



ORSZÁGOS TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI KONFERENCIA

2025. április 24-26.

**LÉTISZTÍTÁSI TECHNOLOGIA FEJLESZTÉSE NÖVÉNYI
ALAPÚ DERÍTŐANYAGOK ALKALMAZÁSÁVAL**

The development of plant-based clarifying agents for fruit juice production

Készítette: **Béres Csenge Réka**
ZZCW6Z
Élelmiszermérnök, MSc
Nappali
Budai Campus

Témavezető: **Dr. Máté Mónika, egyetemi docens**
MATE, Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet,
Gyümölcs- és Zöldségfeldolgozás Technológia Tanszék

Budapest
2024

Tartalom

1. BEVEZETÉS, CÉLKITŰZÉS	1
2. IRODALMI RÉSZ.....	3
2.1. Almatermesztés, gyümölcs- és almalé fogyasztás hazánkban és külföldön	3
2.2. Az alma összetétele	5
2.3. Feldolgozás: almasűrítmény előállítása.....	7
2.4. Létisztítás.....	10
3. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK.....	15
3.1. Kísérleti minták elkészítése	15
3.2. Vizsgálati módszerek	17
3.2.1. Feltisztulási százalék.....	17
3.2.2. Zavarosság (NTU=Nephelometric Turbidity Unit)	17
3.2.3. Vízoldható szárazanyag-tartalom.....	18
3.2.4. Színmérés	18
3.2.5. Transzmittancia értékek meghatározása	19
3.2.6. Antioxidáns kapacitás meghatározása	19
3.2.7. Összes polifenol meghatározása Folin-Ciocalteu reagenssel	21
3.2.8. Statisztikai módszerek	22
4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK.....	24
4.1. Feltisztulási százalék.....	24
4.2. Zavarosság (NTU=Nephelometric Turbidity Unit)	26
4.3. Vízoldható szárazanyag-tartalom	27
4.4. Színmérés eredményei	29
4.5. Transzmittancia értékek meghatározása	32
4.6. Antioxidáns kapacitás meghatározása	34
4.7. Összes polifenol meghatározása Folin-Ciocalteu reagenssel	35
5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK	37
6. ÖSSZEFOGLALÁS	40
7. IRODALOMJEGYZÉK	42

1. BEVEZETÉS, CÉLKITŰZÉS

A szűrt gyümölcslevek előállítása során fontos lépés a lékezelés, mely az enzimkezelés, derítés és szűrés lépéseiből áll. A tisztítási eljárások következtében a tárolás során megakadályozzuk a zavarosodást, kiválást, illetve a késztermék érzékszervi tulajdonságaira (íz, illat, szín) is nagy behatással van. Ezen előnyök mellett fontos még megemlíteni, hogy fokozza a kihozatalt és a technológiai lépések hatékonyságát. A préselt lé zavarosságát a vízben oldhatatlan növényi részek (pl.: rostdarabok, cellulóz, hemicellulóz, protopektin, keményítő, lipidek) és kolloidálisan oldott makromolekulák (pl.: pektinek, fehérjék, egyes polifenolok) okozzák, melyeket derítés során megkötünk. A műveletet negatív (kovasav, bentonit), illetve pozitív töltésű derítőszerrel kombinálásával visszük véghez. A pozitív töltésűek közül a legszélesebb körben elterjedt a zselatin, melyet állati szövetekből kivont kollagén részleges hidrolízisével állítanak elő, illetve alkalmaznak még növényi fehérjéket is, mint a borsófehérje, búzaglutén, szójafehérje, lencse fehérje.

A kereskedelemben fellelhető gyümölcslevek közül az egyik legnagyobb mennyiségben forgalmazott a szűrt almalevek különböző formái. Az ipar igyekszik a lehető legjobban kielégíteni a fogyasztók igényeit, így keletkeznek a termékek különböző variációi, mint a hozzáadott cukrot nem tartalmazó, vagy a vegán italok. Vegán termékeknel fontos, hogy állati eredetű anyagot ne használjunk a gyártási folyamat során, ezért fontos a zselatin helyett megfelelő növényi alternatívát keresni.

Az alma túlnyomó részt vízből (85%) és szénhidrátokból (14%), elsősorban rostokból és cukrokból áll. Kiemelkedő táplálkozási értékkel bír, mivel gazdag vitaminokban és különféle antioxidánsokban, polifenolokban, illetve fitokemikáliákban, amelyek hozzájárulnak az egészség megőrzéséhez és a krónikus betegségek kockázatának csökkentéséhez. Kutatások bizonyítják, hogy bizonyos rákos megbetegedések, szív- és érrendszeri betegségek, asztma, cukorbetegség esélye csökken az almafogyasztás mennyiségével. Erős antioxidáns hatása gátolja a rákos sejtek poliferaációját, csökkenti a lipidoxidációt és a koleszterin szintet.

Magyarországon az elmúlt években az alma termesztése ugyan csökkenő tendenciát mutat, ennek ellenére a KSH 2020-as adatai szerint még mindig a legkedveltebb gyümölcs hazánkban, az éves szinten elfogyasztott 46,6 kg-ból 9,8 kg alma volt. Az almalé termékek szintén nagyon kedveltek a fogyasztók körében.

Célkitűzésem, tehát, hogy megfelelő alternatívát találjak az állati eredetű zselatin kiváltására az almalé tisztítása során az aktuális trendek követése érdekében. Ennek eléréséhez kovasavval

(Klar Sol 30), illetve két különböző bentonittal (GranuBent Pore-Tec, Seporit Pore-Tec) kombináltam kétféle növényi fehérjét (LittoFresh Liquid, FloaClair), valamint az összehasonlíthatósághoz zselatint (ErbiGel Liquid) is. Négyféle koncentráció kombinációt (KK, FF, KF, FK) alakítottam ki az ajánlott adagolás alapján, hogy ezzel vizsgálni tudjam az optimális mennyiségeket egy-egy derítőszer esetén. A cél elérése érdekében vizsgáltam a derített almallé esetén a vízdoldható szárazanyag tartalmat, a színt, a turbiditást, az ülepedési százalékot, a transzmittancia százalékot, az összes polifenol tartalmat, valamint az antioxidáns kapacitást. A kapott eredményekből statisztikai úton összehasonlítottam az egy negatív töltésű derítőszeren belüli azonos koncentráció állati és növényi fehérjés mintákat, melyből következtetéseket vontam le.

