tudta különböztetni a TP és PT sorrendben kezelt tárolt mintákat egymástól. A bioaktív komponensekre a kezeléseknek, azok sorrendjének és az összes polifenol-tartalom kivételével a tárolásnak is szignifikáns hatása volt. Az antocianin-tartalom és az összes polifenol-tartalom esetében a TP sorrend, míg az antioxidáns kapacitás esetében a PT sorrend volt előnyösebb.

Az általam végzett kísérletek eredményei alapján, az ipari gyakorlatnál jóval alacsonyabb, 300 MPa alatti tartományban végzett nyomáskezelés kíméletes hőkezeléssel kombinálva is ígéretes lehet a gyümölcs smoothie eltarthatóságának meghosszabbítására, valamint *Salmonella* és *Listeria monocytogenes* inaktiválására.

9. SUMMARY

Today, heat treatment still plays a leading role in ensuring global food supply security; however, heat treatment can have a negative impact on the nutritional composition and sensory properties of products. Processes that preserve the valuable components of products are becoming increasingly popular among consumers, with many preferring products that have been preserved using non-heat-based technologies. To meet these demands, gentle technologies (minimal processing), which are emerging as a new trend in preservation, represent an important alternative for the food industry. For my thesis, I chose high hydrostatic pressure treatment as my topic. HHP-treated products are becoming increasingly popular with consumers and are increasingly present in the food trade. According to current industry practice, this technology is used at pressures well above 300 MPa, as most vegetative cells require 400-600 MPa to be inactivated, but this imposes a considerable cost on the industry. However, by combining different technologies (inhibition theory), it is possible to guarantee food safety even at lower pressure intensities, thereby reducing processing costs. Another major advantage of combined treatments is that the inhibitory factors not only add up, but also help each other synergistically, so even low treatment levels can be effective in inactivating microbes. In addition, their effect may also be more favourable in terms of preserving the sensory properties and valuable components of the product.

In my thesis, I investigated the effects of various combinations of high hydrostatic pressure (HHP) treatment and mild heat treatment on fruit puree products. I placed particular emphasis on examining a specific range of high hydrostatic pressure treatment below 300 MPa. When examining the changes that occurred because of the treatments applied and the subsequent two weeks of storage, I focused on microbiological and food safety issues. I conducted some of my experiments with strawberry puree, then used the strawberry puree as a base ingredient in a smoothie as the main component and conducted further tests with this product. I was curious to see how the treatments and storage affected the overall microbiological condition of the product, food-pathogenic bacteria, and the sensory characteristics of the product. My goal was to select a combination of treatments that would be minimally necessary from a food safety and microbiological point of view to extend the shelf life of the product, while affecting its original properties as little as possible. My research also examined whether the order of treatment plays a role and, if so, which order is more advantageous.

I used the same method for preparing the strawberry and smoothie samples. I used a food mill to make a smooth puree from the strawberries and a blender for the smoothie, then filled pressure-resistant, sterile bags with 25 g portions of the purees. Before sealing the bags, I inoculated some

of the strawberry and smoothie samples with a mixture of *Listeria monocytogenes* and *Salmonella* Hartford at an initial concentration of 10^6 TKE/ml, while the rest were sealed airtight (without inoculation) immediately after filling.

The samples were then heat- and/or pressure-treated. The treatments were carried out according to a 2n factorial experimental design. I performed several treatment series with the strawberry puree. The treatment parameters used in the first experiment were: 55, 65, 75 °C, 10 minutes and 300, 450, 600 MPa, 5 minutes, while in the second experiment I used 50, 55, 60 °C, 5 minutes and 150, 200, 250 MPa, 5 minutes treatments. In both series of experiments, I used 15 types of treatment, repeated 3 times. In the case of the smoothie samples, I only applied the settings from the second experiment. The heat treatments were performed in a water bath, and the HHP treatments were performed at room temperature using a Resato FPU-100-2000 device. After the treatments, the samples were immediately cooled with ice water.

In the case of experiments conducted at higher pressure and temperature ranges with the sampler, I determined the total colony count, the number of *Salmonella* and *Listeria monocytogenes* and the presence /absence of *Salmonella* in fresh samples (cooled immediately after treatment) and samples stored at 6 °C and 15 °C for 14 days. For foodborne microorganisms, the sampling dates were the same as those for the total colony count tests, but additional samples were taken on the 3rd and 7th days of storage. The experiment conducted at lower pressure and temperature ranges differed from that described for the experiment conducted at higher pressure and temperature ranges in that the total colony counts were also determined on day 7. For the smoothie, I proceeded as described for the experiment conducted at lower pressure and temperature ranges with strawberries, i.e. I determined the total colony count of the samples from fresh samples stored at 6 °C and 15 °C for 7 and 14 days, and the number of *Salmonella* and *Listeria monocytogenes* and *Salmonella* presence/absence from fresh samples stored at 6 °C and 15 °C for 3, 7 and 14 days.

In addition to microbiological tests, I also performed sensory evaluation, rheological and colour measurements, electronic tongue and nose analysis on the smoothie samples, and determined the bioactive components in the samples: anthocyanin content, total polyphenol content, and antioxidant capacity in selected samples that I considered most suitable based on the microbiological results.

I used several statistical methods to evaluate the results: paired T-tests, one- and two-factor ANOVA models, response surface analysis (RSM), principal component analysis (PCA), and discriminant factor analysis (DFA).

Based on the results of experiments conducted with strawberry purée in a pressure range of 300-600 MPa and a temperature range of 55-75 °C, with the exception of the 55 °C and 300 MPa treatments applied alone, all treatments were able to maintain the total microbial count at an acceptable level ($<10^3$ TKE/ml) during two weeks of storage at 6 °C and 15 °C. Based on the response surfaces fitted to the total colony counts, there was a linear relationship between the treatments applied and the total colony counts, and there was no difference between the treatments in terms of their order. *Salmonella* and *Listeria monocytogenes* were only detected in the fresh control sample; all treatments effectively inactivated the pathogenic microbes.

In experiments conducted with strawberry purée in a pressure range of 150-250 MPa and a temperature range of 50-60 °C, heat treatment at 50 °C alone and pressure treatment at 150 MPa alone proved to be effective. Except for the 150 MPa pressure treatment applied alone, the total microbial count of all samples stored at 6 °C for 14 days proved to be acceptable according to Decree 4/1998 (XI.11.) EüM. However, during storage at the higher temperature of 15 °C, only those samples to which I applied combined treatment complied with the decree, except in the case where I combined the two lowest levels of treatment (50 °C and 150 MPa). Most of the response surfaces fitted to the total colony counts were linear in this case as well, but there was a difference in the treatment order between the samples stored at 6 °C for 7 days. In the TP order, the relationship between the variables was not completely linear, but the linear model dominated, while in the PT order I obtained a curved response surface. The treatments were effective against *Salmonella* and *Listeria monocytogenes*. In this case, *Salmonella* was detected in the control and the sample treated at 150 MPa during storage at 6 °C and 15 °C, while *Listeria monocytogenes* was detected only in the control sample stored at 15 °C.

In the case of smoothie samples, because of the treatments applied, both *Salmonella* and *Listeria monocytogenes* remained below the detection limit in many cases. For both pathogens, in cases where I obtained quantifiable results, I observed a downward trend during storage. Although *Salmonella* counts initially increased at higher storage temperatures, they also showed a downward trend after day 3. When examining the effect of the treatments on pathogenic bacteria, I found that *Listeria monocytogenes* was more resistant than *Salmonella*. In the former case, I observed an increase even with a treatment of 250 MPa, while in the latter case, at this treatment level, it was only detectable by a presence-absence test from the control and after 3 days of storage at 15 °C.

The *Salmonella* count could only be determined in the control samples and in the samples treated at 50 °C, 150 MPa, 50 °C-150 MPa, and 150 MPa 50 °C, but the presence/absence of the pathogen was detected in the fresh and 3-day-old samples treated at 250 MPa and stored at 15 °C, as well as in the fresh samples treated at 50 °C-250 MPa, 55 °C-200 MPa, and 200 MPa-55 °C. The

presence/absence test gave different results for samples treated at 250 MPa stored at 6 °C and 15 °C for 3 days. I obtained a negative result for the former and a positive result for the latter. There was also a difference in the samples where I combined heat treatment at 50 °C with pressure treatment at 250 MPa. I obtained a positive result for the sample that was first heat-treated and then pressure-treated, while I obtained a negative result for the sample that was treated in the reverse order.

I did not perform a presence/absence test for *Listeria*, as I had determined in preliminary experiments that the smoothie sample did not support the growth of *Listeria monocytogenes*.

