

# Szakdolgozat

Bádogos Levente Ferenc

2025

Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem  
Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet  
Árukezelés, Kereskedelem, Ellátási Lánc és Érzékszervi  
Minősítési Tanszék

HHP kezelés alkalmazása  
Idared almafajtán

Bádogos Levente Ferenc

Budapest

2025

## ***Tartalomjegyzék***

1. Bevezetés és célkitűzések .....	1
1.1. Célkitűzés .....	1
1.2. Bevezetés .....	1
2. Irodalmi feldolgozás/Szakirodalmi áttekintés .....	3
2.1. Az alma általános szerkezeti felépítése és beltartalmi jellemzői .....	3
2.2.1 A növekedési és érési folyamat .....	3
2.2.2. Beltartalmi jellemzők .....	3
2.2. A HHP technológia alapja .....	4
2.3. A HHP kezelés almafajták mechanikus tulajdonságaira gyakorolt hatásai.....	5
2.4. Enzimekre, ásványi anyagokra és egyéb vegyületekre gyakorolt hatása .....	6
2.5. Kombinált módszerek .....	7
2.5.1 Szárítás és HHP.....	7
2.5.2 Hőkezelés és HHP.....	7
2.6. Roncsolásmentes vizsgálati módszerek.....	8
2.7. A HHP előkezelés hatása almálé kinyerése során .....	9
2.8. Sous-vide alkalmazása .....	10
2.8.1. A különböző kezelési módszerek érzékszervi tulajdonságokra gyakorolt hatásai .	11
3. Anyagok és módszerek .....	12
3.1. Felhasznált anyagok .....	12
3.1.1. Alma .....	12
3.1.2. Nagy hidrosztatikus nyomású kezelés (HHP).....	13
3.2. Mérési módszerek .....	14
3.2.1. Tömegmérés .....	14
3.2.2. Színmérés.....	14
3.2.3. Állománymérés .....	15
3.2.4. pH mérés.....	15

4. Eredmények és értékelésük.....	17
5. Következtetések és javaslatok.....	24
6. Összefoglalás.....	25
8. Irodalomjegyzék.....	27
9. Ábrák és táblázatok jegyzéke.....	29
9.1 Ábrajegyzék.....	29
9.2 Táblázatjegyzék.....	30
10. Nyilatkozatok.....	31

# ***1. Bevezetés és célkitűzések***

## ***1.1. Célkitűzés***

Dolgozatom célja a magas nyomású kezelés Idared almafajtára gyakorolt hatásainak nyomonkövetése, vizsgálata. A már meglévő kutatások alapján megalapozni saját vizsgálataim eredményességét, illetve összefoglalni az ezen témakörrel foglalkozó kutatások eredményeit. Állomány, szín, tömeg és pH érték változásának vizsgálata a tárolás alatt. Az eredmények alapján az eltartatósági időre, minőségi paraméterekre és élvezeti értékre kifejtett hatások megállapítása, tapasztalatok levonása. Következtetések és javaslatok megfogalmazása a technológia ipari alkalmazásának elősegítése érdekében.

## ***1.2. Bevezetés***

A témaválasztásban szakmai kíváncsiságom is vezérelt, többet szerettem volna megtudni arról, hogy ilyen szinte elképzelhetetlenül nagy nyomáson hogyan viselkednek az anyagok. Az is befolyásolta választásom, hogy olyan témakört találjak, ami nem annyira kutatott és mivel a magas nyomáson kezelt húsokkal kapcsolatban már viszonylag nagy mennyiségű kutatás került publikálásra, úgy gondoltam inkább a gyümölcsökre gyakorolt hatás vizsgálatára fogok fókuszálni.

A dolgozatom első részében általános leírást adok az alma, mint gyümölcs beltartalmi jellemzőiről, illetve a HHP kezelés alapjait, elvét és fogalmait magyarázom el részletesen. Ezek megértése fontos, hiszen a szakdolgozatom alapját képezik ezen ismeretek. A következő részben kitérek a HHP kezelés hatásaira kifejezetten a különböző almafajták estén. A fizikai és kémiai, beltartalmi tulajdonságokra gyakorolt hatások írok részletesebben. Ezek után különböző kezelések HHP-val kombinált hatásait mutatom be. A kiértékelési lehetőségeket is megemlítem, az alkalmazható műszerekről, módszerekről is írok. A sous-vide kezelés hatásait és módszereit is megemlítem röviden, illetve egy összehasonlításra is kitérek, amely a sous-vide és a HHP kezelés érzékszervi tulajdonságokra gyakorolt hatásait vizsgálja.

A kutatásom eredményeiről a kitűzött céljaim alapján számolok be, az almaszeletek tömegének, pH értékének, állományának és a szeletek színének változását követem figyelemmel a tárolási kísérlet alatt. A kísérletet az egyetemen végeztem el, az egyetem által biztosított állománymérő berendezést és pH mérőket használva. A tömegváltozás nyomonkövetését úgy kiviteleztem, hogy minden mintának megmértem a kezdeti tömegét, majd a kezelés után a tárolás adott

napján vizsgált minták tömegét újra lemértem és kiszámítottam százalékban a tömegvesztéséget. A szín objektív mérését kromatométerrel végeztem, a tárolás során ismételt mérésekkel követtem nyomon a változást.

Munkám során elsősorban külföldi szakirodalmat, újságcikket, valamint a tanulmányaim során szerzett ismereteket használtam fel.

## ***2. Irodalmi feldolgozás/Szakirodalmi áttekintés***

### ***2.1. Az alma általános szerkezeti felépítése és beltartalmi jellemzői***

#### ***2.2.1 A növekedési és érési folyamat***

Az alma fejlődését a vacok folyamatos növekedése jellemzi, és a későbbi növekedés elsősorban a sejtek tágulásának köszönhető. Az érett gyümölcsben a fruktóz, a glükóz és a szacharóz a fő cukrok, amelyek mennyisége a gyümölcs fejlődési szakaszától, a fajtától, az éghajlattól és a termesztési módszerektől függően változik (Aprea et al., 2017).

A tápanyagok, vegyi anyagok, gyomirtók és növényvédő szerek típusa és mennyisége közvetlen hatással van a gyümölcs cukortartalmára. Az almában a keményítő már a fejlődés nagyon korai szakaszában felhalmozódik, majd az érés előrehaladtával cukrokká hidrolizálódik. A keményítő eltűnése a fejlődés későbbi szakaszaiban intenzívebb. A hemicellulóz és a dextrin a fejlődés korai szakaszaiban magasabb szinten van jelen, majd az érés előrehaladtával fokozatosan csökken. A gyümölcs titrálható savtartalma folyamatosan csökken az érés során, azonban a gyümölcsben lévő sav abszolút mennyisége közvetlenül a betakarítás előtt még növekszik, majd enyhén csökken (Harker et al., 2002; Warrington et al., 1999).

#### ***2.2.2. Beltartalmi jellemzők***

A legjelentősebb alkotók a cukrok, keményítő és a különböző fenolvegyületek.

Az almák feldolgozása során jellemzően fajtától függetlenül a kinyert almalé cukorkoncentrációja a legmagasabb, a visszamaradó gyümölcspéphez képest.

A fenolvegyület-tartalom nagyban függ az egyes almafajok sajátosságaitól, viszont az egyértelműen megállapítható, hogy fajtól függetlenül a héjban található legnagyobb arányban flavanol, amely az egészségre jótékony hatású fenolvegyület (Persic et al., 2017).

## 2.2. A HHP technológia alapja

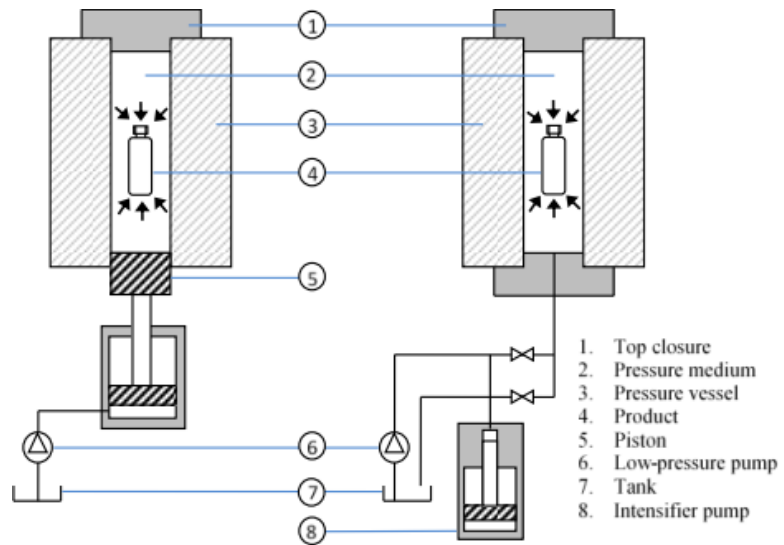
A technológia a víznyomás sterilizáló hatásán alapszik. Az alapanyagokat becsomagolják, majd egy folyadékkal töltött magas nyomású kamrába helyezik. Jellemzően 100-1000 MPa közötti nyomást alkalmaznak, valamint alacsony hőmérsékletet, ez történhet hűtött körülmények között is, de általában 45 °C alatt. Nagyon kíméletes technológia, hiszen alacsony hőmérsékletnek köszönhetően, az íz, aromák

és különböző összetevők szinte változatlanok maradnak. A folyamat energiatakarékosabb a hőkezeléshez képest, mert az operációs nyomás elérése után több energia befektetése nem szükséges. A folyamat során nyomás hatására az anyag térfogata eltérő mértékben csökken, a folyamat csak a távolsághoz kapcsolódó nem kovalens

kötéseket befolyásolja, tehát az aromakomponensekre és tápanyagokra nincs hatással. A kovalensen kötődött atomok kis távolságára helyezkednek el egymástól, ezért tovább közeledés nem lehetséges, így a nyomásváltozás nincs hatással ezekre a kötésekre. A HHP feldolgozás folyamata Pascal elve és Le Chatelier törvénye alapján zajlik le. Pascal elve azt mondja ki, hogy a nyomás gyorsan és egyenletesen hat az élelmiszer molekuláira, tehát nincs összefüggés az élelmiszer fizika alakja, szerkezete és a kezelés végeredménye között. Le Chatelier törvénye pedig azt írja le, hogy ha egy rendszerben a nyomás egyensúlya megszűnik, a rendszer törekszik a zavaró hatás megszüntetésére és az egyensúly visszaállítására (Wang et al., 2024).

A technológia elterjedése részben annak is köszönhető, hogy mivel a folyamat hatékonysága nem függ sem a termék, sem a berendezés méretétől, így viszonylag egyszerű a kezelési berendezések és lépések tömeggyártási szintre való felskálázása laboratóriumi szintről. A nyomás növelése kétféle módon történhet: indirekt vagy direkt módon (1. ábra). A direkt mód esetén egy dugattyú összenyomja a kamrában található folyadékot, lecsökkentve annak térfogatát, ami nyomásnövekedést eredményez. Az indirekt módszernél egy külön kamrában

1. ábra: Magas nyomású kezelési módszerek berendezései és folyamata, direkt (bal) és indirekt (jobb)



Forrás: (Wael M. Elamin et al., 2015)

található pumpa nyomja össze a folyadékot, amely magas nyomású csöveken keresztül jut el a kamrába, ahol a kezelni kívánt anyag található. Ezzel a módszerrel kezelés közben csökkenthető és szint tartható a nyomás perceként keresztül. A legtöbb élelmiszeripari HHP kezelés során az indirekt módszert alkalmazzák. A nyomásközvetítő médium jelenlegi technológia alapján víz, valamint, ha a kezelni kívánt élelmiszer folyékony halmazállapotú, akkor maga az élelmiszer viselkedik médiumként (Wael M. Elamin et al., 2015).