2. IRODALMI RÉSZ

2.1. Almatermesztés, gyümölcs- és almalé fogyasztás hazánkban és külföldön

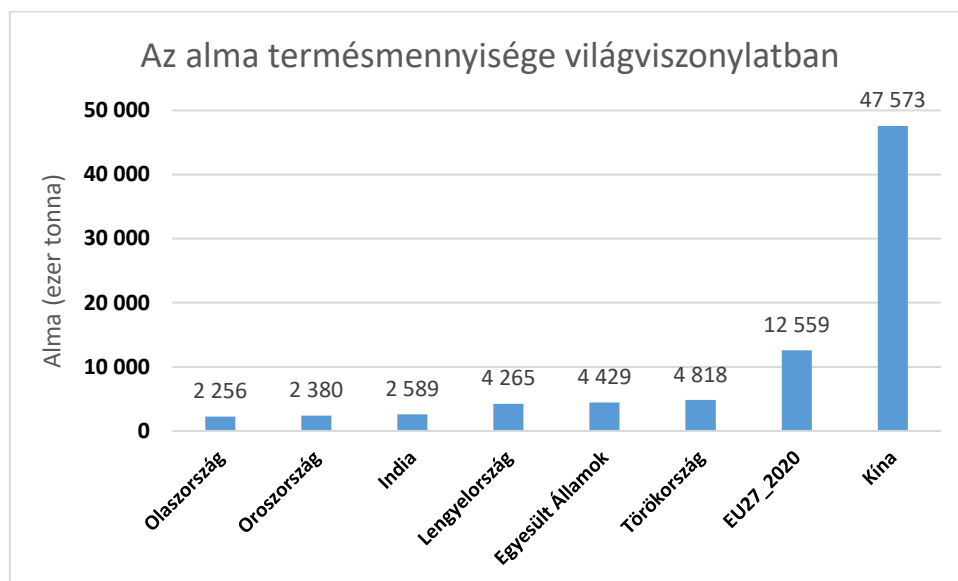
Világviszonylatban és hazánkban is nagy jelentőséggel van jelen az alma, széles körben termesztik, kedvelt gyümölcs és ipari alapanyag. A Központi Statisztikai Hivatal (KSH, 2022) által megadott 2022-es adatokat mutatja az 1. ábra. Az adatbázisban 52 ország, valamint az Európai Unió adatai vannak feltüntetve, amelyből az első nyolc helyen álló országot mutatok be az ábrán. Ezen országok mindegyikében 2000 ezer tonna/év felett volt a termelés. Magyarországon 350 ezer tonna/év alma termelt, mellyel a 29. helyen áll, a középmezőnyben foglal helyet. Kínában kiemelkedően magas, évi 47 000 ezer tonna alma termelt 2022-ben.

A Nemzeti Agrárgazdasági Kamara előrejelzése szerint a 2023/2024-es gazdasági évben az Európai Unióban 11,5 millió tonna almára számítanak a szakértők, mely 2,5%-os csökkenést jelent az előző évhez képest. A csökkenést többek között a mérsékelt beporzás, a júniusi fokozott gyümölchullás, illetve az aszály és a magas hőmérséklet okozta. A legelső készletek mind a friss alma, mind a gyümölcssűrítmény szintjén alacsony számokat mutattak, mely jelentősen érinti a feldolgozó ágazatot is. Magyarországon az almaültetvények száma is csökkent, mely várható volt az előző évek tendenciája alapján. Valamint hazánkban hátráltató tényező, hogy a 20 500 hektárnyi termőterület több, mint kétharmada nem rendelkezi modern kiépített rendszerrel, melynek hatására a minőség alacsonyabb. Uniós szinten a feldolgozás várhatóan 8,9%-kal fog csökkenni, ami 4,2 millió tonna almát jelent. Ezzel szemben Magyarországon előreláthatóan ez a szám meg fog emelkedni (NAK, 2023).

A 2. ábrán a magyarországi almatermesztés alakulása látható. Megfigyelhető, hogy hazánkban nem egyenletes a megtermelt mennyiség, évről-évre ingadozik, de összességében 2018 óta csökken az almatermesztés. A tendenciát 2021-es év megtörte, azonban 2022-ben újabb csökkenés mutatkozik a korábbi évekhez képest.

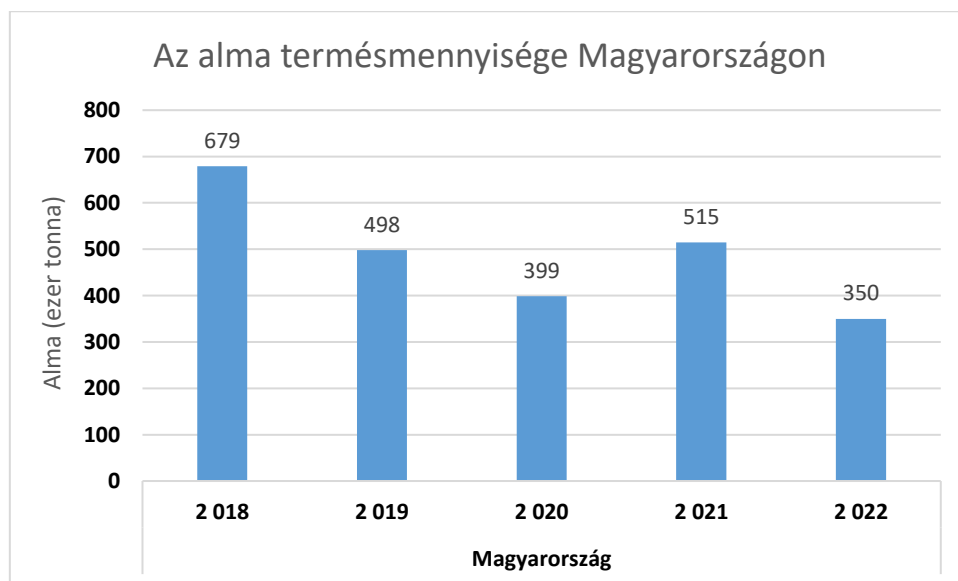
1. ábra: Az alma termésmennyisége világviszonylatban

(Forrás: Saját szerkesztés KSH (2022) adatok alapján)