In the case of both pathogens, storage temperature and the treatments applied had an effect, and in certain cases, the order of treatments also resulted in significant differences. In the case of *Salmonella* and *Listeria monocytogenes*, the PT sequence was also more advantageous. In the case of *Salmonella*, the combination of 150 MPa pressure treatment and 50 °C heat treatment applied in PT order achieved a more effective reduction in samples stored at 6 °C until day 3 and at 15 °C until day 7 than in the case of TP order. When examining the number of *Listeria monocytogenes*, the PT sequence was also more effective than its reverse counterpart in samples stored for 3 days and treated at 150 MPa-50 °C.

The total colony counts of the smoothie samples stored at 6 °C increased by up to 2.5-3 orders of magnitude compared to the initial cell count at the end of two weeks of storage in the control and in cases where only heat or pressure treatment was applied. However, in samples where I used combined treatments, the total colony counts remained almost unchanged and resulted in samples of adequate quality according to Decree 4/1998 (XI.11.) EüM. During two weeks of storage at 15 °C, the total colony count values of the samples showed an upward trend, but in the samples that underwent more intensive treatment, I measured cell counts after one week that were roughly the same as those measured on day 0. In the two cases where I combined 60 °C with the highest pressure of 250 MPa, the increase in total colony count after two weeks was smaller (2-2.5 orders of magnitude) than in the other treatments (up to 6-7.5 orders of magnitude). None of the samples stored at 15 °C for two weeks complied with the requirements of Decree 4/1998 (XI.11.) EüM. The total colony count was also most affected by the storage temperature and the treatments applied. In this case, most of the response surfaces fitted to the results were linear, and, as with strawberries, there was a difference between the treatment sequences in the samples stored at 6 °C for 7 days. The PT sequence resulted in a curved response surface, while the TP sequence resulted in a flat response surface.

Based on the results, I selected smoothie samples treated with a combination of 250 MPa and 60 °C (both PT and TP sequences) for further testing. Although heat treatment at 60 °C alone proved

sufficient to inactivate the two pathogenic microorganisms tested (*Salmonella* and *Listeria monocytogenes*), combined treatment was necessary to keep the total colony count below the limit value (10^3 TKE/ml). During the sensory evaluation, the evaluators had to rank fresh samples and samples stored for two weeks and treated at 60 °C-250 MPa or 250 MPa-60 °C according to the following criteria: from least brown to most brown; from least fruity to most fruity aroma; from least dense to most dense texture; from least fruity to most fruity taste; from least preferred to most preferred. Based on the criteria examined, the judges were able to distinguish between fresh and stored samples, and in some cases between treated and untreated samples, but they did not consider the order of treatment to be an influencing factor.

Instrumental tests (viscosity measurement, colour measurement, electronic nose and tongue tests) confirmed the findings of human sensory evaluation. When examining the sensory properties of the samples with instruments, I also found that storage had the greatest effect on them, and that the treatments also resulted in changes compared to the untreated samples. Based on both the human sensory evaluation of the samples texture and the rheometric analysis, the control sample stored for 14 days resembled the fresh control the least. Interestingly, however, the evaluators perceived the 14-day control sample as the thickest (most viscous), while according to the instrumental measurement, this was the thinnest sample.

Regarding the color of the samples, no significant differences could be distinguished either by the evaluators or the instrumental measurement. Examining the treatment sequence, differences were observed in the a^* factor and the hue angle of the samples stored at 6 °C for two weeks. The a^* factor was more similar to the control when the PT sequence was used, while the colour angle was more similar when the opposite sequence was used.

I found that the most dominant volatile components responsible for the fruity aroma of the smoothie were acetaldehyde, ethanol, propanal, hexanal, and 1-hexanol. During two weeks of storage at 6 °C, certain volatile components were lost, with a decrease in the intensity of benzaldehyde, ethanol, and ethyl hexanoate, while octanol showed an increase in all samples. The intensity of propanal and acetaldehyde also increased in the control and 60 °C-250 MPa-treated samples.

Based on the electronic tongue analysis of the samples, the two fresh, treated samples resembled the fresh control the most, while the 14-day stored control deviated from it significantly. During the sensory evaluation, the judges were unable to distinguish between the samples based on the treatment sequence; however, with instrumental measurements, this differentiation was possible regarding both taste and aroma. Both the electronic tongue and the electronic nose were able to distinguish the stored samples treated in TP and PT sequences from each other.

In addition to the treatments, their sequence, and total polyphenol content, storage also had a significant effect on bioactive components. For anthocyanin content and total polyphenol content, the TP sequence was more favourable, while for antioxidant capacity, the PT sequence was more favourable.

Based on the results of my experiments, pressure treatment in the range below 300 MPa, which is much lower than industrial practice, combined with gentle heat treatment, may be promising for extending the shelf life of fruit smoothies and inactivating *Salmonella* and *Listeria monocytogenes*.

10. MELLÉKLETEK

M1 Irodalomjegyzék

4/1998. (XI. 11.) EüM rendelet az élelmiszerekben előforduló mikrobiológiai szennyeződések megengedhető mértékéről.

Afzal, M. F., Khalid, W., Akram, S., Khalid, M. A., Zubair, M., Kauser, S., Mohamedahmed, K. A., Aziz A. és Siddiqui, S. A. (2022a) Bioactive profile and functional food applications of banana in food sectors and health: a review. *International Journal of Food Properties*, 25(1), pp. 2286–2300. <https://doi.org/10.1080/10942912.2022.2130940>

Afzal, M., Akhtar, A., Bukhari, R. A., Hasan, S. Z. U. és Syed, H. A. S. E. E. B. (2022b) A review on avocado fruit: Description, morphological characteristics, composition, nutritional benefits and propagation technique. *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology*, 23, pp. 32–41.

Aganovic, K., Hertel, C., Vogel, R. F., Johne, R., Schlüter, O., Schwarzenbolz, U., Jäger, H., Holzhauser, T., Bergmair, J. és Roth, A. *et al.* (2021) Aspects of high hydrostatic pressure food processing: Perspectives on technology and food safety. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20, pp. 3225–3266. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.tb08916.x>.

Al-Kharousi, Z. S., Guizani, N., Al-Sadi, A. M., Al-Bulushi, I. M. és Shaharoon, B. (2016) Hiding in fresh fruits and vegetables: opportunistic pathogens may cross geographical barriers. *International Journal of Microbiology*, Article ID 4292417, pp. 1–14. <https://doi.org/10.1155/2016/4292417>

Álvarez-Ordóñez, A., Fernández, A., Bernardo, A., and López, M. (2010). Acid tolerance in *Salmonella* Typhimurium induced by culturing in the presence of organic acids at different growth temperatures. *Food Microbiology*, 27(1): 44–49, <https://doi.org/10.1016/j.fm.2009.07.015>

Álvarez-Ordóñez, A., Prieto, M., Bernardo, A., Hill, C., and López, M. (2012). The acid tolerance response of *Salmonella* spp.: an adaptive strategy to survive in stressful environments prevailing in foods and the host. *Food Research International*, 45(2): 482–492, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.04.002>

Balali, G. I., Yar, D. D., Afua Dela, V. G. és Adjei-Kusi, P. (2020) Microbial contamination, an increasing threat to the consumption of fresh fruits and vegetables in today's world. *International Journal of Microbiology*, Article ID 3029295. <https://doi.org/10.1155/2020/3029295>

Barba, F.J., Criado, M.N., Belda-Galbis, C.M., Esteve, M.J., and Rodrigo, D. (2014). *Stevia rebaudiana* Bertoni as a natural antioxidant/antimicrobial for high pressure processed fruit extract: processing parameter optimization. *Food Chemistry*, 148: 261–267, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.10.048>

Barbosa-Cánovas, G. V., Swanson, B. P., Pothakamury, U. R. és Palou, E. (1997) *Nonthermal Preservation of Foods*. New York: Marcel Dekker.