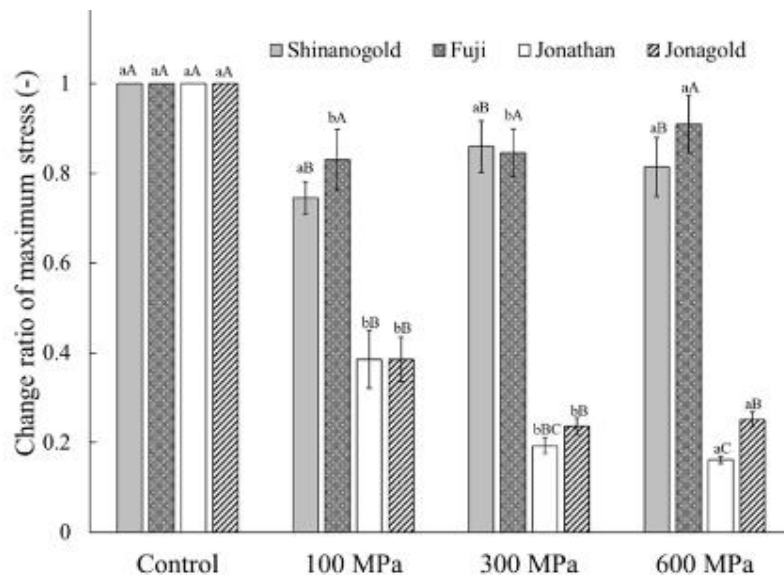
### 2.3. A HHP kezelés almafajták mechanikus tulajdonságaira gyakorolt hatásai

A különböző almafajták mind sajátos tulajdonságokkal rendelkeznek, például állomány, íz, tápanyagösszetétel, ezért a megfelelő kezelés kivitelezése érdekében elengedhetetlen az adott fajta sajátos jellemzőivel tisztában lenni.

Számos tulajdonságot lehet vizsgálni a kísérletek során. A maximum erőhatás, amelyet az alma szerkezete kibír egy olyan tényező, ami jelentős mértékben változhat az alkalmazott nyomás és almafajta függvényében. Egyes fajtákban lehetséges, hogy a változás viszonylag kicsi, míg más fajtáknál akár az eredeti érték negyedére is csökkenhet (2. ábra).

Jellemzően a nagyobb nyomás alkalmazása nagyobb mértékben csökkenti a roncsoláshoz szükséges maximum erőhatást. A sejtek turgor nyomása, valamint a sejtfa felépítése határozzák meg az alma mechanikai tulajdonságait, beleértve az ép kinézetet, szerkezeti keménységet és ropogósságot. A HHP kezelés a sejtfalakat

2. ábra: Különböző almafajták maximum stressztűrésének változása növekvő nyomások alatt



Forrás: (Lee et al., 2019)

károsítja, tehát azon fajták melyek sejtfalának integritása jobb jóval kisebb mértékben károsodnak, így alkalmasabbak a HHP kezelésre.

A kezelés során minden esetben jellemző, hogy a kezelt alma térfogata jelentős mértékben csökken. A sejtek közti üres terek, valamint sejtporusok zsugorodásának köszönhető

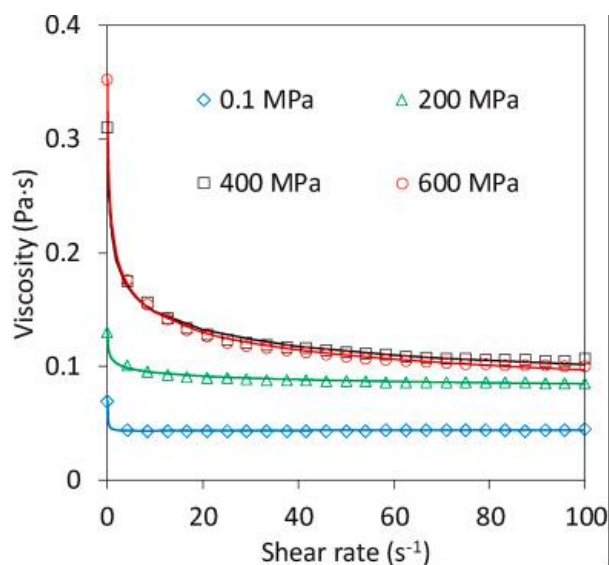
valószínűleg ez a jelenség. Kis mértékben a tömeg is csökken, de ez viszonylag elhanyagolható (Lee et al., 2019).

#### **2.4 Enzimekre, ásványi anyagokra és egyéb vegyületekre gyakorolt hatása**

Az antioxidások aktivitására, valamint egyes fenolvegyületekre is hatással lehet a magas nyomás. A flavonoid tartalom jelentős mértékben változik a nyomás függvényében, például nagyobb mértékben csökken nyomásnövelés során azon flavonok aránya, amelyek nagyobb molekulásúlyú és több hidroxilcsoportot tartalmaznak. Egyes fajtákban a HHP kezelés magasabb összes fenoltartalmat eredményezhet, másoknál pedig, akár jelentősen csökkenhet is az összes fenoltartalom (Fernández-Jalao et al., 2019). Elképzelhető, hogy összes fenolsav tartalom csökkenése HHP kezelés után a polifenoloxidáz enzim aktivitásának köszönhető (Koutchma et al., 2016).

A pektin is jelentős részben van jelen a különböző almafajtákban, az almahéj pektintartalma 1,21%, az almatörköly pedig átlagosan 16,95% pektint tartalmaz (Virk and Sogi, 2004). A HHP hatással van a pektin szerkezetére, illetve tulajdonságaira is. A pektin dextróz ekvivalens értéje (DE) magasabb nyomáson növekedett, növelve a vízben való oldhatóságot. Azt is megfigyelték, hogy a tömegszerinti átlagos molekulatömeg nőtt, a számszerinti átlagos molekulatömeg pedig csökkent a nyomás emelésével. A kémiai felépítés nem változik a kezelés során, így a pektin vizes

3. ábra: Pektin vizes oldatának viszkozitás változása



Forrás: (Zhong et al., 2021)

oldatának színe sem változik szignifikánsan. A hidrofób hidratáció intenzitása is jelentősen növekszik a nyomás növelésével. Ez annyit jelent, hogy a hidrofób metilcsoport körül lévő vízmolekulák sűrűsége növekszik, amely jobb vízoldhatósághoz vezet. A pektin vizes oldatának viszkozitása a nyomás emelésével növekszik(3. ábra)(Zhong et al., 2021).

Az ásványi anyag tartalomra pozitív hatással van a HHP, a kalcium, vas és cinktartalom is növekszik a kezelés végére, viszont ezen ásványi anyagok oldatóságát, tehát a szervezet általi

hasznosíthatóságát a HHP csökkenti a kalcium esetében, míg a vas és cink esetén nem szignifikáns csökkenés megfigyelhető.

A keményítőre is hatással van a kezelés. Jellemzően növekszik a kezelt alma keményítőtartalma, viszont a fontos változás az emészthetőségben van. Az emészthető, tehát a szervezet számára hozzáférhető keményítő jelentős mértékben növekszik, akár 20-25%-os növekedés is tapasztalható. A nem emészthető keményítő tartalom pedig csökken a kezelés idejének növelésével (Briones-Labarca et al., 2011).

## 2.5 Kombinált módszerek

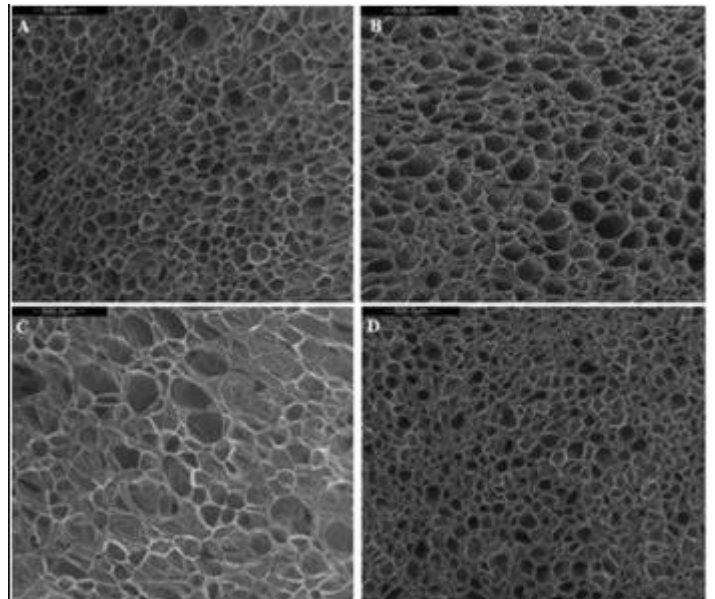
Különböző technológiai módszerekkel kombinálva a HHP kezelést növelhető a kezelések hatékonysága.

### 2.5.1 Szárítás és HHP

Szárítás előtt az alma előkezelése magas nyomással javítja a szárítás eredményességét. Egy kutatás során az alma mintákat izotóniás és hipertóniás oldatban magas nyomáson kezelték, majd kiszárították a mintákat. A hipertóniás oldatban kezelt minta vízaktivitása és sűrűsége is sokkal magasabb volt a nem HHP előkezelt mintához képest.

A minták porozitása nagyobb mértékben csökkent a kombinált módszer alkalmazása esetén, mint, ha a két kezelést külön végezték volna el (4. ábra). A minták színében is változás történt. A HHP után szárított minták sötétebb színűek volt a nem előkezelt mintához képest (Janowicz and Lenart, 2015).

4. ábra: Porozitás változása különböző módszerek alkalmazásával (A – nem kezelt, B – szárított, C – HHP kezelt, vákuumcsomagolt, D – HHP kezelt, majd szárított)



Forrás: (Janowicz and Lenart, 2015)

### 2.5.2 Hőkezelés és HHP

Egy tanulmányban az enyhe hőkezelés és a HHP kombinált antimikrobás hatását vizsgálták. Az emberre is ártalmas kórokozók pusztulását vizsgálták almapürében, különböző hőmérsékleteken és nyomásokon végzett kezeléssel. Escherichia Coli O157:H7, Salmonella Typhimurium és Listeria monocytogenes patogén baktériumok pusztulását vizsgálták. A Listeria jelentősen ellenállóbb volt alacsonyabb hőmérsékleten, mind 300 és 400 MPa

nyomáson, mint a másik két baktérium. Az E. Coli is nagyobb ellenállást mutatott a kombinált kezeléssel szemben, hiszen 35 °C-on, 300 MPa nyomáson sem inaktiválódott teljesen a kórokozó. Az eredmények alapján megállapítható, hogy a nagyobb nyomáson való kezelés jelentősen csökkentette a baktériumok hővel szembeni ellenállóképességét (Lee and Park, 2024).