2. ábra: Az alma termésmennyisége Magyarországon 2018 és 2022 között

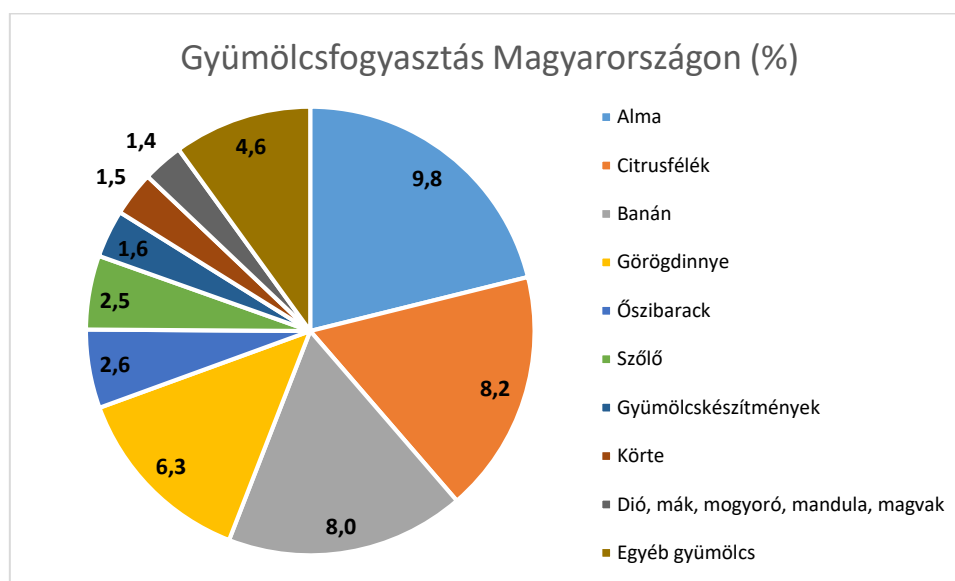
(Forrás: Saját szerkesztés KSH (2022) adatok alapján)



A 3. ábra a magyarországi gyümölcsfogyasztás eloszlását mutatja. Látható, hogy Magyarországon 2020-ban az összes gyümölcsfogyasztás 46,6 kg volt, melyből az alma képviselte a legnagyobb hányadot 9,8 kg-mal. Ez alapján elmondható, hogy hazánkban közkedvelt és általános a fogyasztók körében az alma.

3. ábra: Gyümölcsfogyasztás Magyarországon

(Forrás: Saját szerkesztés KSH (2020) adatok alapján)



Az előző adatokból láthatjuk, hogy az alma világszerte közkedvelt, azonban a 100%-os gyümölcslevek piacán még mindig a narancslé hódít a maga 46%-ával, míg az alma 17%-kal a második csupán. Azonban ezen kettő fogyasztásának mennyiségében csökkenés fedezhető fel, míg az egészségtudatos vegyes zöldség- és gyümölcsléválaszték egyre nő. Világszinten a 100%-os gyümölcslé fogyasztás 20,2 milliárd liter, mely szám a jövőben előreláthatóan növekedni fog. A közkedveltségéhez hozzájárul a tény miszerint természetesek, adalékanyagtól mentesek. Ellenben hosszú távon figyelembe kell venni, hogy csökkenni fog a 100%-os gyümölcslé fogyasztása, mivel növekvő tendencia látható azok között, akik elhagyják a reggelit, melynek szerves része lehet ezen termék, illetve a csökkenő gyermekszám is befolyásolni fogja a statisztikákat (Juice: A Market With Great Potential, 2017).

2.2. Az alma összetétele

Bizonyított, hogy a gyümölcsökben és zöldségekben gazdag étrend csökkentheti a krónikus megbetegedések esélyét, mint a szív- és érrendszeri megbetegedések vagy a rák. A mérséklésben részt vevő komponensek a fitokemikáliák, mint fenolok, flavonoidok, karotinoidok. Az alma széles körben fogyasztott, közkedvelt gyümölcs, mely gazdag a fitokemikáliákban, mint a kvercetin, katechin, floridzin, klorogénsav. A fitokémiai összetétel fajoként szignifikánsan eltérnek egymástól, illetve érés során is változó tendenciát mutatnak. Kutatások bizonyítják, hogy bizonyos rákos megbetegedések, szív- és érrendszeri betegségek, asztma, cukorbetegség

esélye csökken az almafogyasztás mennyiségével. Erős antioxidáns hatása gátolja a rákos sejtek proliferációját, csökkenti a lipidoxidációt és a koleszterin szintet (Boyer és Liu, 2004).

Az alma túlnyomó részt vízből (85%) és szénhidrátokból (14%), elsősorban rostokból és cukrokból áll. A fő cukor komponense a fruktóz. A vitamin és ásványi anyag tartalmán felül fontos a polifenol összetétele is, ami a következőképpen alakul 100 g-ra vonatkoztatva: antocianinok (1,6 mg), flavanolak (105 mg), flavonok (0,1 mg), flavonolok (4,2 mg), hidroxibenzoésav (1,1 mg) (Bondonno és munkatársai, 2017).

A 1. táblázatban látható Rodler (2005) és Souci és munkatársai (2008) munkásságának összehasonlítása adott kategóriákban. Az értékek hasonlóak, egymáshoz közel állnak, változó a kitérésük. Az ásványi anyagok közül kiemelkedő értéket mutat a kálium 112, illetve 119 mg-os értékével. A vitaminokat tekintve B₁ és B₂ vitaminokban gazdagabb, B₃-ban szegényebb.

1. táblázat: Alma általános összetétele Rodler (2005) és Souci és munkatársai (2008) munkássága alapján

Alma összetétele	Rodler (2005)	Souci és munkatársai (2008)
Energia-összetevők (g)		
Fehérje	0,4	0,34
Szénhidrát	7	11,4
Ásványi anyagok (mg)		
Foszfor	8	11
Kalcium	5,5	5,3
Kálium	112	119
Magnézium	6	5,4
Nátrium	2	1,2
Cink	0,046	0,099
Vas	0,3	0,248
Vitaminok		
B1 (tiamin) (µg)	50	35
B2 (riboflavin) (µg)	50	32
Niacin (PP faktor) (mg)	0,5	0,3
Biotin (µg)	1	4,5
Folsav (µg)	6	7,5
C (aszcorbinsav) (mg)	5	12
Egyéb jellemzők (g)		
Élelmi rost	3,7	2,02

2.3. Feldolgozás: almasűrítmény előállítása

A gyümölcssűrítmény egy olyan natúr félkésztermék, mely a gyümölcs préselt levét (mag-, héj- és szövetrészekről mentesen) sűrített formában tartalmazza. Önmagában nem fogyasztják, egyes élelmiszeripari ágazatok (pl.: tejipar, sütőipar, édesipar) számára egy fontos alapanyag. Gyümölcstartalmuk formájának megfelelően két alcsoportra oszthatóak: fényesre szűrt, átlátszó vagy opálos a kolloidális méretű részecskék miatt (cloudy lé) (Markowski és munkatársai, 2015).