Bartula, K., Begley, M., Latour, N. és Callanan, M. (2023) Growth of food-borne pathogens *Listeria* and *Salmonella* and spore-forming *Paenibacillus* and *Bacillus* in commercial plant-based milk alternatives. *Food Microbiology*, 109, Article ID 104143. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2022.104143>

- Benzie, I. F. F. és Strain, J. J. (1996) The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of “Antioxidant Power”: The FRAP Assay. *Analytical Biochemistry*, 239, pp. 70–76. <https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292>
- Berger, J., Bravay, G. és Berger, M. (1997) *Almond milk preparation process and products obtained*. US Patent 5656321 A. Granted 12 August 1997.
- Bleoanca, I., Patraşcu, L. és Borda, D. (2021) Quality and Stability Equivalence of High Pressure and/or Thermal Treatments in Peach–Strawberry Puree. A Multicriteria Study. *Foods*, 10(11), Article ID 2580. <https://doi.org/10.3390/foods10112580>
- Boeing, H., Bechthold, A., Bub, A., Ellinger, S., Haller, D., Kroke, A., Leschik-Bonnet, E., Müller, M.J., Oberritter, H., Schulze, M., Stehle, P., and Watzl, B. (2012). Critical review: vegetables and fruit in the prevention of chronic diseases. *European Journal of Nutrition*, 51(6): 637–663, <https://doi.org/10.1007/s00394-012-0380-y>
- Boór, A. és Bélafiné, B. K. (2012) *Antioxidáns tartalom meghatározása kökény (Prunus spinosa L.) és húsos som (Cornus mas L.) gyümölcsökben*. Veszprém: Pannon Egyetem, Műszaki Kémiai Kutató Intézet.
- Buzrul, S., Alpas, H., Largeteau, A., and Demazeau, G. (2008). Inactivation of *Escherichia coli* and *Listeria innocua* in kiwifruit and pineapple juices by high hydrostatic pressure. *International Journal of Food Microbiology*, 124(3): 275–278, <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2008.03.015>
- Callejón, R.M., Rodríguez-Naranjo, M.I., Ubeda, C., Hornedo-Ortega, R., Garcia-Parrilla, M.C., and Troncoso, A.M. (2015). Reported foodborne outbreaks due to fresh produce in the United States and European Union: trends and causes. *Foodborne Pathogens and Disease*, 12(1): 32–38, <https://doi.org/10.1089/fpd.2014.1821>
- Cao, X., Liu, F., Wu, J., Liao, X., and Hu, X. (2014). Effects of high hydrostatic pressure combined with blanching on microorganisms and quality attributes of cloudy and clear strawberry juices. *International Journal of Food Properties*, 17(9): 1900–1920, <https://doi.org/10.1080/10942912.2013.766887>
- Capellas, M., Mor-Mur, M., Gervilla, R., Yuste, J. és Guamis, B. (2000) Effect of high pressure combined with mild heat or nisin on inoculated bacteria and mesophiles of goat’s milk fresh cheese. *Food Microbiology*, 17(6), pp. 633–641. <https://doi.org/10.1006/fmic.2000.0359>
- Carstens, C.K., Salazar, J.K., and Darkoh, C. (2019). Multistate outbreaks of foodborne illness in the United States associated with fresh produce from 2010 to 2017. *Frontiers in Microbiology*, 10: 2667, <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.02667>
- Chavan, R., Ansari, M. és Bhatt, S. (2016) Packaging: Aseptic Filling. In: *Encyclopedia of Food and Health*. London: Academic Press, pp. 191–198. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00512-2>
- Chermon, D., Gelman, O., and Birk, R. (2024). Blending towards healthier lifestyles: the impact of regular fruit and vegetable smoothie consumption on dietary patterns and sustainable health behaviors. *American Journal of Health Promotion*, 38(8): 1210–1216, <https://doi.org/10.1177/08901171241258552>

Christensen, Z. T., Ogden, L. V., Dunn, M. L. és Eggett, D. L. (2006) Multiple comparison procedures for analysis of ranked data. *Journal of Food Science*, 71, pp. S132–S143. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.tb08916.x>.

Da Silva-Mojón, L., Pérez-Lamela, C., and Falqué-López, E. (2023). Smoothies marketed in Spain: are they complying with labeling legislation? *Nutrients*, 15(20): 4426, <https://doi.org/10.3390/nu15204426>

de Oliveira Ribeiro, L., Almeida, A. C. S., de Carvalho, C. W. P., Borguini, R. G., Ferreira, J. C. S., Freitas, S. P. és da Matta, V. M. (2018) Effect of Processing on Bioactive Compounds, Physicochemical and Rheological Characteristics of Juçara, Banana and Strawberry Smoothie. *Plant Foods for Human Nutrition*, 73, pp. 222–227. <https://doi.org/10.1007/s11130-018-0681-2>.

Deák, T., Kiskó, G., Maráz, A. és Mohácsicsné Farkas, C. (2006) *Élelmiszer-mikrobiológia*. Budapest: Mezőgazda Kiadó.

Deplace, G. és Mertens, B. (1992) The commercial application of high pressure technology in the food. In: Balny, P. M. C. *et al.* (eds.) *High Pressure and Biotechnology*. Montrouge, France: John Libbey Eurotext, p. 469.

Di Cagno, R., Minervini, G., Rizzello, C.G., De Angelis, M., and Gobbetti, M. (2011). Effect of lactic acid fermentation on antioxidant, texture, color and sensory properties of red and green smoothies. *Food Microbiology*, 28(5): 1062–1071, <https://doi.org/10.1016/j.fm.2011.02.011>

Dyda, A., Nguyen, P.Y., Chughtai, A.A., and MacIntyre, C.R. (2020). Changing epidemiology of Salmonella outbreaks associated with cucumbers and other fruits and vegetables. *Global Biosecurity*, 1(3), <https://doi.org/10.31646/gbio.49>

EFSA BIOHAZ Panel (EFSA Panel on Biological Hazards) (2020). The public health risk posed by *Listeria monocytogenes* in frozen fruit and vegetables including herbs, blanched during processing. *EFSA Journal*, 18(4): 6092, 102, <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.6092>

Erkmen, O. (2011). Effects of high hydrostatic pressure on *Salmonella* Typhimurium and aerobic bacteria in milk and fruit juices. *Romanian Biotechnological Letters*, 16(5): 6540–6547.

Erkmen, O. and Doğan, C. (2004). Effects of ultra high hydrostatic pressure on *Listeria monocytogenes* and natural flora in broth, milk and fruit juices. *International Journal of Food Science and Technology*, 39(1): 91–97, <https://doi.org/10.1046/j.0950-5423.2003.00754.x>

Figura, L. O. és Teixeira, A. A. (2007) *Food Physics Physical Properties—Measurement and Applications*. Berlin/Heidelberg, Germany: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-34194-9>.

Gaggiotti, S., Mascini, M., Pittia, P., Della Pelle, F. és Compagnone, D. (2019) Headspace Volatile Evaluation of Carrot Samples—Comparison of GC/MS and AuNPs-HpDNA-Based E-Nose. *Foods*, 8(8), 293. <https://doi.org/10.3390/foods8080293>

Geppert, J. és Stamminger, R. (2010). Do consumers act in a sustainable way using their refrigerator? The influence of consumer real life behaviour on the energy consumption of cooling appliances. *International Journal of Consumer Studies*, 34(2), pp. 219–227. <https://doi.org/10.1111/j.1470-6431.2009.00837.x>

Giampieri, F., Forbes-Hernandez, T. Y., Gasparri, M., Alvarez-Suarez, J. M., Afrin, S., Bompadre, S., Quiles, J. L., Mezzetti, B. és Battino, M. (2015) Strawberry as a health promoter:

an evidence based review. *Food és Function*, 6(5), pp. 1386–1398. <https://doi.org/10.1039/c5fo00147a>.

Giusti, M. M. és Wrolstad, R. E. (2001) Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-Visible Spectroscopy. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, 00, pp. F1.2.1-F1.2.13. <https://doi.org/10.1002/0471142913.faf0102s00>.

Goel, M. (2024) Smoothies Market Size, Share, Industry, Forecast and outlook (2024-2031). Data M Intelligence. Elérhető: <https://www.datamintelligence.com/research-report/smoothies-market> (Hozzáférés: 23 July 2025).

Gong, Y., Yu, J. Y., Qian, P., Meng, J., Zhang, X. J. és Lu, R. R. (2015) Comparative study of the microbial stability and quality of carrot juice treated by high-pressure processing combined with mild temperature and conventional heat treatment. *Journal of Food Process Engineering*, 38(4), pp. 395–404. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12170>

González-Tejedor, G., Garre, A., Egea, J.A., Aznar, A., Artés-Hernández, F., and Fernández, P.S. (2023). Application of high hydrostatic pressure in fresh purple smoothie: microbial inactivation kinetic modelling and qualitative studies. *Food Science and Technology International*, 29(4): 372–382, <https://doi.org/10.1177/10820132221095607>

Goverd, K.A., Beech, F.W., Hobbs, R.P., and Shannon, R. (1979). The occurrence and survival of coliforms and *Salmonellas* in apple juice and cider. *Journal of Applied Microbiology*, 46: 521–530, <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.1979.tb00851.x>

Grand View Research (2024). *Smoothies market size, share és trends analysis report by product (fruit-based, dairy-based), by distribution channel (restaurants, smoothie bars, supermarkets és convenience stores), by region, and segment forecasts, 2024–2030*, Report ID: GVR-4-68039-936-3, Elérhető: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/smoothies-market-report> (Hozzáférés: 21 July 2025).

Han, Y., Selby, T. L., Schultze, K. K., Nelson, P. E. és Linton, R. H. (2004) Decontamination of strawberries using batch and continuous chlorine dioxide gas treatments. *Journal of Food Protection*, 67(11), pp. 2450–2455. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-67.11.2450>

Heinz, V. és Knorr, D. (2001) Effects of High Pressure on Spores. In: Hendrickx, M. E. G., Knorr, D., Ludikhuyze, L., Loey, A. és Heinz, V. (eds.) *Ultra High Pressure Treatment of Foods*. 1st edn. Boston, MA: Springer, pp. 77–113. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-0723-9>.