## 2.6 Roncsolásmentes vizsgálati módszerek

A kezelés utáni eredmények kiértékelése történhet nem roncsoló mérőműszerek használatával is. Egyik ilyen módszer a spektroszkópia, amely az almáról visszaverődő fény vizsgálata alapján képes a pontos eredményt adni a kezelés során bekövetkező színváltozásokról. A színváltozás mértéke és az elváltozott felület nagysága is az alkalmazott nyomás nagyságától függ (5. ábra)(Kurenda et al., 2014)

Almák  
vizsgálatához  
jellemzően  
használt  
módszerek egyike  
a near-infrared  
(NIR)  
tartományban  
mérő  
spektroszkópia,

5. ábra: A nyomás hatására bekövetkező színváltozások (GrC - kontroll, Gr100 – 100 MPa, Gr150 – 150 MPa, Gr200 – 200 MPa)



*Forrás: (Kurenda et al., 2014)*

amely a 800 és 2500 nm méretű fény hullámhossz érzékelésére képes szenzorokat tartalmazó berendezésekkel mérhető. A NIR módszerhez kapcsolódik a Vis/NIR tartomány, amely a szabad szemmel látható (400-700 nm) és a NIR tartomány átfedésére utal. A módszerrel egyes molekulák fényelnyelése mérhető adott hullámhosszokon, amelyből a molekulák közti kémiai kötések tulajdonságaira tudunk következtetni. Ezen módszerrel nagy pontossággal mérhetőek az alma minőséget befolyásoló tulajdonságai. A külső tulajdonságoktól kezdve, mint a gyümölcs színe, mérete, alakja és felületi sérülések, egészen a belső tulajdonságok méréséig, mint a kémiai összetétel, tápanyag tartalom és a gyümölcshús fizikai-szerkezeti jellemzői (Grabska et al., 2023).

Egy másik lehetséges módszer az ultraviola (UV) spektroszkópia, amely esetén a molekulák 180 és 400 nm közti hullámhossz elnyelésének mértékét vizsgálják. Kutatásaim alapján

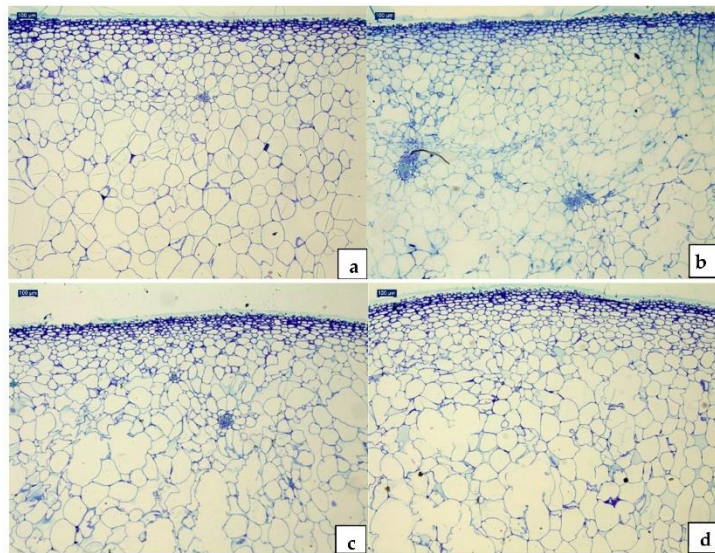
elterjedtebb viszont ezen módszer egy változata, az UV/Vis tartományban mérés, amely esetén az UV és a látható tartományba átfedésében, jellemzően 200 és 400-600 nm hullámhosszon vizsgálják a minták abszorbanciáját (Girschik et al., 2017).

Ilyen módszer még a klorofill fluoreszcencia vizsgálata, amely alapján a növényi sejtek fotoszintetizáló képességének mértékét, valamint ezen képesség környezeti hatásokra történő változását tudjuk felmérni (Kurenda et al., 2014).

## 2.7 A HHP előkezelés hatása almalé kinyerése során

A HHP előkezelés során több változás is bekövetkezett az almákban. Az egyik tanulmányban „Pink Lady” és „Limoncella” fajtákat vizsgáltak a HHP almalé kinyerésére gyakorolt előnyös hatásainak meghatározása érdekében. A kezelés során az almák legkülső rétege, az epidermiszteljesen ép maradt, viszont a belső szövetek sejtek jelentős károsodást szenvedtek (6. ábra). A sejtfa­lak felrepedése és ezáltal a sejt­közi szabad terek mérete a nyomás növelésével növekedett.

6. ábra: A alma minták metszetének képe (a – kezeletlen, b – 200 MPa, c – 400 MPa, d – 600 MPa)



Forrás: Rinaldi et al., 2024

Jelentős színváltozás is bekövetkezett a kezelés hatására. Az előkezelés befejezése után szignifikáns csökkenést tapasztaltak az  $L^*$  értékekben, az  $a^*$  értékek pedig jelentős mértékben növekedtek, ez szabad szemmel is jól látható változást eredményezett, az almák megbarnultak (7. ábra). A belső szövetek és az almák külső héj része is egyaránt jelentős mértékű barnulást mutatott.

A 600 MPa nyomással kezelt almákból kinyert lé színe is változást mutatott a nem nyomáskezelt almákból kinyert almaléhez képest. A színmérés során az  $a^*$  és  $b^*$  értékek egyaránt csökkentek a nyomáskezelt almalé esetében, tehát az almalé színe zöldebb és kevésbé sárga színű lett. Az  $L^*$  változása nem volt szignifikáns.

Az almalevek viszkozitása közvetlenül kinyerés után, valamint több hónapos tárolás után is szignifikánsan magasabb volt a nyomással előkezelt almák esetében. A kinyerés után közvetlenül 10 %-al növekedett a viszkozitás a nem előkezelt almalevekhez képest. A tárolás során a Limoncella fajta stabilabbnak mutatkozott, mert a viszkozitás csökkenése kisebb mértékű volt (Rinaldi et al., 2024).

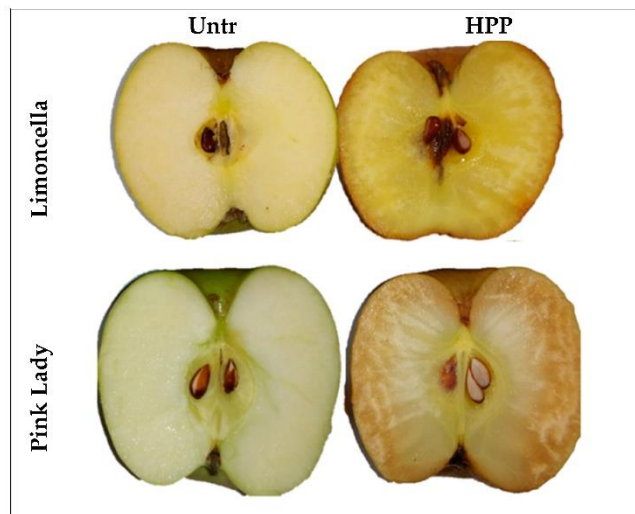
## 2.8 *Sous-vide* alkalmazása

A hagyományos hőkezeléstől abban különbözik, hogy a nyers élelmiszert először egy élelmiszer tárolására alkalmas, hőálló műanyag tasakba helyezik, majd a tasakot vákuumozzák. Jellemzően a hagyományosnál kisebb hőmérsékleten történik a kezelés, valamint folyamatosan ellenőrzik a megfelelő hőmérsékletet. A vákuumozásnak köszönhetően hatékonyabb a hőátadás az élelmiszer és a melegítéshez használt közeg között (víz vagy vízgőz), valamint megakadályozza a csomagolás utáni újrafertőződést (Baldwin, 2012).

Az antioxidáns aktivitás növekedése kisebb hőmérsékleteken való kezelés (60 °C) esetén hasonló a hagyományos hőkezeléshez, viszont magasabb hőmérsékleten (80-90 °C) jelentősen nagyobb a *sous-vide* módszerrel kezelt almafajták esetén. A polifenol tartalom változását jelentősen befolyásolják almafajta sajátos tulajdonságai is, így a hőkezelés során ezt is figyelembe kell venni. A kísérletek alapján az „Idared” alma különösen alkalmas *sous-vide* kezelésre, mert a hőmérséklet növelésének hatására a legnagyobb polifenol tartalom növekedés tapasztalható 80 és 90 °C-on (Dordevic et al., 2024).

Szerkezeti károsodás a magasabb hőmérsékleteken elkerülhetetlen, viszont a különböző fajták karakterisztikájától függően jelentősen változik a sejtek károsodásának mértéke. A károsodás

7. ábra: A nyomás hatása a minták színére (bal -kezeletlen, jobb – magas nyomáson kezelt)



Forrás: Rinaldi et al., 2024

csökkentésével egy jobb minőségű végterméket állítható elő. Egy tanulmányban a „Granny Smith” és „Mondial Gala” almafajták vizsgálata során 65 °C feletti kezelésnél a „Mondial Gala” mechanikai ellenállása legalább kétszerese volt a „Granny Smith” almánál mért értékeknek (Ortiz et al., 2017).

### **2.8.1. A különböző kezelési módszerek érzékszervi tulajdonságokra gyakorolt hatásai**

Érdekesnek találtam egy tanulmányt, amelyben sárgarépa érzékszervi tulajdonságait vizsgálták, nyersen, hagyományosan főzve, 600 MPa nyomáson történt HHP kezelés után, valamint sous-vide módszerrel főzve. 10 tagú képzett kóstolóbizottság bírálta el az adott tulajdonságokat. A külső tulajdonságok közül a narancssárgaság intenzitása a HHP és sous-vide mintáknál volt a legmagasabb, a szín világossága a HHP és főzött minták esetén volt a legélénkebb, majdnem fluoreszkáló élénkségű a többihez képest. Ízbeli különbséget is megállapítottak, a répák édessége és keserősége a nyers, HHP és sous-vide mintákban nagyon hasonló volt, viszont a főzött minta sokkal kevésbé volt édes. A ropogósság vizsgálatánál is hasonló eredmények voltak, a nyers minta volt legropogósabb, sous- vide és HHP esetén kisebb csökkenés következett be, a főzött minta, pedig egyáltalán nem volt ropogós (Trejo Araya et al., 2009).

*1. táblázat: Érzékszervi tulajdonságok értékelése nullától százig terjedő skálán (0 – alacsony, nem jellemző, 100 – magas, jellemző)*

Minta	Szín intenzitás	Világosság	Flexibilitás	Ropogósság	Édesség	Keserűség	Lédúság
Nyers	51,95	47,12	26,83	83,42	50,05	14,55	45,7
HHP	73,53	70,72	85,9	59,75	48,67	21,37	67,33
Sous-vide	66,02	59,77	78,45	58,15	53,93	11,75	62,27
Főzött	53,58	73,33	8,87	2,22	11,9	17,2	91,45

*Forrás: (Trejo Araya et al., 2009)*

### **3. Anyagok és módszerek**

#### **3.1. Felhasznált anyagok**

##### **3.1.1. Alma**

A Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Állatiermék és Élelmiszertartósítási Technológia Tanszékén kerültek elvégzésre a kísérletek. Idared típusú alma paramétereinek változását vizsgáltam tárolás során. Huszonegy napig tároltam a kezelt mintákat 4 °C-os hűtőkamrában. A tárolás során hat ponton mértem a minta paramétereit, amelyek a következők: nulladik napon közvetlenül a kezelés után, a második napon, az ötödik napon, hetedik napon, a tizennegyedik napon és a huszonegyedik napon. A kísérlet során pH, tömeg, állomány és szín méréseket végeztem.