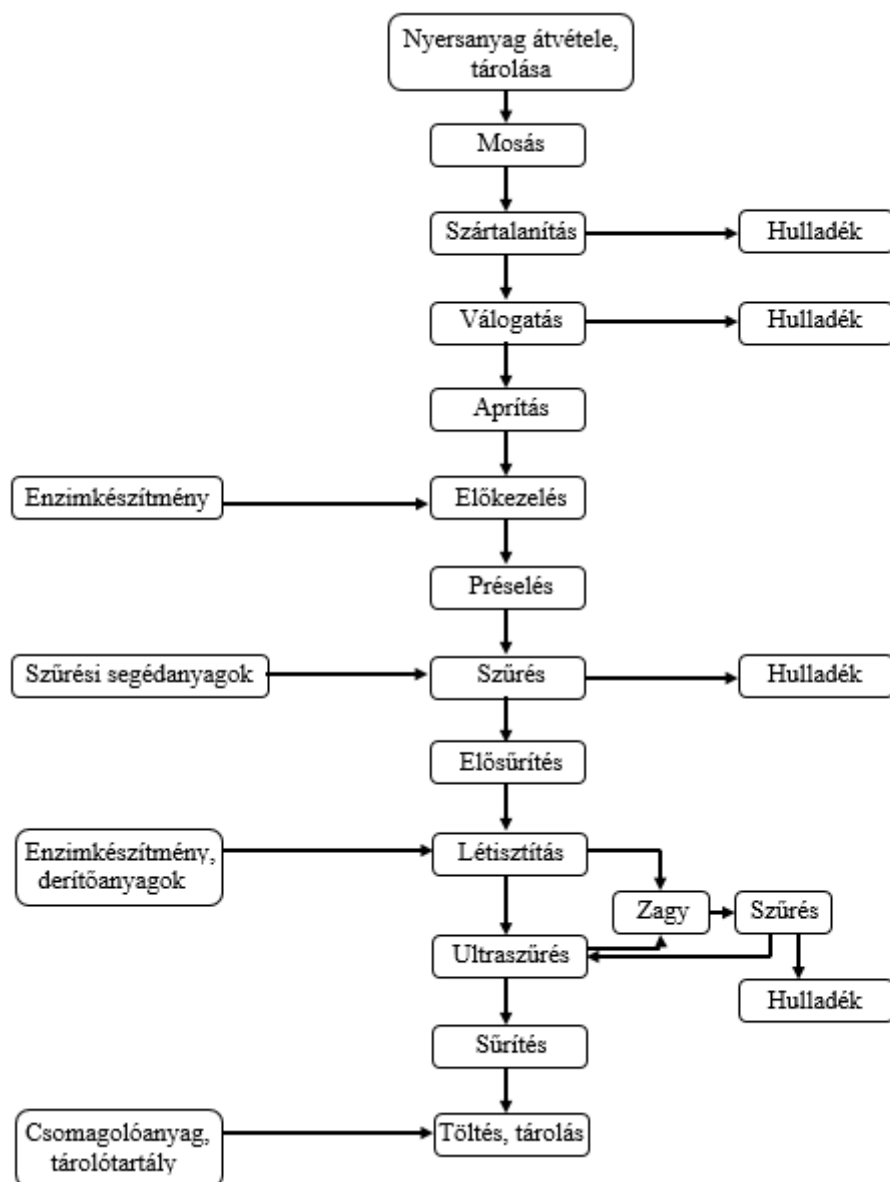
Elkészítésük során nem adható hozzájuk adalékanyag vagy édesítő anyag, illetve nem keverhetők egymással az eltérő gyümölcsfajok. A nyersanyag átvétel során az alma esetében fontos paraméter a cukor-sav arány (12:1-14:1), a vízzeloldható szárazanyag-tartalom (min. 13 ref%), a savtartalom (min. 0,7%). Feldolgozás szempontjából előnyös a szilárdabb állományú, lédús fajta, melyet ömlesztve, billenthető platós járművekkel szállítják az üzembe. A tárolás silókban történik.

Az almalé és sűrítvány előállításának technológiáját a 4. ábra mutatja. A mosás úszató vályúkkal valósul meg, amely során a felületen lévő szennyeződések fellazulnak. A felhordórendszer végén a maradék szennyeződést a felszerelt mosófejekből áramló ivóvíz minőségű víz távolítja el. A szártalanítás lépése főleg olyan gyümölcsök esetében lényeges, melyek hosszú zöld szárral rendelkeznek (pl.: meggy), mert ezen részek befolyásolják a késztermék minőségét. A válogatás során a cél, hogy a feldolgozásra alkalmatlan részeket eltávolítsuk. Ilyenek lehetnek a penészes vagy romlott gyümölcsök, melyek a különböző mikroorganizmus és anyagcsere termék tartalmukkal rontják a termék minőségét (Horváth, 2007).

A lényerés technológiája több lépésből áll. Első a zúzálekészítés (mely áll az aprításból és az előkészítésből), a lényerés, a lékezelés, a sűrítésre való előkészítés. Az aprítás célja a szöveti szerkezet roncsolása, feldarabolása, fajlagos felületének növelése, sejtnedvelválás megindítása. Az alma egy keményebb szövetű nyersanyag, ezt zúzással aprítják, míg egy lágyabbat (pl.: ribiszke) roppantanak. A zúzás során a szövet szerkezete felszakadozik, a sejtek részben roncsolódnak, megindul a sejtnedv kiáramlása. Az aprítottság fokát a lényerő eljárás határozza meg, lényeg, hogy a lé kisebb erő befektetéssel kinyerhető legyen. A zúzálek nem lehet pépes, hanem darabokból áll, hogy a lét el tudják vezetni a szövetdarabok között kialakult csatornák. A gyümölcsök zúzására általánosan fogas, kalapácsos vagy hengeres zúzókat alkalmaznak, melyek forgós rendszerűek, működésük során nyomó-, nyíró-, húzó-és ütőerő is fellép (Horváth-Kerkai és Stéger-Máté, 2012).