Hidas, K. I., Nyulas-Zeke, I. C., Szepessy, A., Romvári, V., Gerhart, K., Surányi, J., Laczay, P. és Darnay, L. (2023) Physical properties of hemp drink-based ice cream with different plant proteins guar gum and microbial transglutaminase. *LWT - Food Science and Technology*, 182, Article ID 114865. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114865>.

Hoover, D. G., Metrick, C., Papineau, S. és Knorr, D. (1989) Biological effects of high hydrostatic pressure on food microorganisms. *Food Technology*, 43(11), pp. 99–107.

Hu, K., Peng, D., Wang, L., Liu, H., Xie, B. és Sun, Z. (2020) Effect of mild high hydrostatic pressure treatments on physiological and physicochemical characteristics and carotenoid biosynthesis in postharvest mango, *Postharvest Biology and Technology*, 172, 111381. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2020.111381>

- Huang, H. W., Lung, H. M., Yang, B. B. és Wang, C. Y. (2014) Responses of microorganisms to high hydrostatic pressure processing. *Food Control*, 40, pp. 250–259. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.12.007>.
- Huang, Y., Ye, M., and Chen, H. (2013). Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* spp. in strawberry puree by high hydrostatic pressure with/without subsequent frozen storage. *International Journal of Food Microbiology*, 160(3): 337–343, <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2012.11.008>
- Hurtado, A., Guamis, B., Sánchez, C., and Ferragut, V. (2016). Stabilization of red fruit-based smoothies by high-pressure processing. Part A. Effects on microbial growth, enzyme activity, antioxidant capacity and physical stability. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7796>
- Hurtado, A., Picouet, P., Jofré, A., Guàrdia, M.D., Ros, J.M., and Bañón, S. (2015). Application of high pressure processing for obtaining “fresh-like” fruit smoothies. *Food and Bioprocess Technology*, 8(12): 2470–2482, <https://doi.org/10.1007/s11947-015-1598-5>
- Işiker, G., Gurakan, G.C., and Bayindirli, A. (2003). Combined effect of high hydrostatic pressure treatment and hydrogen peroxide on *Salmonella* Enteritidis in liquid whole egg. *European Food Research and Technology*, 217(3): 244–248, <https://doi.org/10.1007/s00217-003-0759-3>
- Ito, M., Ikehama, K., Yoshida, K., Haraguchi, T. és Yoshida, M. (2013) Bitterness prediction of H₁ -antihistamines and prediction of masking effects of artificial sweeteners using an electronic tongue. *International Journal of Pharmaceutics*, 441, pp. 121–127.
- Jay, J. M., Loessner, M. J. és Golden, D. A. (2005) Culture Methods and Cultured Dairy Products, in *Modern Food Microbiology*. 7. kiadás. New York, NY: Springer, 443–478. o.
- Kalia, A. (2020) Microbiology of Fresh Bananas and Processed Banana Products, in Siddiq, M., Ahmed, J. és Lobo, M. G. (szerk.) *Handbook of Banana Production, Postharvest Science, Processing Technology, and Nutrition*. Hoboken, NJ: John Wiley és Sons, Ltd, 243–264. o.
- Keenan, D.F., Brunton, N.P., Gormley, T.R., Butler, F., Tiwari, B.K., and Patras, A. (2010). Effect of thermal and high hydrostatic pressure processing on antioxidant activity and colour of fruit smoothies. *Innovative Food Science és Emerging Technologies*, 11(4): 551–556, <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2010.07.003>
- Keenan, D. F., Brunton, N. P., Mitchell, M., Gormley, R. és Butler, F. (2012a) Flavour profiling of fresh and processed fruit smoothies by instrumental and sensory analysis. *Food Research International*, 45, pp. 17–25. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.10.002>
- Keenan, D. F., Tiwari, B. K., Patras, A., Gormley, R., Butler, F. és Brunton, N. P. (2012b) Effect of sonication on the bioactive, quality and rheological characteristics of fruit smoothies. *International Journal of Food Science and Technology*, 47, pp. 827–836. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02915.x>
- Keenan, D.F., Rößle, C., Gormley, R., Butler, F. és Brunton, N.P. (2012c) Effect of high hydrostatic pressure and thermal processing on the nutritional quality and enzyme activity of fruit smoothies, *LWT - Food Science and Technology*, 45(1), 50–57. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.07.006>

- Kim, T.E., Gil, B., Kim, C.T. és Cho, Y.J. (2017) Enrichment of Phenolics in Harvested Strawberries by High-Pressure Treatment, *Food and Bioprocess Technology*, 10(1), 222–227. <https://doi.org/10.1007/s11947-016-1821-z>
- Knorr, D. (1995) Hydrostatic pressure treatment of food: microbiology. In: Gould, G. W. (ed.) *New Methods of Food Preservation*. New York: Blackie Academic and Professional, p. 159.
- Koseki, S., Mizuno, Y., and Yamamoto, K. (2007). Predictive modeling of the recovery of *Listeria monocytogenes* on sliced cooked ham after high pressure processing. *International Journal of Food Microbiology*, 119(3): 300–307, <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2007.08.025>
- Koseki, S. and Yamamoto, K. (2006). pH and solute concentration of suspension media affect the outcome of high hydrostatic pressure treatment of *Listeria monocytogenes*. *International Journal of Food Microbiology*, 111(2): 175–179, <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2006.05.008>
- Kovač, K., Diez-Valcarce, M., Raspor, P., Hernández, M. és Rodríguez-Lázaro, D. (2012) Effect of high hydrostatic pressure processing on norovirus infectivity and genome stability in strawberry puree and mineral water. *International Journal of Food Microbiology*, 152(1–2), pp. 35–39. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2011.10.005>
- Kovacs, Z., Bodor, Z., Zinia Zaukuu, J. L., Kaszab, T., Bazar, G., Tóth, T. és Mohácsi-Farkas, C. (2020a) Electronic nose for monitoring odor changes of *Lactobacillus* species during milk fermentation and rapid selection of probiotic candidates. *Foods*, 9(11), Article ID 1539. <https://doi.org/10.3390/foods10070074>.
- Kovacs, Z., Szöllősi, D., Zaukuu, J.-L. Z., Bodor, Z., Vitális, F., Aouadi, B., Zsom-Muha, V. és Gillay, Z. (2020b) Factors Influencing the Long-Term Stability of Electronic Tongue and Application of Improved Drift. *Biosensors*, 10(7), Article ID 74.
- Krahulcová, M., Micajová, B., Olejníková, P., Cverenkárová, K. és Bírošová, L. (2021) Microbial Safety of Smoothie Drinks from Fresh Bars Collected in Slovakia. *Foods*, 10(3), Article ID 551. <https://doi.org/10.3390/foods10030551>
- Laguerre, O., Derens, E. és Palagos, B. (2002). Study of domestic refrigerator temperature and analysis of factors affecting temperature: a French survey. *International Journal of Refrigeration*, 25(5), pp. 653–659. [https://doi.org/10.1016/S0140-7007\(01\)00047-0](https://doi.org/10.1016/S0140-7007(01)00047-0)
- Lee, E-J., Kim, S-H., and Park, S-H. (2023). Effect of high hydrostatic pressure treatment on the inactivation and sublethal injury of foodborne pathogens and quality of apple puree at different pH. *Food Microbiology*, 114, 104302, <https://doi.org/10.1016/j.fm.2023.104302>
- Legin, A., Rudnitskaya, A., Kirsanov, D., Frolova, Y., Clapham, D., Caricofe, R., Pardo, M. és Sberveglieri, G. (2009) Assessment of bitterness intensity and suppression effects using an Electronic Tongue. In: *Proceedings of the 13th International Symposium on Olfaction and Electronic Nose*, Brescia, Italy, 15–17 April 2009. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 11, pp. 271–274.
- Leistner, L. (1992) Food preservation by combined methods. *Food Research International* 25, 151–158. [https://doi.org/10.1016/0963-9969\(92\)90158-2](https://doi.org/10.1016/0963-9969(92)90158-2)
- Leistner, L. és Gorris, L.G.M. (1995) Food preservation by hurdle technology, *Trends in Food Science & Technology*, 6(2), 41–46. o. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(00\)88941-4](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(00)88941-4)