Első lépésben az almákat nagyjából egyenlő vastagságú szeletekre vágtam, majd a szeleteket félbe vágtam. Ezután a félbevágott szeleteket összekevertem és véletlenszerűen 3-3 szeletet 42 műanyag tasakba csomagoltam (9. ábra), amelyeket Multivac vákuumcsomagoló gép (8. ábra) segítségével zártam le. A párhuzamos mérés elvégzéséhez minden nyomáson kettő tasakra van szükség, így összesen 36 tasak került felhasználásra.

*8. ábra: Multivac vákuumcsomagoló*



*Forrás: saját kép*

9. ábra: Előkészített minták



Forrás: saját kép

### 3.1.2. Nagy hidrosztatikus nyomású kezelés (HHP)

Az vákuumcsomagolt mintákat egy perces nyomáson tartási idővel, 100 MPa/perc nyomásemelési sebességgel 300 MPa, 400 MPa és 500 MPa nyomásokon kezeltem. A kezelést egy Resato FPU-100-2000 nagy hidrosztatikus nyomású élelmiszertartósító félüzemi berendezéssel (10. ábra) végeztem el.

A HHP kezelés után a mintákat 4 °C-on hűtve tároltam, a mikroorganizmusok szaporodásának gátlása érdekében.

10. ábra: Resato FPU-100-2000



Forrás: saját kép

## 3.2. Mérési módszerek

### 3.2.1. Tömegmérés

A minták tömegét század g pontosságú precíziós mérleggel mértem. Először a vákuumsomagolt mintákat beszámoltam, majd még kezelés előtt az összes minta tömegét lemértem, majd a HHP kezelés után az adott napon mért tasakokat felbontottam és a szeletek tömegét újra lemértem, ügyelve arra, hogy a tasakban kivált folyadékot lecsepegtessem a szeletekről.

### 3.2.2. Színmérés

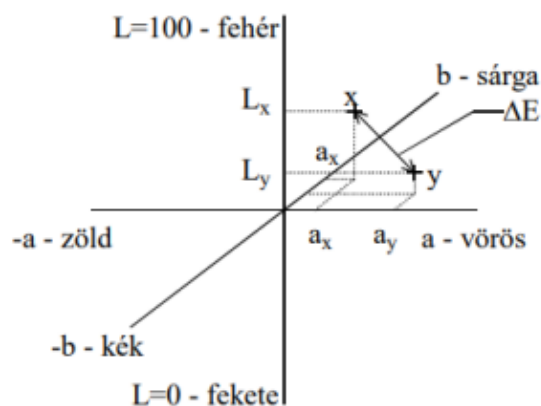
A színmérést egy Konica Minolta CR-400 típusú kromatométerrel (11. ábra) végeztem. A színösszetevők meghatározása a minta által visszavert fény mennyiségén alapszik. Minden mintán hat színmérést végeztem, majd az eredményekből átlagot számítottam. A CIELAB-rendszer (12. ábra) színértékei szerint mért a használt kromatométer. Johanyák (1999) az alábbiakat mondta a CIELAB-rendszerről: „A színmérés célja az, hogy a színérzethez kapcsolható számokat állítson elő. Magyarországon a CIELAB színmérő rendszer került szabványosításra. Ez egy háromdimenziós koordinátarendszerben az ún. színtestben egy pont segítségével ábrázolja a színt. Az abszcissza (a) a zöldből a vörösbe, az ordináta (b) a kékből a sárgába történő átmenetet, míg a függőleges tengely (L) a világosság értékét mutatja. Az L tengelytől való távolság határozza meg a szín telítettségét.”

11. ábra: Konica Minolta CR-400



Forrás: saját kép

12. ábra: CIELAB-rendszer

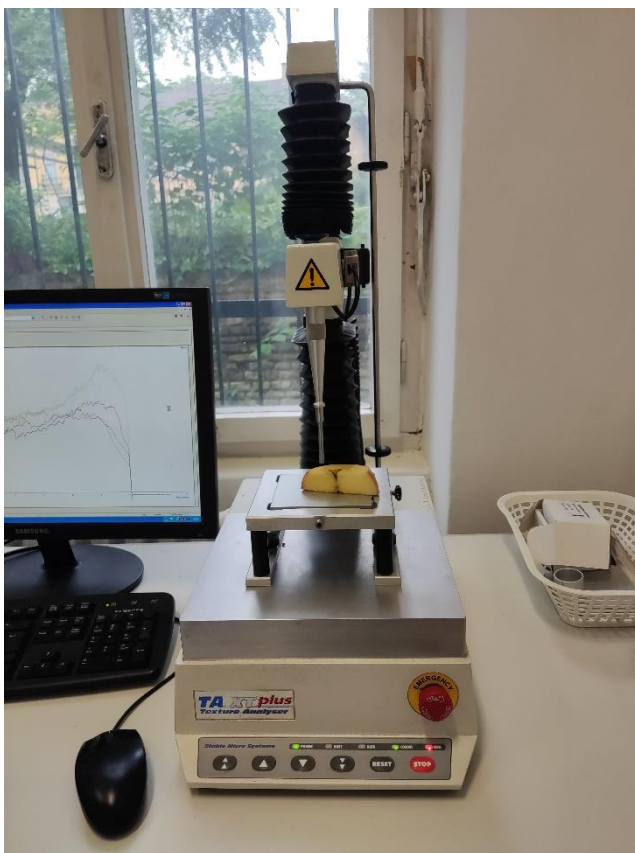


Forrás:(Johanyák, 1999)

### 3.2.3. Állománymérés

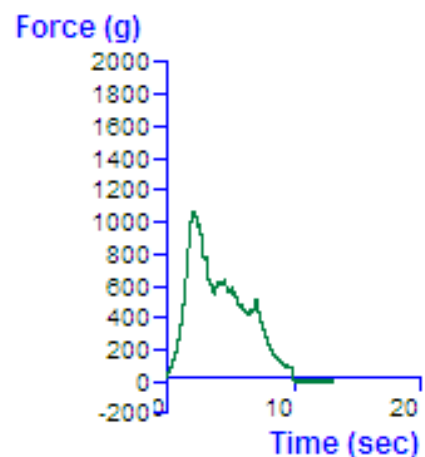
Egy Stable Micro Systems TA.XTplus típusú textúra analízáló berendezéssel (13. ábra) végeztem az almaszeletek állományának mérését. A mérésekhez egy 5 mm átmérőjű rozsdamentes henger mérőfejet használtam. A készülék 20 mm behatolási mélységre, illetve 2 mm/másodperc behatolási sebességre lett beállítva, ezeken a paramétereken történtek a mérések. A mért értékekből erőgörbét készít a berendezéshez tartozó program, amely egyből megjelenik a számítógépen. Minden mintán véletlenszerűen kiválasztott pontokon 6 párhuzamos mérést végeztem, melynek eredményeit átlagoltam.

13. ábra: Stable Micro Systems Ta.XTplus



Forrás: saját kép

14. ábra: Egy jellegzetes erő görbe diagram



### 3.2.4. pH mérés

Egy Testo 206 típusú pH mérővel (15. ábra) végeztem el a vizsgálatokat. A készülék kijelzőjén megjelenik a mért érték, a végleges pH értéket egy csipogó hang jelzi. Ugyancsak véletlenszerű pontokat kiválasztva 6 mérést végeztem mintánként.

15. ábra: Testo 206



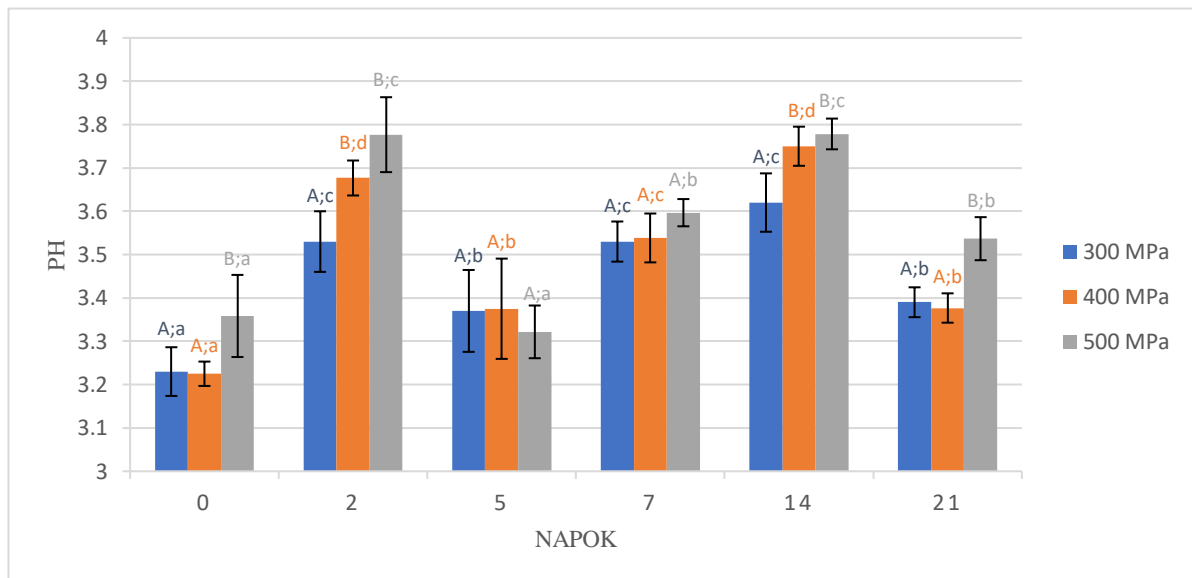
Forrás: saját kép

#### 4. Eredmények és értékelésük

Az mért adatokból statisztikai számításokat végeztünk program segítségével, az értékek összefüggését, korrelációját vizsgáltuk, melyeket a diagramokon is jelöltem. A program az értékeket csoportosította és kategóriákba sorolta. A nagy betűk az adott napon a három nyomás közti hasonlóságot jelölik, a kis betűk, pedig az adott nyomáson a tárolási napok közötti hasonlóságot.