4. ábra: Gyümölcs-sűrítmenny gyártásának technológiai lépései

(forrás: Horváth, 2007)



A zúzalék-előkészítő eljárás a préselés előtt történik, melynek célja a léhozam növelése, illetve a jobb aroma, íz vagy szín elérése a nemkívánt folyamatok meggátolásával. A termikus és az enzimikus eljárások az általánosan elterjedtek, melyek segítségével a léhozam 5-10 %-os növekedést mutat, valamint a színt is javítják. Ezeken felül létezik még a fagyasztásos, a vibrációs, az ultrahangos, az elektroplazmolízises és az ionizáló sugárzásos eljárások is. A termikus módszert elsősorban bogyós gyümölcsöknél alkalmazzák. A zúzalékot gyorsan felmelegítik 80-85°C-ra, majd gyorsan visszahűtik. A rövid hőhatás alatt a fehérjék denaturálódnak, az enzimek inaktiválódnak, a sejtfalak áteresztőek lesznek, a folyékony fázisban lévő fehérjék kicsapódnak, felgyorsul a vízdoldható anyagok diffúziója. Az enzimes

kezelés célja a préselés könnyítése, a léhozam növelése a pektintartalom megváltoztatásával. A művelethez pektinbontó enzimeket (pl.: pektintranszelimináz, poligalakturonáz) tartalmazó készítményeket alkalmaznak. A vízoldható pektinek bontásával gyorsan a vízaktivitás csökkenését érjük el, amely növeli a folyadékkinyerés intenzitását, a lékihozatal, a présgépek kapacitásának kihasználtságát. A folyamat melegen (45-55°C), illetve hidegen (10-30°C) is végezhető, mely 0,5-1 óra hosszúságú. A pektinbontó készítmények hatásfoka függ a hőmérséklettől és a gyümölcsök pH-jától, ezért sokszor gyümölcs specifikusak. Ezen kezelési módszert cloudy lék esetén nem alkalmazható. A lényerés során a gyümölcs szilárd fázisától elválasztják a folyadék fázist. Különböző módszerek léteznek ezen technológiai lépés elvégzésére, melyek alkalmazása függ a gyümölcstől, a feldolgozó vonal sajátosságaitól és a gazdasági háttértől (Horváth-Kerkai és Stéger-Máté, 2012).

A legelterjedtebb eljárás a préselés, mely a kétfázisú rendszerek szétválasztására szolgáló művelet. A kinyerendő lé számára a szilárd rész adja az elsődleges szűrőréteget. A sajtolás külső erők segítségével megy végbe, kedvezőbb eljárás a nyomás fokozatos növelése. A törköly a préselőben marad, míg a folyadékot elvezetik. A technológia fontos mérőszáma a lékihozatal, mely a kinyert lé mennyiségét adja meg a feldolgozásra került anyagmennyiség százalékában. A préselés kombinálható extrakciós eljárással is, melynek során a törkölyből extrakciós folyadék segítségével kinyerik a visszamaradt hasznos anyagokat. Ezen kombináció megnöveli a lékihozatal (Horváth-Kerkai és Stéger-Máté, 2012).

A létisztítás során a lé zavarosságát adó vízben oldhatatlan növényi részek és kolloidálisan oldott makromolekulák eltávolítása történik (részletesen a 2.4. fejezetben). A tisztított lé koncentrálására alkalmas a bepárlás, mely egy sűrítési eljárás, amely során vákuum alatt történő forralással vízpárologtatás megy végbe gőz segítségével. A keletkező vízpárát elszívják, kondenzálják. A gyümölcslevek bepárlásához általában három vagy négy fokozatú bepárlókat alkalmaznak. A besűrítésnél kulcsszerepet játszanak az adott alapanyag kémiai, reológiai, termikus tulajdonságai, ezért a beállított paraméterek gyümölcs specifikusak. A tárolás során figyelembe kell venni a nyersanyag, illetve a sűrítmény tulajdonságait. A kevésbé érzékeny nyersanyagok (pl.: szőlő, alma) 70 ref%-os sűrítményei 5 °C alatti térben hűtve vagy aszeptikusan csomagolva szobahőmérsékleten tárolhatóak, míg a bogyós és színes gyümölcsökből készült 40-55 ref%-os termékek fagyasztva vagy aszeptikus formában tárolandóak (Horváthné, 2007).

2.4. Létisztítás

A préselt lé zavarosságát a vízben oldhatatlan növényi részek (pl.: rostdarabok, cellulóz, hemicellulóz, protopektin, keményítő, lipidek) és kolloidálisan oldott makromolekulák (pl.: pektinek, fehérjék, egyes polifenolok) okozzák. Ezek részleges vagy teljes eltávolítása végbe mehet enzimes eljárással, fizikai-kémiai módszerekkel, mechanikai eljárásokkal vagy ezek kombinációjával (Horváth, 2007). A tisztítási eljárások következtében a tárolás során megakadályozzuk a zavarosodást, kiválást, illetve a késztermék érzékszervi tulajdonságaira (íz, illat, szín) is nagy behatással van (Vardin és Fenercioglu, 2003). Ezen előnyök mellett fontos még megemlíteni, hogy fokozza a kihozatait és a technológiai lépések hatékonyságát (Sharma és munkatársai, 2014).

Enzimes eljárás során a pektint, a keményítőt, arabánt és a hemicellulózt bontjuk. Ehhez pektinázok mellett főleg amilázt, cellulázt, hemicellulózt, xilanázt, glukanázt, glükózidázt, amiloglükózidázt és arabanázt alkalmaznak. A gyümölcsfeldolgozásban használt pektinázkészítmények általában amilázokat, cellulázokat, pektinészterázt poligalakturonázt, pektinliázt tartalmaz. A készítmények alkalmazása függ a hőmérséklettől, az inkubációs időtől, a koncentrációtól, illetve a gyümölcs fajtájától, mely befolyásolja nagyban a pH-t is (Singh és Singh, 2015).

A mechanikai eljárások közé tartoznak a különböző membrán technológiák. Az iparban a legelterjedtebbek a mikroszűrés (MF) és az ultraszűrés (UF), melyek nyomásvezérelt folyamatok, ahol 0,1-10 μm (MF) és 0,01-0,1 μm (UF) pórusméretű membránokat alkalmaznak (Mirsaeedghazi és munkatársai, 2012). A hagyományos eljárásokkal szemben előnyük, hogy nem változik a gyümölcslé hőmérséklete, pH-ja (Urosevic és munkatársai, 2017). Továbbá növeli a léhozamot, gyorsítja a gyártási folyamatokat, ezáltal csökkenti a munkaidőt, redukálja az abszorbensek, enzimek és egyéb szűrési segédanyagok használatának mennyiségét, valamint a hulladék mennyiségét (Cassano és munkatársai, 2007).

A szűrés megkezdése előtt a gyümölcslévet enzimkészítményekkel kezelik a jobb hatásfokért, illetve, hogy a membrán élettartamát megnöveljék (Urosevic és munkatársai, 2017). Ezek főleg a megnövekedett viszkozitásért felelős vízzoldható poliszacharidokat célozzák (De Barros és munkatársai, 2003). Összességében a membrán felületén összegyűlt komponensréteg vastagsága alapanyag függő (Urosevic és munkatársai, 2017).

Az ultraszűrés során a szűrendő lé érintőlegesen folyik végig a membrán felületén, mely keresztáramú eljárás. A membránon a folyadék egy része áthalad, ez lesz a permeátum. A másik része visszamarad, ezt nevezzük koncentrátumnak, mely magába foglalja azon komponenseket

(pl.: pektin, baktérium), melyet a membrán nem enged át (Echavarria és munkatársai, 2012). Az ultraszűrés lehetővé teszi, hogy a levek tisztítása és finomítása egy műveletben elvégezhető legyen (Baklouti és munkatársai, 2012).