- Leistner, L. (2000) Basic aspects of food preservation by hurdle technology, *International Journal of Food Microbiology*, 55(1-3), pp. 181–186. [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(00\)00161-6](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(00)00161-6).
- Lin, X. és Li, Z. (2024) Key components and multiple health functions of avocado oil: A review. *Journal of Functional Foods*, 122, Article ID 106494. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2024.106494>
- Lu, L., Hu, Z., Hu, X., Li, D. és Tian, S. (2022) Electronic tongue and electronic nose for food quality and safety. *Food Research International*, 162, 112214. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.112214>.
- Lukács, Gy. (1982): *Színmérés*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 125-167.
- Malacara, D. (2011) Uniform Color System, in *Color Vision and Colorimetry: Theory and Applications*. 2. kiadás. Bellingham, WA: SPIE Press, pp. 120–125.
- Marx, Í.M.G., Veloso, A.C.A., Casal, S., Pereira, J.A. és Peres, A.M. (2021) Sensory analysis using electronic tongues. In: Galanakis, C.M. (szerk.) *Innovative Food Analysis*. 1. kiadás. Amsterdam: Elsevier, 323–343. o. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819493-5.00012-1>.
- Matías, C., Ludwig, I.A., Cid, C., Sáiz-Abajo, M.-J., and De Peña, M.-P. (2024). Exploring optimal highpressure processing conditions on a (poly)phenol-rich smoothie through response surface methodology. *LWT*, 206: 116595, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.116595>
- Maurya, N. K., Thapa, A. és Nino, D. G. (2025) Thermal Processing in Food Preservation: A Comprehensive Review of Pasteurization, Sterilization, and Blanching, *Journal of Nutrition and Food Processing*, 8(5). <https://doi.org/10.31579/2637-8914/307>. Elérhető: <https://auctoresonline.org/article/thermal-processing-in-food-preservation-a-comprehensive-review-of-pasteurization-sterilization-and-blanching> (Hozzáférés: 2026. január 18.)
- McCartney, D., Rattray, M., Desbrow, B., Khalesi, S., and Irwin, Ch. (2018). Smoothies: exploring the attitudes, beliefs and behaviours of consumers and non-consumers. *Current Research in Nutrition and Food Science*, 6(2): 425-436., <https://doi.org/10.12944/CRNFSJ.6.2.17>
- Mertens, B. (1995) Hydrostatic pressure treatment of food: equipment and processing. In: Gould, G. W. (ed.) *New Methods of Food Preservation*. New York: Blackie Academic and Professional, p. 135.
- Mitchell, W. C. és Jelenkovic, G. (1995) Characterizing NAD- and NADP-dependent alcohol dehydrogenase enzymes of strawberries. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 120, pp. 798–801. <https://doi.org/10.1021/jf0516033>.
- MSZ EN 11290-2:2017 Horizontális módszer a *Listeria monocytogenes* és a *Listeria* fajok kimutatására és számlálására. 2. rész: Számlálási módszer.
- MSZ EN ISO 4833-1:2014 Horizontális módszer a mikroorganizmusok számlálására 30 °C-on, lemezöntéses technikával. 1. rész: A számlálás és az eredmények bemutatása.
- MSZ EN ISO 6579-1:2017 Horizontális módszer a *Salmonella* kimutatására, számlálására és szerotipizálására. 1. rész: A *Salmonella* fajok kimutatása.
- Navarro-Baez, J.E., Martínez, L.M., Welte-Chanes, J., Buitimea-Cantúa, G.V. és Escobedo-Avellaneda, Z. (2022) High Hydrostatic Pressure to Increase the Biosynthesis and Extraction of Phenolic Compounds in Food: A Review, *Molecules*, 27(5), 1502. <https://doi.org/10.3390/molecules27051502>.

- Oey, I., Lille, M., Van Loey, A., and Hendrickx, M. (2008). Effect of high-pressure processing on colour, texture and flavour of fruit and vegetable-based food products: a review. *Trends in Food Science és Technology*, 19(6): 320–328, <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2008.04.001>
- Ogihara, H., Yatuzuka, M., Horie, N., Furukawa, S., and Yamasaki, M. (2009). Synergistic effect of high hydrostatic pressure treatment and food additives on the inactivation of *Salmonella enteritidis*. *Food Control*, 20(11): 963–966, <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2008.11.004>
- Ovca, A., Škufca, T. és Jevšnik, M. (2021). Temperatures and storage conditions in domestic refrigerators-Slovenian scenario. *Food Control*, 123, p. 107715. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107715>
- Ozcan, G. és Barringer, S. (2011) Effect of Enzymes on Strawberry volatiles during storage, at different ripeness level, in different cultivars, and during eating. *Journal of Food Science*, 76(3), pp. 324–333. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01999.x>.
- Palumbo, M., Attolico, G., Capozzi, V., Cozzolino, R., Corvino, A., de Chiara, M.L.V., Pace, B., Pelosi, S., Ricci, I., Romaniello, R. és Cefola, M. (2022) Emerging postharvest technologies to enhance the shelf-life of fruit and vegetables: An overview. *Foods*, 11(23), 3925. <https://doi.org/10.3390/foods11233925>.
- Patras, A., Brunton, N.P., Da Pieve, S. és Butler, F. (2009) Impact of high pressure processing on total antioxidant capacity, phenolic, ascorbic acid content and colour of strawberry and blackberry purées, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 10(3), 308–313. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2008.12.004>.
- Patterson, M. F., Quinn, M., Simpson, R. és Gilmour, A. (1996) High pressure inactivation in foods of animal origin. *Progress in Biotechnology*, 13, pp. 267–272. [https://doi.org/10.1016/S0921-0423\(06\)80046-8](https://doi.org/10.1016/S0921-0423(06)80046-8)
- Petran, R. L., and Zottola, E. A. (1989): A study of factors affecting growth and recovery of *Listeria monocytogenes* Scott A. *Journal of Food Science* 54, 458–460. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1989.tb03105.x>
- Picouet, P.A., Hurtado, A., Jofré, A., Bañón S., Ros, J-M., and Guàrdia, M.D. (2016). Effects of thermal and high-pressure treatments on the microbiological, nutritional and sensory quality of a multi-fruit smoothie. *Food and Bioprocess Technology*, 9: 1219–1232, <https://doi.org/10.1007/s11947-016-1705-2>
- Qiu, S. és Wang, J. (2015) Application of Sensory Evaluation, HS-SPME GC-MS, E-Nose, and E-Tongue for Quality Detection in Citrus Fruits. *Journal of Food Science*, 80(10), S2296–S2304. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13012>.
- R Core Team (2023) R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Elérhető: <https://www.R-project.org/>.
- Rahman, M. S. (2007) *Handbook of food preservation*. 2nd edn. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Rak, G. (2010) *Polifenolok és származékaik feltérképezése hármaskvadrupol tömegspektrometriás módszerrel*. PhD dolgozat. Budapest: Budapesti Corvinus Egyetem.
- Rastogi, N. K., Raghavarao, K. S. M. S., Balasubramaniam, V. M., Niranjana, K. és Knorr, D. (2007) Opportunities and challenges in high pressure processing of foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 47, pp. 69–112. <https://doi.org/10.1080/10408390600626420>.

- Rein, M. J. és Heinonein, M. (2004) Stability and Enhancement of Berry Juice Color. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(10), pp. 3106–3114. <https://doi.org/10.1021/jf035507i>
- Roszkos, R., Bazar, G., Tóth, T., Kovacs, Z., Febel, H. és Mezes, M. (2021) Effect of n-3 polyunsaturated fatty acid feeding on the fatty acid profile and odor of milk in danbred sows. *Journal of Applied Animal Research*, 49, pp. 447–459. <https://doi.org/10.1080/09712119.2021.2005071>.
- Russell, N.J. (2002). Bacterial membranes: the effects of chill storage and food processing. An overview. *International Journal of Food Microbiology*, 79(1-2): 27–34, [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(02\)00176-9](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(02)00176-9)
- Salamon, B., Zakariás, F., Csehi, B., Kiskó, G. és Dalmadi, I. (2021) Different sequence of high-hydrostatic pressure and mild-heat treatment on the colour and sensory characteristics of strawberry puree. *Acta Alimentaria*, 50, pp. 93–101. <https://doi.org/10.1556/066.2020.00165>.
- Salazar-Orbea, G. L., García-Villalba, R., Tomás-Barberán, F. A. és Sánchez-Siles, L. M. (2021) High-Pressure Processing vs. Thermal Treatment: Effect on the Stability of Polyphenols in Strawberry and Apple Products, *Foods*, 10(12), 2919. o. <https://doi.org/10.3390/foods10122919>
- Sale, A. J. H., Gould, G. W. és Hamilton, W. A. (1970) Inactivation of bacterial spores by hydrostatic pressure. *Journal of General Microbiology*, 60(3), pp. 323–330.
- Scolari, G., Zacconi, C., Busconi, M., and Lambri, M. (2015). Effect of the combined treatments of high hydrostatic pressure and temperature on *Zygosaccharomyces bailii* and *Listeria monocytogenes* in smoothies. *Food Control*, 47: 166–174, <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.07.006>
- Scolari, G., Zacconi, C., and Sarra, P.G. (2018). Yeasts and *Listeria monocytogenes* inactivation after ultrahigh pressure treatments of smoothies at various temperatures. In: D'Acquisto, C. (Ed.), II international conference on quality management of fresh cut produce: convenience food for a tasteful life. *Acta Horticulturae*, No. 1209, July 2011, pp. 335–340, <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1209.49>
- Sethi, S., Tyagi, S. K. és Anurag, R. K. (2016) Plant-based milk alternatives an emerging segment of functional beverages: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 53(9), pp. 3408–3423. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2328-3>
- Shahidi, F. és Naczk, M. (2004) *Phenolics in Food and Nutraceuticals*. Boca Raton: CRC Press.
- Shigehisa, T., Ohmori, T., Isshiki, S., Taji, T. és Hayashi, R. (1991) Effects of high hydrostatic pressure on characteristics of pork slurries and inactivation of microorganisms associated with meat and meat products. *International Journal of Food Microbiology*, 12(3), pp. 207–216. [https://doi.org/10.1016/0168-1605\(91\)90071-V](https://doi.org/10.1016/0168-1605(91)90071-V)
- Šilha, D., Syrová, P., Syrová, L. és Janečková, J. (2022) Smoothie Drinks: Possible Source of Resistant and Biofilm-Forming Microorganisms. *Foods*, 11(24), Article ID 4039. <https://doi.org/10.3390/foods11244039>
- Singh, B., Singh, J. P., Kaur, A. és Singh, N. (2016) Bioactive compounds in banana and their associated health benefits—A review. *Food Chemistry*, 206, pp. 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.03.033>