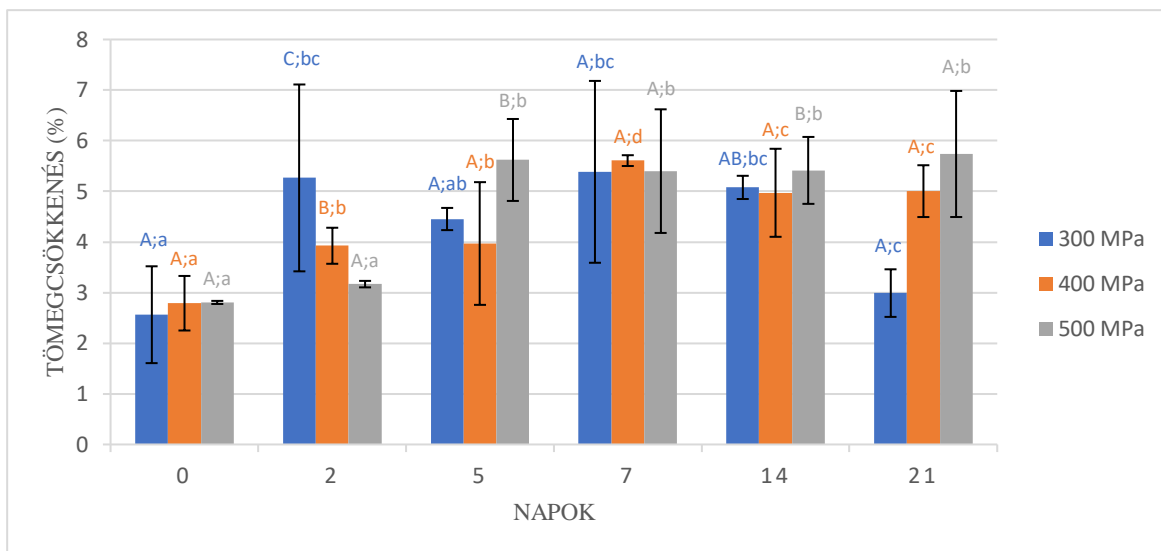
Az adatok alapján az látható, hogy a tárolás alatt mindhárom nyomáson kezelt minta pH értéke kis mértékben növekedett. Az 500 MPa nyomáson kezelt minta pH értéke volt a legmagasabb a tárolás kezdetén, illetve a végén is, viszont szignifikáns különbség nincs a minták között (16. ábra).

16. ábra: pH érték változása a tárolás során



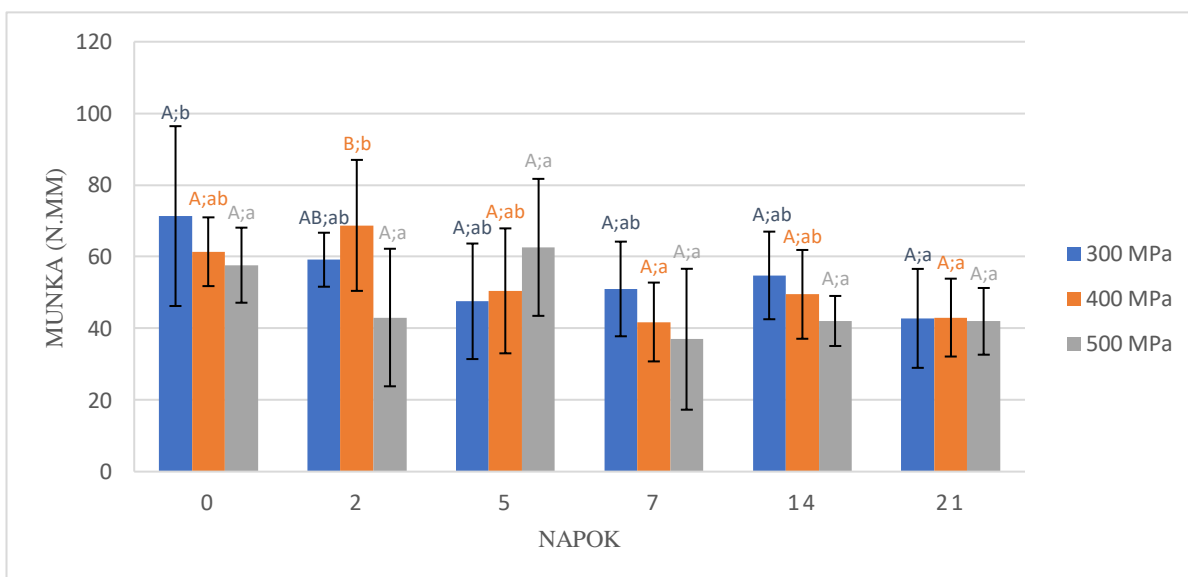
Közvetlenül a kezelés után az összes minta tömegvesztesége szinte azonos, 2,5 % körüli érték volt. Az 5. naphoz képest az 500 MPa-on kezelt minta tömegvesztesége majdnem megduplázódik a 2. naphoz képest. A 7. napig egyre növekszik a tömegveszteség, a következő két hét során nem változik jelentős mértékben, kivéve a 300 MPa nyomáson kezelt mintát (17. ábra).

17. ábra: A tömegcsökkenés mértékének változása a tárolás során



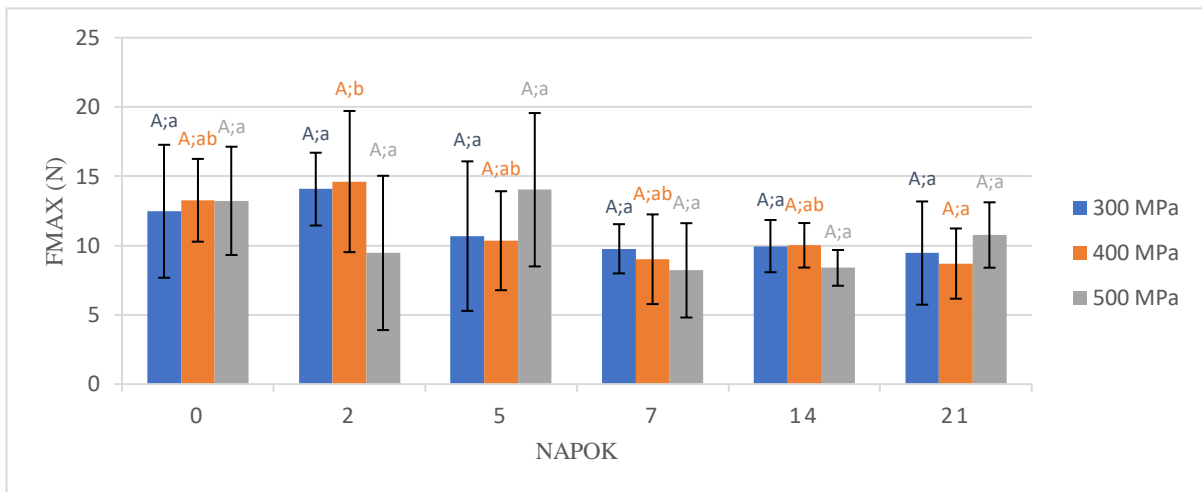
Itt az látható, hogy a tárolás során csökken a szükséges munka. A kisebb kilengés itt is látható 500 MPa-on a 2. és 5. napnál, viszont jelentősebb különbség nincs a minták között a szükséges munka változásának tekintetében. A 0. napon a 300 MPa-on kezelt mintához szükséges a legnagyobb munka, viszont a tárolás végére szinte egyenlő lesz mindhárom minta esetén (18. ábra).

18. ábra: A roncsoláshoz szükséges munka változása a tárolás alatt



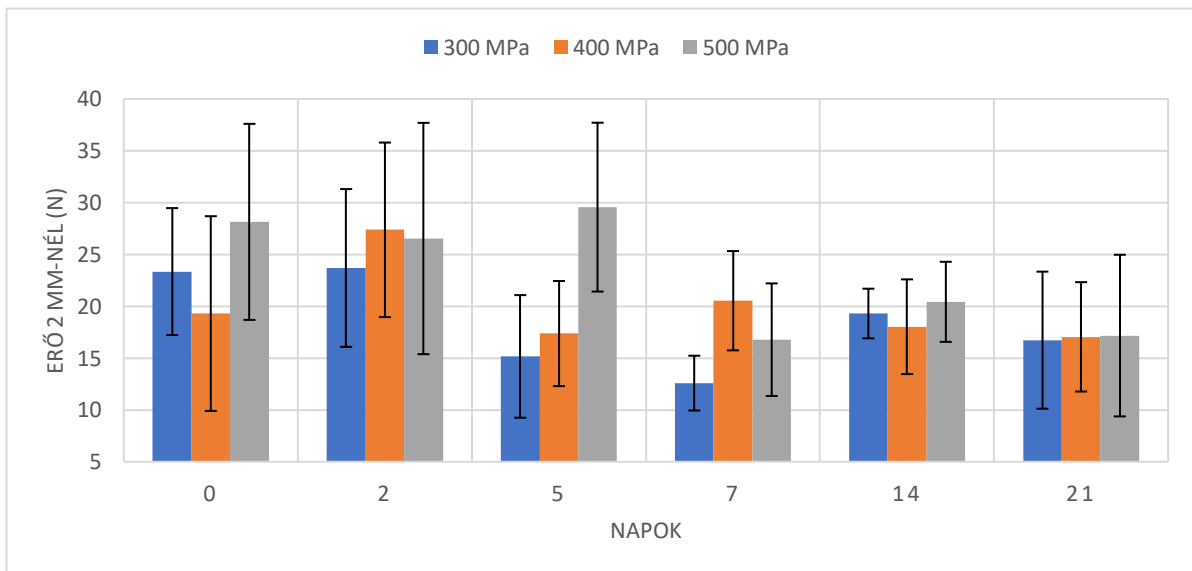
A diagram alapján az tapasztalható, hogy a tárolás elején nagyobb erő szükséges a roncsoláshoz, mint a végén. 500 MPa-nál egy kisebb eltérés tapasztalható a 2. és 5. napoknál, de összességében a három nyomásérték hasonló mértékben változik (19. ábra).

19. ábra: A maximális erő érték változása a tárolás során



A tárolás során a 2 mm-en mért erő csökkenő tendenciát mutat, tehát a minták állománya puhul. Közvetlenül a kezelés után az 500 MPa-os minta volt a legkeményebb, illetve az 5. napig nem változott jelentősen, a 7. naptól kezdve, viszont csökkent a keménység és a tárolási végéig szinte azonos értéken mozgott mindhárom minta. A 300 MPa-os minta volt a legpuhább az adatok alapján. A 300 és 400 MPa-os minták között jelentős különbség nem volt tapasztalható (20. ábra).

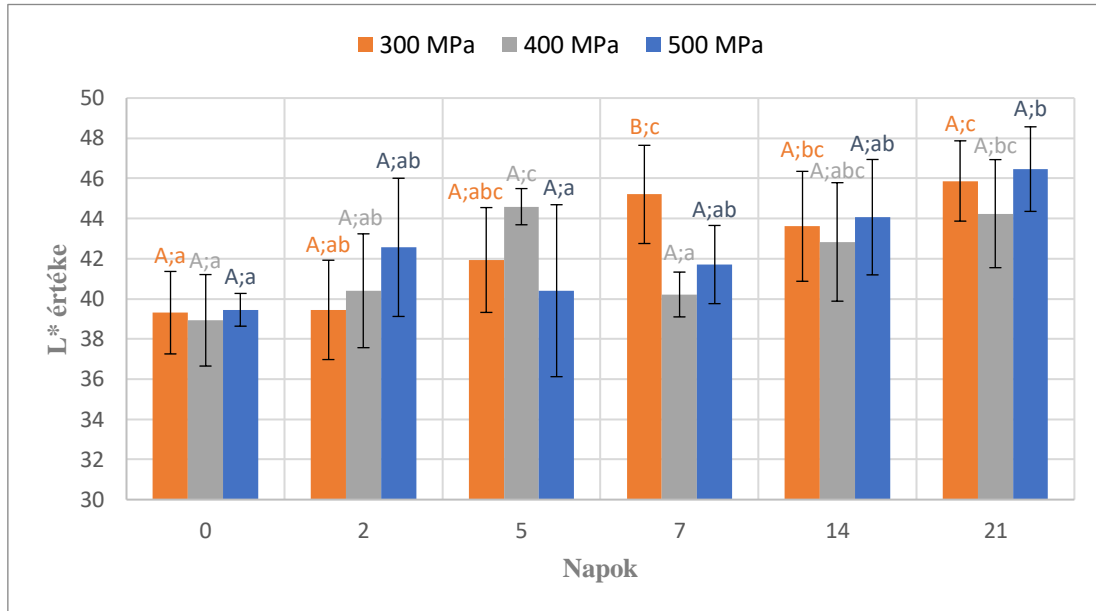
20. ábra: A 2 mm-nél mért erő értékének változása