A derítoszerek alkalmazása is egy létisztítási módszer. Hasznosítják őket önálló eljárásként, illetve előkezelésként is. Más eljárásokkal szemben előnye, hogy alacsonyabb költségekkel jár, a derítőanyagok egyszerűen adagolhatóak, nem szükséges hozzájuk speciális berendezés, valamint könnyű alkalmazni. Hátránya azonban, hogy idő és munkaigényes, egyes esetekben utóízt eredményezhet (Shirvani és munkatársai, 2023). Továbbá hajlamos megkötni a polifenolokat is, különösen az antocianinokat, melyek eltávolításával csökken a szín intenzitása, illetve az antioxidáns tartalom (Chen és munkatársai, 2019).

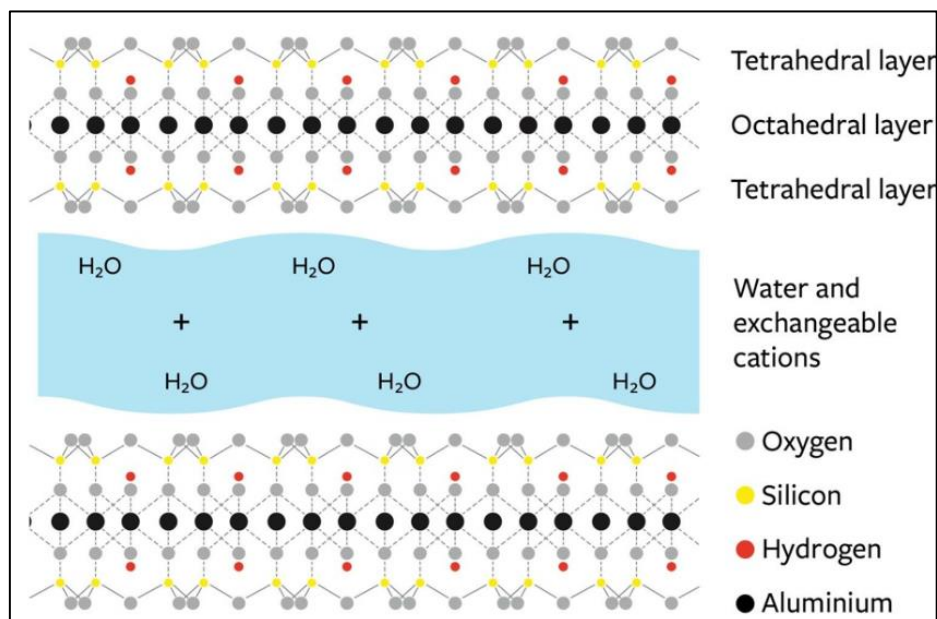
A derítés során kulcsfontosságú, hogy az adott anyagot a megfelelő koncentrációban alkalmazzuk. Amennyiben túladagoljuk, az a túlfinomítás jelenségéhez vezet, amely következtében zavarosság fog kialakulni. Ha alul finomítunk, akkor a problémás komponensek nem csökkennek le a kellő szint alá, nem megfelelő tükrösséget érünk el. A jobb hatásfok elérése érdekében a derítoszereket kombinálva is alkalmazzák (Shirvani és munkatársai, 2023). A jellegük alapján a derítoszerek két nagy csoportba oszthatóak: természetes (ásványok, poliszacharidok, fehérjék, enzimek, aktív szén) és szintetikus (polimerek, szilícium-dioxid) (Shirvani és munkatársai, 2023). Más nézet szerint három csoportra oszthatóak: ásványok (bentonit), fehérjék (kazein, zselatin) és szintetikus anyagok (PVPP) (Wongmaneepratip és munkatársai, 2023).

Az ásványok sajátos szerkezeti és morfológiai jellemzőik miatt hatékony derítoszerek. Mechanizmus szempontjából negatív töltésűek, azaz a pozitív töltésű fémionokat, antocianinokat és fehérjéket kötik meg felületükön. Ezen kategóriába tartozik a bentonit mellett a szepiolit is (Shirvani és munkatársai, 2023).

A bentonit (5. ábra) kristályszerkezete két külső szilícium-dioxid és egy központi alumínium lemezből áll. A lapokon belül víz, kalcium-és nátriumionok foglalnak helyet. Vízen duzzadni képes, ezáltal nő az adszorpciós képessége. Savas- és hőkezelés hatására aktiválódik, ilyenkor változik a szerkezeti tulajdonságai (Koyuncu és munkatársai, 2007). A nedvszívó tulajdonsága által fontossá vált az olajok gyártásánál is, mint a szójaolaj, datolyaolaj, repceolaj (Jalali és munkatársai, 2014). Valamint a bor készítésénél is fontos szerepe van adszorpciós és elektrosztatikus hatása miatt, melynek köszönhetően képes eltávolítani a fehérjéket, aminosavakat, bioaminokat, polifenolokat (Han és munkatársai, 2022). Összességében a bentonitot széles körben elterjedté tette a kimagasló adszorpciós képessége a fehérjék és sötét színű komponensek megkötése terén (Shirvani és munkatársai, 2023).

5. ábra: Bentonit kristályszerkezete

(Forrás: *Bentonite 101*, 2021)