- Singleton, V. L. és Rossi, J. A. (1965) Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16(3), pp. 144–158. <https://doi.org/10.5344/ajev.1965.16.3.144>
- Siroli, L., Glicerina, V., Capelli, F., Patrignani, F., Fiorini, M., Andrisano, V., Minelli, M., Gherardi, M., Lanciotti, R., Colombo, V. és Romani, S. (2023) Influence of high-pressure homogenization treatments combined with lysozyme activated packaging on microbiological and technological quality of vegetable smoothie during shelf life. *Food Packaging and Shelf Life*, 37, Article ID 101093. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2023.101093>
- Škegro, M., Putnik, P., Kovačević, D. B., Kovač, A. P., Salkić, L., Čanak, I., Frece, J., Zavadlav, S. és Ježek, D. (2021) Chemometric Comparison of High-Pressure Processing and Thermal Pasteurization: The Nutritive, Sensory, and Microbial Quality of Smoothies. *Foods*, 10(6), Article ID 1167. <https://doi.org/10.3390/foods10061167>.
- Song, Q., Li, R., Song, X., Clausen, M.P., Orlie, V., and Giacalone, D. (2022). The effect of high-pressure processing on sensory quality and consumer acceptability of fruit juices and smoothies: a review. *Food Research International*, 157: 111250, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111250>
- Sreedharan, A., Tokarsky, O., Sargent, S., and Schneider, K.R. (2015). Survival of *Salmonella* spp. on surface-inoculated forced-air cooled and hydrocooled intact strawberries, and in strawberry puree. *Food Control*, 51: 244–250, <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.11.042>
- Stephen, J. és Radhakrishnan, M. (2022) Avocado (*Persea americana* Mill.) fruit: Nutritional value, handling and processing techniques, and health benefits. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(12), Article ID e17207. <https://doi.org/10.1111/jfpp.17207>
- Strawn, L. K., Schneider, K. R. és Danyluk, M. D. (2011) Microbial safety of tropical fruits. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 51(2), pp. 132–145. <https://doi.org/10.1080/10408390903502864>
- Suárez-Jacobo, Á., Rüfer, C.E., Gervilla, R., Guamis, B., Roig-Sagués, A.X. és Saldo, J. (2011) Influence of ultra-high pressure homogenisation on antioxidant capacity, polyphenol and vitamin content of clear apple juice, *Food Chemistry*, 127(2), 50–57.
- Sumner, S.S., and Peters, D.L. (1997). Microbiology of vegetables. In: Smith, D.S., (Ed.), *Processing vegetables: Science and Technology* (1st ed.). Routledge. <https://doi.org/10.1201/9780203741863>
- Tadapaneni, R.K., Banaszewski, K., Patazca, E., Edirisinghe, I. és Burton-Freeman, B.M. (2012) Effect of high-pressure processing and milk on the anthocyanin composition and antioxidant capacity of strawberry-based beverages, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(23), 5795–5802. <https://doi.org/10.1021/jf2035059>
- Tadapaneni, R. K., Chae, K., Fan, S., Ma, Y., Edirisinghe, I., Cappozzo, J., Jackson, L. és Burton-Freeman, B. (2014) High-Pressure Processing of Berry and Other Fruit Products: Implications for Bioactive Compounds and Food Safety. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(17), pp. 3877–3885. <https://doi.org/10.1021/jf404400q>
- Tadapaneni, R. K., Edirisinghe, I. és Burton-Freeman, B. (2015) High-Pressure Processing, Strawberry Beverages, and Composition of Bioactives. In: Teixeira, A. A. és Da-Wen, S. (eds.)

Food Engineering: The Interface between Food and Physical Sciences. London: Elsevier Inc., pp. 619–626. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-404699-3.00075-5>

Terefe, N. S., Matthies, K., Simons, L. és Versteeg, C. (2009) Combined high pressure mild temperature processing for optimal retention of physical and nutritional quality of strawberries (*Fragaria × ananassa*). *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 10, pp. 297–307. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2008.12.003>.

Terefe, N., S., Yang, Y.H., Knoerzer, K., Buckow, R. és Versteeg, C. (2010) High pressure and thermal inactivation kinetics of polyphenol oxidase and peroxidase in strawberry puree, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 11(1), 52–60. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2009.08.009>

Tiwari, U. (2018) Production of fruit-based smoothies. In: Baskar, V. (ed.) *Fruit Juices*. London: Academic Press, pp. 261–278.

Udompijitkul, P., Daeschel, M. A. és Zhao, Y. (2007) Antimicrobial Effect of Electrolyzed Oxidizing Water against *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* on Fresh Strawberries (*Fragaria × ananassa*). *Journal of Food Science*, 72(5), pp. 397–406. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00531.x>

European Centre for Disease Prevention and Control (2023) *Listeriosis - Annual Epidemiological Report for 2023*. Elérhető: https://www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/documents/LIST_AER_2023_Report.pdf
(Hozzáférés: 2025. szeptember 26.)

European Centre for Disease Prevention and Control (2022) *Salmonellosis - Annual Epidemiological Report for 2022*. Elérhető: https://www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/documents/SALM_AER_2022_Report.pdf
(Hozzáférés: 2025. szeptember 26.)

Velázquez-Estrada, R.M., Hernández-Herrero, M.M., López-Pedemonte, T.J., Briñez-Zambrano, W.J., Guamis-López, B., and Roig-Sagués, A.X. (2011). Inactivation of *Listeria monocytogenes* and *Salmonella enterica* serovar Senftenberg 775W inoculated into fruit juice by means of ultra-high pressure homogenisation. *Food Control*, 22(2): 313–317, <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2010.07.029>

Vojdani, J.D., Beuchat, L.R., and Tauxe, R.V. (2008). Juice-associated outbreaks of human illness in the United States, 1995 through 2005. *Journal of Food Protection*, 71(2): 356–364, <https://doi.org/10.4315/0362-028X-71.2.356>

Wang, S., Lin, T., Man, G., Li, H., Zhao, L., Wu, J. és Liao, X. (2014) Effects of Anti-browning Combinations of Ascorbic Acid, Citric Acid, Nitrogen and Carbon Dioxide on the Quality of Banana Smoothies. *Food and Bioprocess Technology*, 7, pp. 161–173. <https://doi.org/10.1007/s11947-013-1107-7>

Wang, Q., Li, L., Ding, W., Zhang, D., Wang, J., Reed, K. és Zhang, B. (2019) Adulterant identification in mutton by electronic nose and gas chromatography-mass spectrometer. *Food Control*, 98, 431–438. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.11.038>.

Wang, W., Zhou, Y., Xiao, X., Yang, G., Wang, Q., Wei, W., Liu, Y. és Yang, H. (2018) Behavior of *Salmonella typhimurium* on fresh strawberries under different storage temperatures and wash

treatments. *Frontiers in Microbiology*, 9, Article ID 2091. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02091>.

Wang, C-Y., Hsu, C-P., Huang, H-W., and Yang, B.B. (2013). The relationship between inactivation and morphological damage of *Salmonella enterica* treated by high hydrostatic pressure. *Food Research International*, 54(2): 1482–1487, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.08.004>

WHO és FAO (2009). *Food hygiene (basic texts)*. 4. kiadás. Rome, Italy: World Health Organization, Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Williams, A. (1994) New technologies in food preservation and processing: Part II. *Nutrition és Food Science*, 94(4), pp. 16–20.