Az adatokból az olvasható le, hogy tárolás alatt növekedett az  $L^*$  érték, tehát a minták világosodtak. Jól látható, hogy a 2. napon a nyomás nagyságával arányosan nőtt az  $L^*$  is, hiszen a az 500 MPa-on kezelt minta mutatta a legnagyobb növekedést. Összességében hosszabb távon az

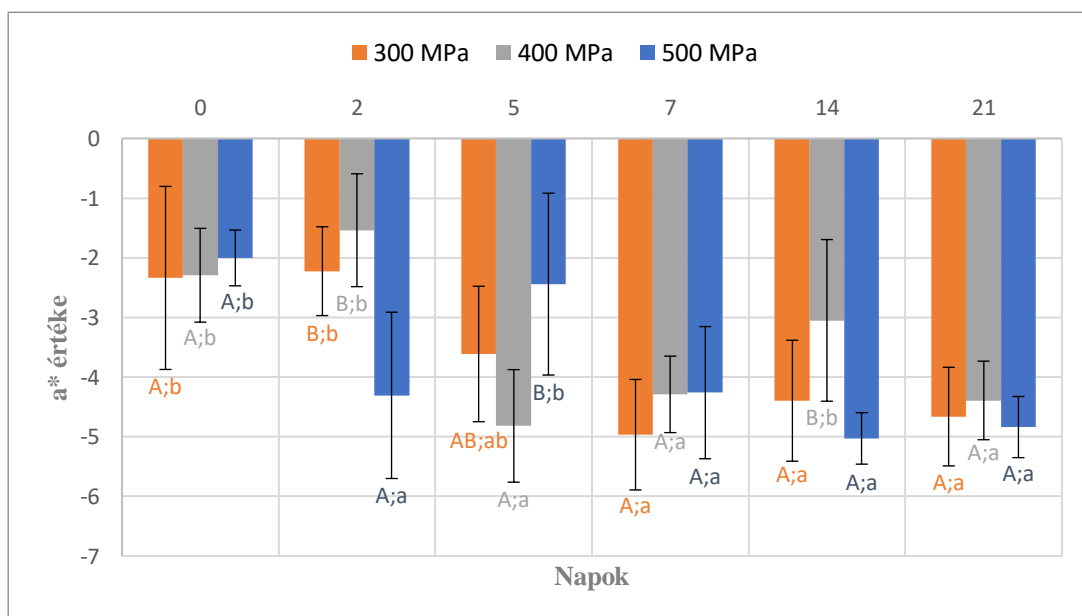
intenzívebb nyomás világosabb színhez vezet, mert az utolsó napon szintén az 500 MPa-on kezelt minta  $L^*$  értéke lesz a legnagyobb (21. ábra).

21. ábra:  $L^*$  értékének változása a tárolás során



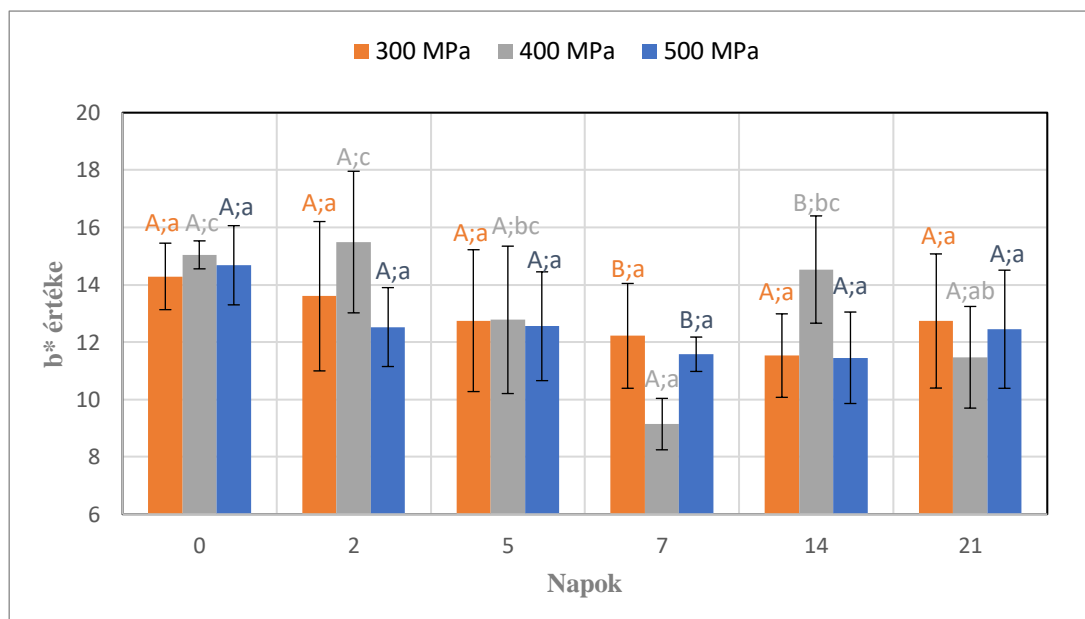
Az értékek minden kezelési csoportban a negatív tartományban vannak, ami egy zöld irányú színárnyalatot mutat. A 500 és 400 MPa-on kezelt minták nagyobb mértékű zöld szín eltolódást mutatnak rövid távon, viszont a 7. nap után stabilizálódnak az értékek és egészen a tárolás végéig nem változnak jelentősen (22. ábra).

22. ábra: Az  $a^*$  értékének változása a tárolás során



A  $b^*$  értékek a sárga-kék színtengely változását mutatják. A tárolás alatt az összes minta értéke csökken, ami azt mutatja, hogy a sárga árnyalat kis mértékben a kékebb szín felé mozdult el. A 300 és 500 MPa-on kezelt minták színváltozása szinte megegyező, a 400 MPa-on kezelt minta értékeiben látható ingadozás, amely valószínűleg mérési pontatlanságból eredhet a szórás alapján, viszont a tárolás végére jelentős különbség nem tapasztalható a minták között (23. ábra).

23. ábra: A  $b^*$  értékének változása a tárolás során



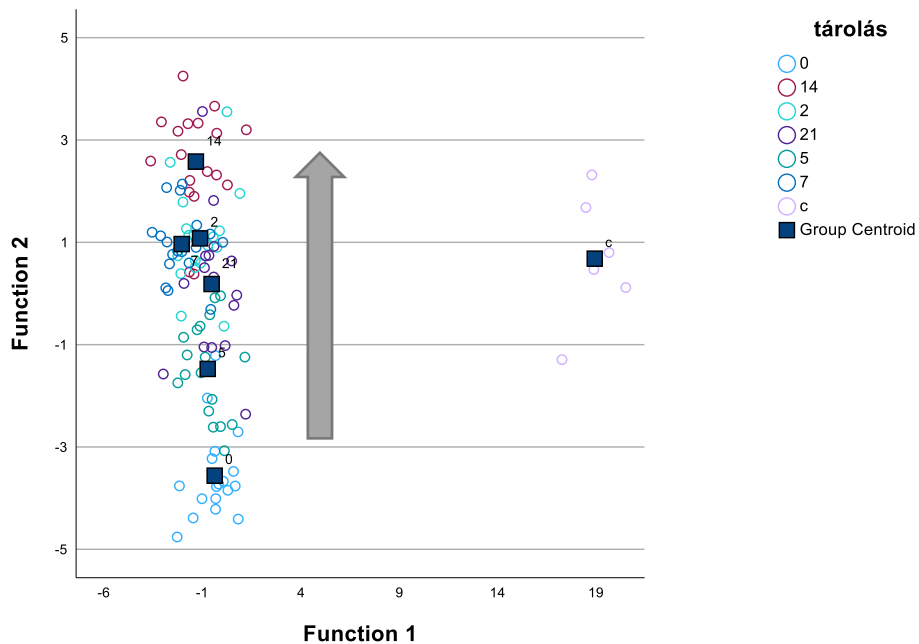
A korreláció táblázat alapján több paraméternél is szignifikáns értéket kapunk (2. táblázat). Egyből szembetűnő, hogy az  $F_{max}$  és a roncsolási munka között feltételezhetően kapcsolat van, hiszen az eredmény erősen szignifikáns (szignifikancia szintje 0,01 alatt van) és a korreláció értéke pedig közelebb van egyhez. Ezt az összefüggést a diagramok is alátámasztják. Van egy erősen szignifikáns korreláció az  $L^*$  és munka között is, viszont nem egyértelműen megállapítható a kapcsolat, mivel az értéke 0,5, amely pontosan a nincs kapcsolat és a teljes korreláció között van félúton. Szintén erősen szignifikáns az  $a^*$  kapcsolata az  $F_{max}$  és a munka paraméterekkel, mindkettővel majdnem 0,5 a korreláció értéke, tehát a kapcsolat itt sem egyértelmű. A szeletek tömege és szükséges roncsolási munka között egy erősen szignifikáns negatív értékű korreláció van, ami azt jelenti, hogy kapcsolat esetén a két paraméter ellentétesen változik.

2. táblázat: A paraméterek közötti Pearson korreláció értéke és szignifikanciája

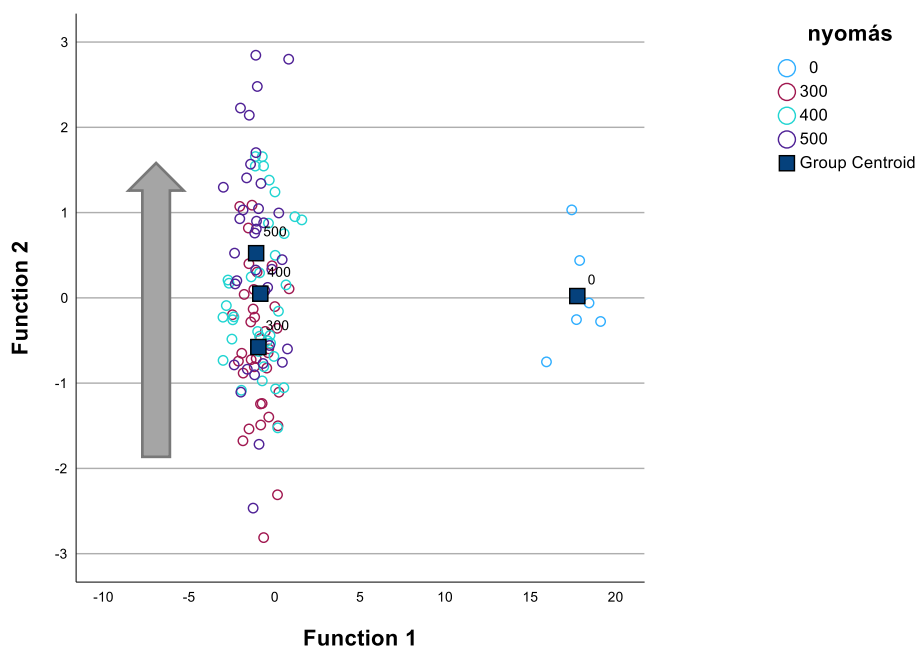
		L*	a*	b*	Fmax	munka	pH	tömeg
L*	Pearson Correlation	1	-0,11	,269**	0,103	,504**	-0,019	-,440**
	Sig. (2-tailed)		0,244	0,004	0,278	<,001	0,839	<,001
	N		114	114	114	114	114	114
a*	Pearson Correlation		1	0,053	,430**	,468**	-,231*	-,403**
	Sig. (2-tailed)			0,577	<,001	<,001	0,013	<,001
	N			114	114	114	114	114
b*	Pearson Correlation			1	0,079	0,155	-0,031	-0,08
	Sig. (2-tailed)				0,404	0,1	0,742	0,395
	N				114	114	114	114
Fmax	Pearson Correlation				1	,751**	-,195*	-,277**
	Sig. (2-tailed)					<,001	0,037	0,003
	N					114	114	114
munka	Pearson Correlation					1	-,246**	-,566**
	Sig. (2-tailed)						0,008	<,001
	N						114	114
pH	Pearson Correlation						1	,235*
	Sig. (2-tailed)							0,012
	N							114
tömeg	Pearson Correlation							1
	Sig. (2-tailed)							
	N							