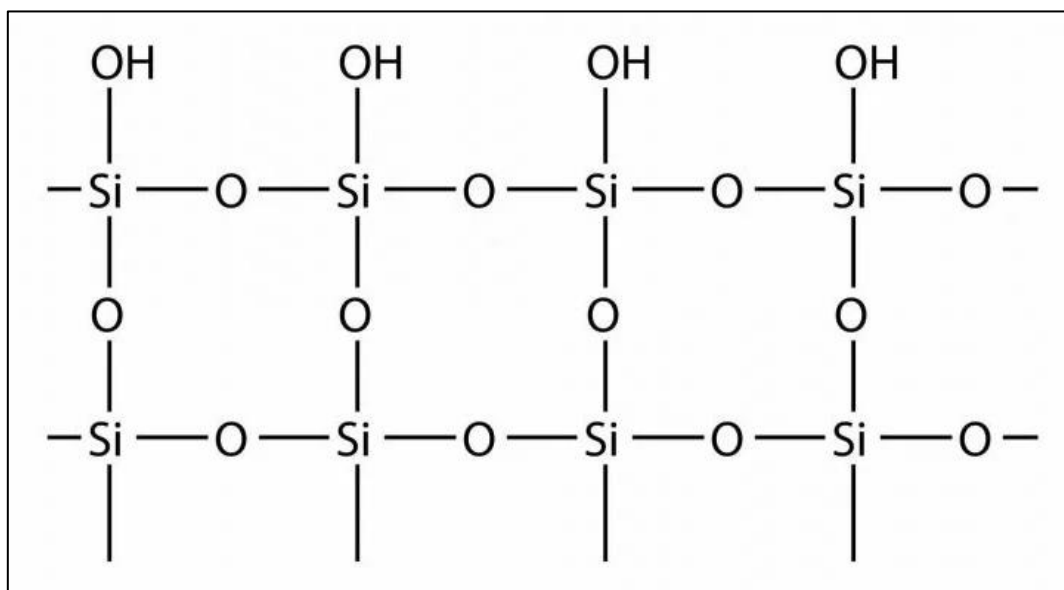


A szilikagél (6. ábra), azaz a kovasav egy ásványi eredetű derítőszer. A szilika alapú anyagoknak specifikus morfológiájuk van, jelentős a kémiai ellenálló képességük, jók a mechanikai tulajdonságai (Alagöz és munkatársai, 2022). A szintetikus magnézium-szilikátok elterjedtek az élelmiszeriparban, köszönhetően az adszorpciós tulajdonságaiknak. A szilika-aerogélek mezopórusos anyagok, melyek kiemelkedő teljesítményüket nagy porozitásuknak és felületüknek köszönhetik, valamint kiváló abszorbensek. Abszorpciós mechanizmusa magába foglalja a szerves anyagoknál a hidrogénkötést, a belső pórusokba való diffúziót, az elektrosztatikus kölcsönhatásokat. Az élelmiszeriparban főként a világos színű italok esetében alkalmazzák. A szilika gél az üdítőital iparban általában nem közvetlenül derítőszerként, hanem valamilyen enzim hordozóanyagként hasznosítják (Kara és munkatársai, 2024).

A fehérje alapú derítőszerkelet eltérő hatásmechanizmusok révén vízben oldhatatlan komplexet képeznek a polifenolokkal. A levek zavarosodásának egyik fő okozóját, a tanninokat hatékonyan képesek megkötni. Pozitív töltöttségűek, így a negatív töltésű komponenseket távolítják el. Ezen csoporthoz tartozó anyagok többek közt a zselatin, kazein, albumin (Shirvani és munkatársai, 2023).

6. ábra: Szilika-gél szerkezete

(Forrás: *What is Silica gel?*, 2021)



A zselatint állati szövetekből kivont kollagén részleges hidrolízisével állítják elő. Széles körben alkalmazott az élelmiszeriparban. Előnyei, hogy biokompatibilis, biológiailag lebomlik, biztonságos, nincs immunogenitás hatása. Meg tudja kötni a negatív töltésű fenolokat, tanninokat, illetve a nagy moláris tömegű polifenolokat, ezáltal gátolja a tárolás során bekövetkező zavarodást. A szilikagéllal elektrosztatikus reakcióba tud lépni, így hatékonyan el lehet vele választani derítést követően a zselatint a gyümölcsléből (Shirvani és munkatársai, 2023). Az iparban almalé gyártása esetében elterjedt módszer a zselatin és bentonit kombinációjával történő derítés (Benitez és Lozano, 2007).

Napjainkban jelentősen megnőtt a vegán termékek iránti kereslet a fogyasztók körében. Gyümölcslevek derítésénél ebből kifolyólag elindult a trend, hogy az állati fehérjét, mint a zselatin, leváltsa az ipar növényi eredetű alternatívákra (Ramezani és munkatársai, 2020). Több tanulmány is foglalkozik a növényi fehérjék alkalmazásával. Marokkói vörösborok érzékszervi minőségének javítása érdekében többek között a borsófehérjét is tesztelték, melynek eredménye szerint megfelelő alternatíva lenne, mivel képes csökkenteni a keserűséget, fanyarságot, oxidált tanninokat (Aziz és munkatársai, 2017). A szesziparban a Muscat családba tartozó gyümölcsből készült muskotályleveket derítették bogyós növények proteinjével (Ridge és munkatársai, 2021), valamint a kergemarha-kór elkerülése érdekében édes borokban (Marchal és munkatársai, 2003), illetve fehérborokban búzaglutént alkalmaztak (Gaspar és munkatársai, 2019). Más kísérletekben borokat derítettek szőlőmag liszttel (Gazzola és munkatársai, 2017), burgonya fehérjével (Gambuti és munkatársai, 2016), illetve borsó és szója fehérjével (Kang és

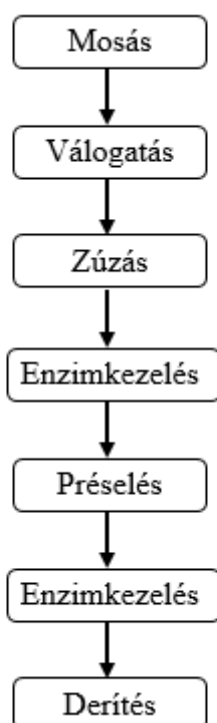
munkatársai, 2018). Kesualmalé derítését vizsgálták manióka és rizs keményítővel, mely során fényderült arra a tényre, hogy mindkettő megfelelően alkalmazható, bár eltérően funkcionált (Dedehou és munkatársai, 2015). Almalé tisztításakor kimutatták, hogy a vöröslencse fehérje izolátumok hasonló tisztító képességet mutatnak a hagyományos zselatin és bentonit pároshoz képest, azonban a zöld lencse és borsó fehérje jelentősen alacsonyabb hatást tudtak elérni (Ramezani és munkatársak, 2020).

3. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

3.1. Kísérleti minták elkészítése

A kísérletek során az Austria Juice vásárosnaményi üzemében ipari körülmények között, kevert almafajtákból előállított enzimkezelt préselt levet használtam. A technológia folyamatát a 7. ábra mutatja.

7. ábra: Az almale előállításának lépései



A beszállított ipari léalmát beton silókban gyűjtik és innen úsztatóvályúban juttatják be az üzembe. Válogatás során eltávolítják a nem megfelelő, valamint nem ehető alkotórészeket. Ezt követően az almát almamaró segítségével összezúzzák a megfelelő méret elérése érdekében. A préselés megkönnyítése érdekében Pektimax Ultra AFP enzimek készítménnyel előkezelték a zúzalékot az adagolásnak (200ml/tonna) megfelelő mennyiséggel. A préselés műveletéhez egy folyamatos konstrukciójú Flottweg szalagprést alkalmaztak. A nyert préslet újra enzimekkel (100ml/tonna). Az így kapott almalevet használtam a derítési kísérlet elvégzéséhez.