Wilson, D. R., Dabrowski, L. Z., Stringer, S., Moezelaar, R. és Brocklehurst, T. F. (2008) High pressure in combination with elevated temperature as a method for the sterilisation of food. *Trends in Food Science és Technology*, 19, pp. 289–299. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2008.01.005>

Worku, A., Tóth, T., Orosz, S., Fébel, H., Kacsala, L., Húth, B., Hoffmann, R., Yakubu, H. G., Bazar, G. és Tóthi, R. (2021) Aroma Profile, Microbial and Chemical Quality of Ensiled Green Forages Mixtures of Winter Cereals and Italian Ryegrass. *Agriculture*, 11(6), Article ID 512. <https://doi.org/10.3390/agriculture11060512>.

Xu, H., Lee H-Y., and Ahn J. (2009). High pressure inactivation kinetics of *Salmonella enterica* and *Listeria monocytogenes* in milk, orange juice, and tomato juice. *Food Science and Biotechnology*, 18(4): 861–866, <https://www.earticle.net/Article/A110357>

Yakubu, H. G., Ali, O., Ilyés, I., Vignyázó, D., Bóta, B., Bazar, G., Tóth, T. és Szabó, A. (2022) Micro- Encapsulated Microalgae Oil Supplementation Has No Systematic Effect on the Odor of Vanilla Shake-Test of an Electronic Nose. *Foods*, 11(21), Article ID 3452. <https://doi.org/10.3390/foods11213452>

Yang, B., Shi, Y., Xia, X., Xi, M., Wang, X., Ji, B., and Meng, J. (2012). Inactivation of foodborne pathogens in raw milk using high hydrostatic pressure. *Food Control*, 28(2): 273–278, <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.04.030>

Yasunaga, E., Fukuda, S., Takata, D., Spreer, W., Sardud, V. és Nakano, K. (2018) Quality changes in fresh mango fruits (*Mangifera indica* L. Nam Dok Mai) under actual distribution temperature profile from Thailand to Japan, *Environment Control in Biology*, 56(2), 45–49. <https://doi.org/10.2525/ecb.56.45>

Yu, K., Newman, M. C., Archbold, D. D. és Hamilton-Kemp, T. R. (2001) Survival of *Escherichia coli* O157:H7 on strawberry fruit and reduction of the pathogen population by chemical agents. *Journal of Food Protection*, 64(9), pp. 1334–1340. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-64.9.1334>.

Zacconi, C., Giosue, S., Marudelli, M., and Scolari, G. (2015). Microbiological quality and safety of smoothies treated in different pressure-temperature domains: effects on indigenous fruit microbiota and *Listeria monocytogenes* and their survival during storage. *European Food Research and Technology*, 241: 317–328, <https://doi.org/10.1007/s00217-015-2460-8>

Zhao, G., Zhang, R. és Zhang, M. (2017) Effects of high hydrostatic pressure processing and subsequent storage on phenolic contents and antioxidant activity in fruit and vegetable products, *International Journal of Food Science & Technology*, 52(1), 3–12. o. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13203>

Zhang, G., Hu, L., Melka, D., Wang, H., Laasri, A., Brown, E. W., Strain, E., Allard, M., Bunning, V. K., Musser, S. M., Johnson, R., Farakos, S. M. S., Scott, V. N., Pouillot R., Van Doren, J. M. és Hammack, T. S. (2017) Prevalence of *Salmonella* in cashews, hazelnuts, macadamia nuts, pecans, pine nuts, and walnuts in the United States. *Journal of Food Protection*, 80(3), pp. 459–466. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-16-396>

Zhu, D., Ren, X., Wei, L., Cao, X., Ge, Y., Liu, H. és Li, J. (2020) Collaborative Analysis on Difference of Apple Fruits Flavour Using Electronic Nose and Electronic Tongue. *Scientia Horticulturae*, 260, 108879. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108879>.

Zhu, Q., Gooneratne, R., and Hussain, M.A. (2017). *Listeria monocytogenes* in fresh produce: outbreaks, prevalence and contamination levels. *Foods*, 6(3): 21, <https://doi.org/10.3390/foods6030021>

Zhuang, R.Y., Beuchat, L.R., and Angulo, F.J. (1995). Fate of *Salmonella* Montevideo on and in raw tomatoes as affected by temperature and treatment with chlorine. *Applied and Environmental Microbiology*, 61: 2127–2131, <https://doi.org/10.1128/aem.61.6.2127-2131.1995>

Zimmerman, F. és Bergman, C. (1993) Isostatic pressure equipment for food preservation. *Food Technology*, 47(11), pp. 162–165.

M2 További mellékletek

M2_1. táblázat: A számócapürével 300-600 MPa-os nyomástartományban és 55-75 °C-os hőmérséklettartományban végzett kísérlet összmikrobaszám eredményeire illesztett válaszfelület paraméterei.

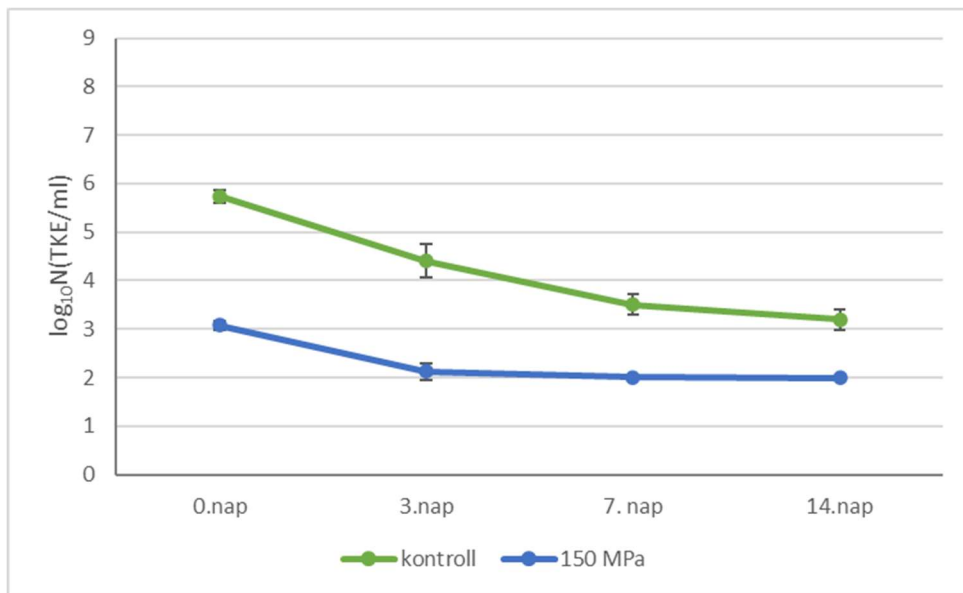
	Modell p-érték	Hőmérséklet (A) p-érték	Nyomás (B) p-érték	AB p-érték	Hőmérséklet (A) β-koefficiens	Nyomás (B) β-koefficiens	AB β-koefficiens	Konstans (intercept)	Determinációs együttható (R²)
friss, T-P kezelt minták	0,0002	0,0003	0,0008	0,1414	-0,0241	-0,0014	0,0639	0,7320	0,8191
friss, P-T kezelt minták	0,0000	0,0001	0,0001	0,2762	-0,0259	-0,0016	0,0397	0,6510	0,8769
14. nap, 6 °C, T-P kezelt minták	0,0003	0,0005	0,0007	0,2701	-0,0231	-0,0015	0,0475	0,6060	0,8086
14. nap, 6 °C, P-T kezelt minták	0,0013	0,0024	0,0016	0,8376	-0,0206	-0,0015	-0,0094	0,5370	0,7483
14. nap, 15 °C, T-P kezelt minták	0,0056	0,0048	0,0107	0,5703	-0,0214	-0,0012	-0,0306	1,8020	0,6678
14. nap, 15 °C, P-T kezelt minták	0,0041	0,0040	0,0097	0,3000	-0,0235	-0,0014	-0,0607	1,7220	0,6858

M2_2. táblázat: A számócapürével 150-250 MPa-os nyomástartományban és 50-60 °C-os hőmérséklettartományban végzett kísérlet összmikrobaszám eredményeire illesztett válaszfelület paraméterei.