Diszkriminanciaanalízist is végeztünk program segítségével, amely az összes adatot egyszerre vizsgálja, egyfajta összképet adva a teljes adathalmazról. Az analízis lényege, hogy az adatokhoz értéket párosít, majd ezen értéket aszerint súlyozza, hogy a csoportba rendezés során a csoportok között minél nagyobb legyen a variancia, csoporton belül, pedig minél kisebb. A lényeg, hogy minél jobban elkülönülő csoportokat kapjunk. A diagram ábrázolásakor egyik esetben a tárolási napok szerint lettek ábrázolva az adatok, itt megbízhatónak mondható eredményt kaptunk, mivel az eredeti csoportosítás szerint az értékek majdnem 80%-a jól került besorolásra, illetve a kereszt-validált csoportosítás (a csoportba soroláskor egy kiugró értéket kihagy és másik csoportba próbálja rendezni) szerint 74% jól került besorolásra, ami kifejezetten jó aránynak számít (24. ábra). A másik esetben a kezelési nyomások szerint kerültek ábrázolásra az adatok, itt már nem olyan megbízható az eredmény, mivel az eredeti csoportosítás csak 54%-ban volt helyes, a kereszt-validált csoportosítás, pedig csak 47%-ban (25. ábra).

24. ábra: Tárolás szerint ábrázolt diszkriminanciaanalízis eredménye (a szürke nyíl a tárolási napok előrehaladását mutatja a HHP kezelt minták esetében)



25. ábra: Nyomás szerint ábrázolt diszkriminanciaanalízis eredménye (a szürke nyíl a tárolási napok előrehaladását mutatja a HHP kezelt minták esetében)



## ***5. Következtetések és javaslatok***

A kísérlet során a pH érték nem változott szignifikánsan, ami arra utal, hogy jelentősebb kémiai változások nem mentek a végbe a kezelés után, illetve a tárolás alatt, így igazolva más korábbi kutatások eredményeit. A pH érték tárolás közben ingadozásának magyarázatához további mérésekre lenne szükség. Az állományváltozások alapján elmondható, hogy a tárolás alatt gyengyült a gyümölcshús szerkezete, viszont a három nyomás között nem volt tapasztalható szignifikáns különbség. A nyomáskezelés állományra gyakorolt hatása nagyban függ a fajtától is, ezért további kutatásokkal más almafajták vizsgálata is szükséges, ahhoz, hogy kiderüljön mely fajták ideálisak a kezeléshez. A gyümölcshús nem mutatott barnulást sem a kezelés, sem a tárolás alatt, inkább az volt megfigyelhető, hogy a zöld színárnyalat erősödött a tárolás előrehaladtával. A szeletek tömegének csökkenésével kapcsolatban az figyelhető meg, hogy a tárolás elején a kisebb nyomású kezelés intenzívebb folyadék kiválást eredményezett, viszont a későbbi szakaszban stabilizálódott mindhárom nyomás esetén. Tehát ebből feltételezhető, hogy rövid távú tárolás esetén kedvezőbb magasabb nyomású kezelés alkalmazása.

Fontos megemlíteni, hogy mivel egy fajtán belüli termések között is lehetnek beltartalmi, szerkezeti eltérések, amelyeket előre nem tudtunk beleszámítani a mérésekbe, ezek okozhattak torzulást a kutatás eredményeiben.

Ezen kutatás kizárólag a magas nyomáson kezelt gyümölcs kémhatásának, színének, állománynak és tömegének változására fókuszált. A későbbiekben a beltartalmi jellemzők részletes vizsgálatával, illetve akár a magas nyomású kezelést más módszerekkel kombinálva teljesebb képet kaphatnánk a technológia ezen területen alkalmazott előnyeiről és hátrányairól. A nyomás a pektin vízben való oldhatóságát is növelte.

## 6. Összefoglalás

Az Idared almafajta magas hidrosztatikus nyomás (HHP) kezelésének hatásait vizsgáltam, különös figyelmet fordítva a tárolás során bekövetkező változásokra. Fő célom, hogy bemutassam, hogyan befolyásolja a HHP technológia az alma fizikai (állomány, szín, tömeg) és kémiai (pH) paramétereit, valamint ezek minőségre és élvezeti értékre gyakorolt hatásait.

A HHP lényege, hogy csomagolt élelmiszert egy folyadékkal töltött kamrában az atmoszférikus nyomás sokszorosának teszik ki rövid időn keresztül, jellemzően alacsony hőmérsékleten. Ez kíméletes technológia, amely nem befolyásolja az aromakomponensek és tápanyagok többségét.

A kezelési szerkezetre gyakorolt hatása nagyban függ az egyes fajták egyéni tulajdonságaitól, a gyümölcshús sejtfalának felépítésétől és épségétől. A különbségek olyan mértékűek, hogy egyes fajták esetében akár négyszer akkora is lehet a károsodás mértéke, mint más fajknál.

Jelentős kémiai változásokat nem okoz a kezelés, viszont egyes vegyületekre, anyagokra hatással van. A gyümölcs fenolvegyület tartalmát fajtától függően csökkentheti vagy növelheti is a kezelés. A keményítő tartalomban is változást idéz elő, kis mértékben növelheti, viszont a fő változás, hogy a magas nyomás növeli a keményítő emészthetőségét.

A nyomás kombinálásának más módszerekkel számos előnye van. A patogén baktériumok pusztulását vizsgálva a nyomáskezelés jelentősen csökkenti a hővel szembeni ellenállóképességüket. A nyomás és szárítás kombinációja a szerkezet kisebb mértékű károsodását eredményezte.

A fizikai tulajdonságok kiértékelése történhet spektroszkópiával vagy kromatométerrel, illetve az állományérés pedig egy speciális állománymérő berendezéssel.

A kísérlet során az almákat felszeletelve és vákuumcsomagolva különböző nyomáson (300, 400, 500 MPa) kezeltem, majd 21 napig, 4°C-on tároltam. Hat időpontban végeztem méréseket a szeletek tömegére, pH-jára, állományára és színére. A méréseket analitikai mérleggel, kromatométerrel, állománymérővel és pH-mérővel végeztem. Statisztikai elemzésekkel (korreláció, diszkriminanciaanalízis) értékeltem ki az adatokat.

A pH értékek nem változtak jelentősen a tárolás alatt, ami arra utal, hogy a kémiai változások mértéke elhanyagolható volt. Az alma tárolás közben puhult, de a háromféle nyomás között nem volt szignifikáns különbség. A szeletek tömege a tárolás elején intenzívebben csökkent alacsonyabb nyomáson, később stabilizálódott. A színmérések alapján az intenzívebb nyomás

világosabb színt eredményezett. A tárolás alatt a zöld árnyalat jelentősen növekedett, sárga árnyalat, pedig kis mértékben csökkent. Tehát elmondható, hogy a nyomáskezelés a gyümölcs esztétikai minőségét inkább pozitívan befolyásolta.

Összességében arra a megállapításra jutottam, hogy rövidebb távú tárolás esetén (1 hét) célszerűbb a magasabb nyomást alkalmazni, viszont, ha hosszabb távban gondolkodunk, akkor hasonló eredményt fogunk kapni mindhárom nyomás esetén.

## 8. Irodalomjegyzék

- Apréa, E., Charles, M., Endrizzi, I., Laura Corollaro, M., Betta, E., Biasioli, F., Gasperi, F., 2017. Sweet taste in apple: the role of sorbitol, individual sugars, organic acids and volatile compounds. *Sci. Rep.* 7, 44950. <https://doi.org/10.1038/srep44950>
- Baldwin, D.E., 2012. Sous vide cooking: A review. *Int. J. Gastron. Food Sci.* 1, 15–30. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2011.11.002>
- Briones-Labarca, V., Venegas-Cubillos, G., Ortiz-Portilla, S., Chacana-Ojeda, M., Maureira, H., 2011. Effects of high hydrostatic pressure (HHP) on bioaccessibility, as well as antioxidant activity, mineral and starch contents in Granny Smith apple. *Food Chem.* 128, 520–529. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.03.074>
- Dordevic, D., Kalcakova, L., Lankovova, A., Dordevic, S., Pospiech, M., Tremlova, B., Kushkevych, I., 2024. Application of sous-vide technology in the processing of different apple cultivars and its effect on physico-chemical properties. *Eur. Food Res. Technol.* <https://doi.org/10.1007/s00217-024-04609-6>
- Fernández-Jalao, I., Sánchez-Moreno, C., De Ancos, B., 2019. Effect of high-pressure processing on flavonoids, hydroxycinnamic acids, dihydrochalcones and antioxidant activity of apple ‘Golden Delicious’ from different geographical origin. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol., Innovations in Food Science and Technology at the Spanish National Research Council (CSIC)* 51, 20–31. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.06.002>
- Girschik, L., Jones, J.E., Kerslake, F.L., Robertson, M., Dambergs, R.G., Swarts, N.D., 2017. Apple variety and maturity profiling of base ciders using UV spectroscopy. *Food Chem.* 228, 323–329. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.02.012>
- Grabska, J., Beć, K.B., Ueno, N., Huck, C.W., 2023. Analyzing the Quality Parameters of Apples by Spectroscopy from Vis/NIR to NIR Region: A Comprehensive Review. *Foods* 12, 1946. <https://doi.org/10.3390/foods12101946>
- Harker, F.R., Marsh, K.B., Young, H., Murray, S.H., Gunson, F.A., Walker, S.B., 2002. Sensory interpretation of instrumental measurements 2: sweet and acid taste of apple fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 24, 241–250. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(01\)00157-0](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(01)00157-0)
- Janowicz, M., Lenart, A., 2015. Selected physical properties of convection dried apples after HHP treatment. *LWT - Food Sci. Technol.* 63, 828–836. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.04.065>
- Johanyák Zs.Cs., 1999. Színelőállítás optimalizálása kísérlettervezés segítségével. *Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka* 4., 25–28.
- Koutchma, T., Popović, V., Ros-Polski, V., Popielarz, A., 2016. Effects of Ultraviolet Light and High-Pressure Processing on Quality and Health-Related Constituents of Fresh Juice Products. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 15, 844–867. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12214>
- Kurenda, A., Zdunek, A., Schlüter, O., Herppich, W.B., 2014. VIS/NIR spectroscopy, chlorophyll fluorescence, biospeckle and backscattering to evaluate changes in apples subjected to hydrostatic pressures. *Postharvest Biol. Technol.* 96, 88–98. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2014.05.009>
- Lee, E.J., Park, S.H., 2024. Antimicrobial Effect of Combination Treatment with High Pressure Processing and Mild Heat Against Foodborne Pathogens in Apple Puree. *Food Bioprocess Technol.* 17, 736–746. <https://doi.org/10.1007/s11947-023-03168-0>
- Lee, Y., Watanabe, T., Nakaura, Y., Ando, Y., Nagata, M., Yamamoto, K., 2019. Cultivar differences in electrical and mechanical property changes and tolerance in apples due to

- high hydrostatic pressure treatment. *Postharvest Biol. Technol.* 156, 110947. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2019.110947>
- Ortiz, A., Le Meurlay, D., Lara, I., Symoneaux, R., Madieta, E., Mehinagic, E., 2017. The effects of sous-vide cooking parameters on texture and cell wall modifications in two apple cultivars: A response surface methodology approach. *Food Sci. Technol. Int.* 23, 99–109. <https://doi.org/10.1177/1082013216659197>
- Persic, M., Mikulic-Petkovsek, M., Slatnar, A., Veberic, R., 2017. Chemical composition of apple fruit, juice and pomace and the correlation between phenolic content, enzymatic activity and browning. *LWT - Food Sci. Technol.* 82, 23–31. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.04.017>
- Rinaldi, M., Dhenge, R., Rodolfi, M., Littardi, P., Lacey, K., Cavazza, A., Grimaldi, M., Lolli, V., Cirlini, M., Chiancone, B., Ganino, T., 2024. The Effects of High-Pressure Processing Pre-Treatment on Apple Fruit for Juice Production. *Foods* 13, 2182. <https://doi.org/10.3390/foods13142182>
- Trejo Araya, X.I., Smale, N., Zabarás, D., Winley, E., Forde, C., Stewart, C.M., Mawson, A.J., 2009. Sensory perception and quality attributes of high pressure processed carrots in comparison to raw, sous-vide and cooked carrots. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 10, 420–433. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2009.04.002>
- Virk, B.S., Sogi, D.S., 2004. Extraction and Characterization of Pectin from Apple (*Malus Pumila*. Cv Amri) Peel Waste. *Int. J. Food Prop.* 7, 693–703. <https://doi.org/10.1081/JFP-200033095>
- Wael M. Elamin, Endan, J.B., Yosuf, Y.A., Shamsudin, R., Ahmedov, A., 2015. High Pressure Processing Technology and Equipment Evolution : A Review. *J. Eng. Sci. Technol. Rev.* 8, 75–83. <https://doi.org/10.25103/jestr.085.11>
- Wang, Yuan, Ma, C., Yang, Y., Wang, B., Liu, X., Wang, Yan, Bian, X., Zhang, G., Zhang, N., 2024. Effect of high hydrostatic pressure treatment on food composition and applications in food industry: A review. *Food Res. Int.* 195, 114991. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.114991>
- Warrington, I.J., Fulton, T.A., Halligan, E.A., Silva, H.N. de, 1999. Apple Fruit Growth and Maturity are Affected by Early Season Temperatures. <https://doi.org/10.21273/JASHS.124.5.468>
- Zhong, L., Li, X., Duan, M., Song, Y., He, N., Che, L., 2021. Impacts of high hydrostatic pressure processing on the structure and properties of pectin. *LWT* 148, 111793. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111793>

## **9. Ábrák és táblázatok jegyzéke**

### **9.1 Ábrajegyzék**

1. ábra: Magas nyomású kezelési módszerek berendezései és folyamata, direkt (bal) és indirekt (jobb) .....	4
2. ábra: Különböző almafajták maximum stressztűrésének változása növekvő nyomások alatt	5
3. ábra: Pektin vizes oldatának viszkozitás változása .....	6
4. ábra: Porozitás változása különböző módszerek alkalmazásával (A – nem kezelt, B – szárított, C – HHP kezelt, vákuumcsomagolt, D – HHP kezelt, majd szárított).....	7
5. ábra: A nyomás hatására bekövetkező színváltozások (GrC - kontroll, Gr100 – 100 MPa, Gr150 – 150 MPa, Gr200 – 200 MPa) .....	8
6. ábra: A alma minták metszetének képe (a – kezeletlen, b – 200 MPa, c – 400 MPa, d – 600 MPa) .....	9
7. ábra: A nyomás hatása a minták színére (bal - -kezeletlen, jobb – magas nyomáson kezelt) .....	10
8. ábra: Multivac vákuumcsomagoló .....	12
9. ábra: Előkészített minták.....	13
10. ábra: Resato FPU-100-2000.....	13
11. ábra: Konia Minolta CR-400.....	14
12. ábra: CIELAB-rendszer .....	14
13. ábra: Stable Micro Systems Ta.XTplus .....	15
14. ábra: Egy jellegzetes erő görbe diagram.....	15
15. ábra: Testo 206 .....	16
16. ábra: pH érték változása a tárolás során.....	17
17. ábra: A tömegcsökkenés mértékének változása a tárolás során .....	17
18. ábra: A roncsoláshoz szükséges munka változása a tárolás alatt .....	18
19. ábra: A maximális erő érték változása a tárolás során.....	19
20. ábra: A 2 mm-nél mért erő értékének változása.....	19
21. ábra: L* értékének változása a tárolás során.....	20
22. ábra: Az a* értékének változása a tárolás során .....	20
23. ábra: A b* értékének változása a tárolás során.....	21
24. ábra: Tárolás szerint ábrázolt diszkriminanciaanalízis eredménye (a szürke nyíl a tárolási napok előrehaladását mutatja a HHP kezelt minták esetében) .....	23

25. ábra: Nyomás szerint ábrázolt diszkriminanciaanalízis eredménye (a szürke nyíl a tárolási napok előrehaladását mutatja a HHP kezelt minták esetében) .....23

## **9.2 Táblázatjegyzék**

1. táblázat: Érzékszervi tulajdonságok értékelése nullától százig terjedő skálán (0 – alacsony, nem jellemző, 100 – magas, jellemző) ..... 11

2. táblázat: A paraméterek közötti Pearson korreláció értéke és szignifikanciája .....22

## ***10. Nyilatkozatok***

## NYILATKOZAT

### a szakdolgozat nyilvános hozzáféréseről és eredetiségéről

A hallgató neve: Bálagos Levente Terenc  
A Hallgató Neptun kódja: KW7V4Y  
A dolgozat címe: HHP kezelési alkalmazása Idared almafajtán  
A megjelenés éve: 2025  
A konzulens intézetének neve: Élelmiszer-tudományi és Technológiai Intézet  
A konzulens tanszékének a neve: Állattenyésztés és Élelmiszer-tartósítási Technológia

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem. Továbbá kijelentem, hogy a dolgozat elkészítése során alkalmazott mesterséges intelligencia-eszközök (pl. szöveggenerálás, nyelvi javítás, fordítás, adatelemzés) használata nem helyettesítette a saját kutatási és alkotói munkámat, azok alkalmazását a források között vagy a módszertani részben feltüntettem, és a szakmai-etikai elvárásoknak megfelelően jártam el.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemitulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitóri rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitóri rendszerében.

Kelt: 2025 év 10. hó 31. nap

Bálagos Levente

Hallgató aláírása

## NYILATKOZAT

Bádogos Levente János (név) (hallgató Neptun azonosítója: KW7V4Y)  
konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót  
az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól  
tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán  
történő védésre javaslom / nem javaslom.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem\*

Kelt: 2025. év 10. hó 31. nap

Kéri György  
belső konzulens

## Hallgatók, doktoranduszok nyilatkozata mesterséges intelligencia (MI) alkalmazásáról

### 1. Általános adatok

Hallgató neve:	Biólogus Levente János
Neptun-kódja:	KW7V4Y
Képzési szint (a megfelelőt jelölje X-szel):	<input checked="" type="checkbox"/> BSc/BA <input type="checkbox"/> MSc/MA <input type="checkbox"/> Doktori (PhD) <input type="checkbox"/> Egyéb: .....
Tantárgy neve/kódja*:	Szakdolgozat
A munka címe:	HHP bevezetés alkalmazása HRPD alapfaján

\* doktori értekezés esetén nem kitöltendő

### 2. Nyilatkozat az MI használatáról

Alulírott, etikai felelősségem teljes tudatában az alábbi nyilatkozatot teszem:

(Kérjük, válasszon egyet az alábbi lehetőségek közül!)

A) Nem alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Amennyiben ezt jelölte, a további táblázatok kitöltése nem szükséges.)

B) Alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Kérjük, töltsé ki a vonatkozó táblázatokat!)

### 3. A mesterséges intelligencia használatának részletezése

**I. TÁBLÁZAT: Asszisztensi vagy kisebb mértékű felhasználás (pl. fordítás, nyelvi korrektúra, ötletelés stb.)**

(Ezen felhasználások esetében a konkrét promptok és válaszok csatolása nem szükséges.)

A felhasználás célja	Alkalmazott MI-eszköz neve és verziója	Érintett rész (ha nem a szöveg egészére vonatkozik)
Ötletelés, mententési tippek	PERPLEXITY PRO	Bevezetés, Összefoglalás, Hordalmi Feldolgozás

**II. TÁBLÁZAT: Jelentős tartalmi hozzájárulás (pl. egy teljes ábra vagy egy hosszabb szövegrész generálása)**

(Ezekben az esetekben a felhasznált kulcsfontosságú promptok és az MI által adott nyers válaszok dokumentálása és a munka mellékletében való csatolása szükséges.)

A felhasználás célja	Alkalmazott eszköz verziója, elérhetősége	MI-neve,	Az érintett fejezet / ábra / táblázat pontos sorszáma	A prompt-naplót tartalmazó melléklet bejegyzésének sorszáma

### 3/A. Oktató által előírt kiegészítő szabályok (ha vannak)

Amennyiben az adott tantárgy oktatója vagy témavezetője az MI-eszközök használatára vonatkozóan külön szabályokat vagy elvárásokat határozott meg, kérjük, az alábbi mezőben foglalja össze ezeket:

*Pl. az MI használatának tilalma bizonyos feladattípusokra; csak konkrét eszköz használata engedélyezett; eltérő hivatkozási elvárások; dokumentációs forma stb.*

Oktató vagy témavezető által előírt szabályok:

.....

.....

.....

.....

### 4. Minden hallgatóra vonatkozó nyilatkozat:

Kijelentem, hogy az MI által esetlegesen generált tartalmakat minden esetben kritikailag felülvizsgáltam, szerkesztettem és a munkába illesztettem. A leadott munka minden eleméért, annak eredetiségéért és tudományos helyállóságáért teljes körű felelősséget vállalok. Tudomásul veszem, hogy a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem a benyújtott munkát mesterséges intelligencia detektorral ellenőrizheti, és eljárást kezdeményezhet, amennyiben a nyilatkozatom valótlan vagy hiányos.

Kelt: Budapest....., 2025. 10..... hó 31 nap

Bádog Levente  
.....  
Hallgató aláírása

Keri György  
.....  
Konzulens/Témavezető aláírása