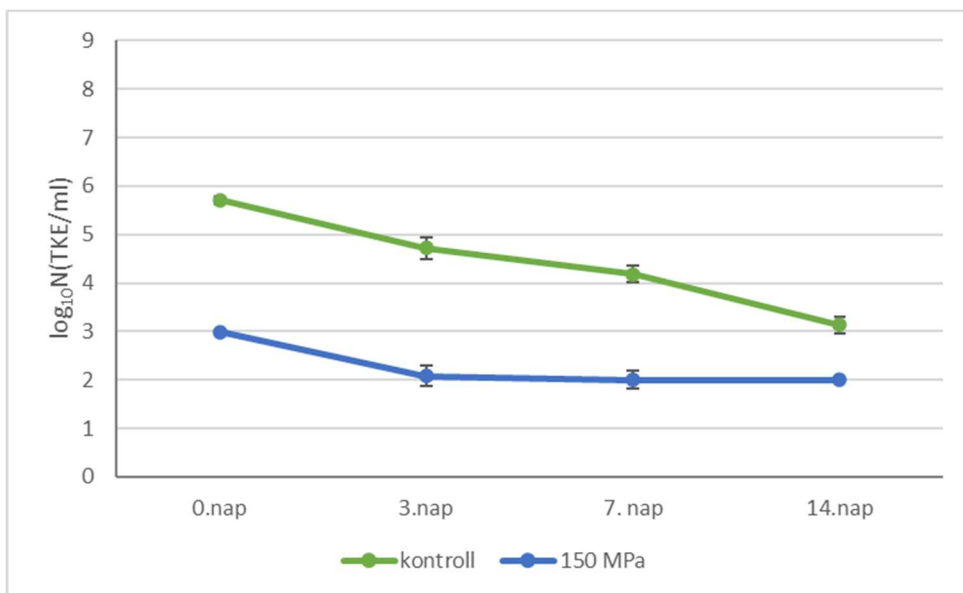
	Modell p-érték	Hőmérséklet (A) p-érték	Nyomás (B) p-érték	AB p-érték	Hőmérséklet (A) β-koefficiens	Nyomás (B) β-koefficiens	AB β-koefficiens	Konstans (intercept)	Determinációs együttható (R²)
friss, T-P kezelt minták	0,0003	0,0016	0,0021	0,0035	-0,0441	-0,0043	0,1680	1,1550	0,8102
friss, P-T kezelt minták	0,0000	0,0001	0,0001	0,0001	-0,0419	-0,0041	0,1920	1,1330	0,9027
7. nap, 6 °C, T-P kezelt minták	0,7246	0,6731	0,5303	0,4105	0,0027	-0,0004	-0,0229	0,7890	0,1084
7. nap, 6 °C, P-T kezelt minták	0,9273	0,8330	0,9723	0,5384	0,0013	0,0000	-0,0165	0,7470	0,0395
7. nap, 15 °C, T-P kezelt minták	0,0000	0,0001	0,0001	0,0001	-0,0824	-0,0083	0,3240	1,1530	0,9085
7. nap, 15 °C, P-T kezelt minták	0,0000	0,0001	0,0001	0,0002	-0,0811	-0,0081	0,3260	1,1140	0,9043
14. nap, 6 °C, T-P kezelt minták	0,0713	0,3577	0,0196	0,3562	-0,0084	-0,0024	0,0361	0,6180	0,4582
14. nap, 6 °C, P-T kezelt minták	0,3348	0,1267	0,3927	0,6157	-0,0184	-0,0010	0,0247	0,6240	0,2568
14. nap, 15 °C, T-P kezelt minták	0,0006	0,0013	0,0008	0,9658	-0,0951	-0,0101	0,0042	2,7510	0,7811
14. nap, 15 °C, P-T kezelt minták	0,0003	0,0010	0,0004	0,8227	-0,0930	-0,0107	0,0206	2,6940	0,8053

M2_3. táblázat: A smoothie-val 150-250 MPa-os nyomástartományban és 50-60 °C-os hőmérséklettartományban végzett kísérlet összmikrobaszám eredményeire illesztett válaszfelület paramétereit.

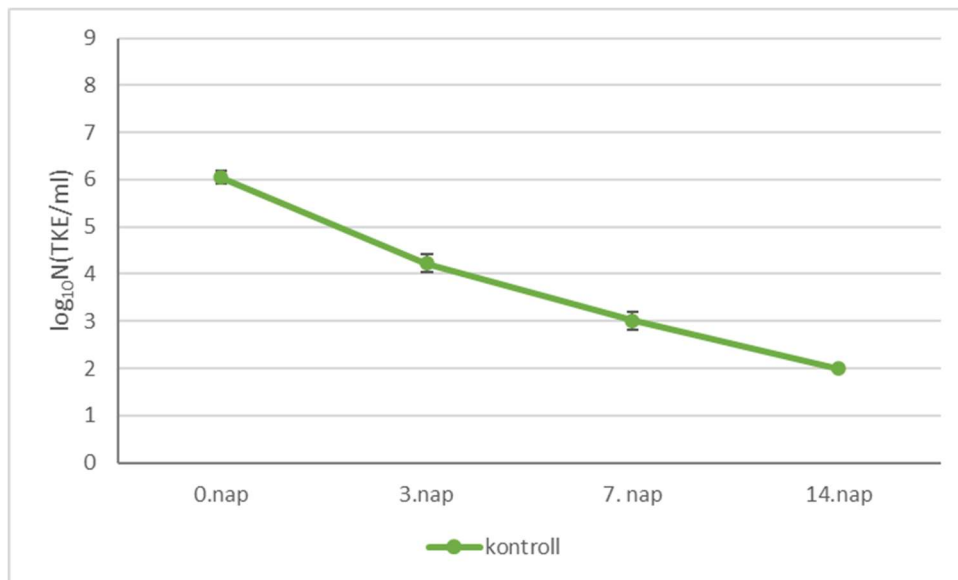
	Modell p-érték	Hőmérséklet (A) p-érték	Nyomás (B) p-érték	AB p-érték	Hőmérséklet (A) β-koefficiens	Nyomás (B) β-koefficiens	AB β-koefficiens	Konstans (intercept)	Determinációs együttható (R²)
friss, T-P kezelt minták	0,0052	0,0078	0,0614	0,0181	-0,0611	-0,0039	0,2240	1,3160	0,6721
friss, P-T kezelt minták	0,0001	0,0004	0,0022	0,0014	-0,0586	-0,0046	0,2120	1,2660	0,8430
7. nap, 6 °C, T-P kezelt minták	0,0205	0,5645	0,0029	0,8521	-0,0056	-0,0036	0,0077	0,9500	0,5747
7. nap, 6 °C, P-T kezelt minták	0,0010	0,0293	0,0252	0,0007	-0,0275	-0,0028	0,2210	0,9430	0,7610
7. nap, 15 °C, T-P kezelt minták	0,0002	0,0000	0,0713	0,0794	-0,2270	-0,0068	0,2830	1,9370	0,8252
7. nap, 15 °C, P-T kezelt minták	0,0001	0,0000	0,0499	0,0829	-0,2430	-0,0070	0,2600	1,9730	0,8587
14. nap, 6 °C, T-P kezelt minták	0,0336	0,0165	0,0722	0,4673	-0,0198	-0,0014	0,0226	0,9950	0,5318
14. nap, 6 °C, P-T kezelt minták	0,0132	0,2270	0,0066	0,0617	-0,0152	-0,0040	0,1060	0,9230	0,6084
14. nap, 15 °C, T-P kezelt minták	0,0003	0,0005	0,0030	0,0139	-0,2560	-0,0199	-0,6560	6,2480	0,8099
14. nap, 15 °C, P-T kezelt minták	0,0001	0,0005	0,0005	0,0199	-0,2690	-0,0269	-0,6400	6,1650	0,8345



M2_1.ábra: A számacapürével 150-250 MPa-os nyomástartományban és 50-60 °C-os hőmérséklettartományban végzett kísérlet során vizsgált, számolható eredményt adó minták Salmonella számának változása az idő függvényében a 6 °C-os tárolás során



M2_2.ábra: A számacapürével 150-250 MPa-os nyomástartományban és 50-60 °C-os hőmérséklettartományban végzett kísérlet során vizsgált, számolható eredményt adó minták Salmonella számának változása az idő függvényében a 15 °C-os tárolás során



M2 3.ábra: A szamócapürével 150-250 MPa-os nyomástartományban és 50-60 °C-os hőmérséklettartományban végzett kísérlet során vizsgált, számolható eredményt adó minták *Listeria monocytogenes* számának változása az idő függvényében a 15 °C-os tárolás során

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Hálával és köszönettel tartozom a témavezetőimnek, **Dr. Kiskó Gabriellának és Dr. Dalmadi Istvánnak**, támogatásukért, hasznos tanácsaikért. Nélkülük ez a dolgozat nem jöhetett volna létre.

Köszönettel tartozom továbbá **Dr. Kovács Zoltánnak és Bázár Györgynek** az elektronikus nyelv és elektronikus orr mérések kivitelezésében történő segítségükért.

Köszönöm **Dr. Hidas Karina** viszkozitás mérésben nyújtott segítségét.

Szeretném hálámat kifejezni az **Élelmiszer-mikrobiológia, Higiénia és -Biztonság Tanszék munkatársainak**, különösen **Dr. Taczmanné Brückner Andreának** a mikrobiológiai vizsgálatokban nyújtott segítségükért.

Köszönettel tartozom a **Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet dolgozóinak** az érzékszervi bírálatban való részvételükért.

Köszönöm a kutatásban közreműködő hallgatóknak a kísérletek elvégzésében nyújtott segítségüket.

Szeretném megköszönni a **családomnak és a barátaimnak**, hogy végig mellettem álltak, támogattak és bíztattak a doktori képzés hosszú éve alatt.