A préslevet 500 ml-es mérőhengerekbe töltöttem, negatív töltésű derítőszerként kovasavat (K) és kétféle bentonitot (B1 és B2) alkalmaztam a 2. táblázatban található kombinációk szerint. Pozitív töltésű derítőszerként zselatint (Zs) és kétféle növényi fehérjét (N1 és N2) használtam.

Az 1 órás derítési idő eltelte után megmértem a leülepedett réteg arányát, valamint minősítettem a feltisztult réteget (ülepedés %) a vízzoldható szárazanyag tartalom, a turbiditás (NTU), a szín (L^* , a^* , b^*), a T%, valamint az összes polifenol tartalom és antioxidáns kapacitás alapján.

2. táblázat: A kísérletben felhasznált derítőanyagok tulajdonságai

Jelölés	Felhasznált anyagok		Formátum	Adagolási útmutató
K	KlarSol 30	30%-os lúgos kémhatású kovasavszol	Folyadék	50 mL/100 L
B1	GranuBent Pore-Tec	nátrium-bentonit granulátum	Granulátum	35-75 g/ 100 L
B2	Seporit Pore-Tec	vasszegény kalciumbentonit granulátum	Granulátum	100-200 g/ 100 L
Zs	ErbGel Liquid	savasan feltárt 20%-os zselatin	Folyadék	20-50 mL/100 L
N1	LittoFresh Liquid	növényi fehérje alapú derítőszer	Folyadék	50-200 mL/100 L
N2	FloaClair	borsó fehérje-izolátum fehérje tartalom: 80-85%	Por	20-60 g/100 L

3. táblázat: A kísérletek során alkalmazott derítőanyagok mennyiségei

Minta kód	kovasav	zselatin/ növényi fehérje	Minta kód	bentonit	zselatin/ növényi fehérje	Minta kód	bentonit	zselatin/ növényi fehérje
KZs-KK	0,25 ml	0,175 ml	B1Zs-KK	0,25 g	0,175 ml	B2Zs-KK	0,375 g	0,175 ml
KZs-FF	0,37 ml	0,25 ml	B1Zs-FF	0,375 g	0,25 ml	B2Zs-FF	0,5 g	0,25 ml
KZs-KF	0,25 ml	0,25 ml	B1Zs-KF	0,25 g	0,25 ml	B2Zs-KF	0,375 g	0,25 ml
KZs-FK	0,37 ml	0,175 ml	B1Zs-FK	0,375 g	0,175 ml	B2Zs-FK	0,5 g	0,175 ml
KN1-KK	0,25 ml	0,7 ml	B1N1-KK	0,25 g	0,7 ml	B2N1-KK	0,375 g	0,7 ml
KN1-FF	0,37 ml	1 ml	B1N1-FF	0,375 g	1 ml	B2N1-FF	0,5 g	1 ml
KN1-KF	0,25 ml	1 ml	B1N1-KF	0,25 g	1 ml	B2N1-KF	0,375 g	1 ml
KN1-FK	0,37 ml	0,7 ml	B1N1-FK	0,375 g	0,7 ml	B2N1-FK	0,5 g	0,7 ml
KN2-KK	0,25 ml	0,15 g	B1N2-KK	0,25 g	0,15 g	B2N2-KK	0,375 g	0,15 g
KN2-FF	0,37 ml	0,3 g	B1N2-FF	0,375 g	0,3 g	B2N2-FF	0,5 g	0,3 g
KN2-KF	0,25 ml	0,3 g	B1N2-KF	0,25 g	0,3 g	B2N2-KF	0,375 g	0,3 g
KN2-FK	0,37 ml	0,15 g	B1N2-FK	0,375 g	0,15 g	B2N2-FK	0,5 g	0,15 g

A kezelések során a derítőanyagot forgalmazó cég (ERBSLÖH Geisenheim GmbH) által ajánlott adagolás közepes (K) és felső (F) mennyiségeit alkalmaztam, valamint a kétféle töltésű derítőanyag esetén közepes és felső adagolású (KF és FK) mintákat is készítettem. A mintakódokat a 3. táblázat foglalja össze.

3.2. Vizsgálati módszerek

3.2.1. Feltisztulási százalék

Minden kezelést 500 ml-es mérőhengerben állítottam be. A derítési idő letelte után a mérőhengerekről leolvastam az üledék térfogatban kifejezett mennyiségét. Ebből határoztam meg a feltisztult zóna százalékos arányát.

3.2.2. Zavarosság (NTU=Nephelometric Turbidity Unit)

A zavarosság egy optikai tulajdonság folyadékok esetén. Az áthaladó fény egy része a folyadék vizes fázisában fel nem oldott anyagok miatt nem megy át, hanem szétszóródik, megtörik, valamint elnyelődik. Az ISO (International Standards Organization) szabványa szerint a zavarosság egy minőség mutató, ami a folyadékban fellépő oldatlan anyagok és az áttetszőség összefüggését mutatja meg (Lambrou és munkatársai, 2009).

A meghatározásához egy 2100P TURBIDIMETER típusú eszközt (8. ábra) alkalmaztam. A mérés során a kalibrálást követően az üvegcsét megtöltöttem almalével, zártam, majd a jelölésnek megfelelően behelyeztem a foglalatba. Zárást követően a „READ” gomb lenyomásával lemértem a mintát, a kapott értéket feljegyeztem. Az eljárást minden esetben háromszor megismételtem.



3.2.3. Vízoldható szárazanyag-tartalom

A mérést egy digitális ATAGO DBX-55 refraktométerrel (9. ábra) hajtottam végre. Előkészítésként a műszert desztillált vízzel kalibráltam. Főzőpohár segítségével a prizmát feltöltöttem a mintával, a „START” gombbal indítottam, a kapott eredményeket feljegyeztem. Minden minta esetében 3 párhuzamos mérést végeztem.

3.2.4. Színmérés

A folyamatot egy digitális Konica Minolta CR-400 színmérővel (10. ábra) végeztem el. A fehér referencia lap segítségével kalibráltam első lépésben. A mintát a küvettában jelig töltöttem, majd a három párhuzamos mérés értékeit rögzítettem. A műszer az élelmiszeriparban elterjedt CIE színrendszert alkalmazza. Meghatározza a CIE színtér három tényezőjét, a világossági tényezőt (L^*), a vörös-zöld (a^*), illetve a sárga-kék (b^*) hányadost (Markovic és munkatársai, 2013).

A kapott értékekből színinger különbséget számítottam az alábbi képlet alapján (Klimczak, 2017):

$$\Delta E^* = \sqrt{(L_2^* - L_1^*)^2 + (a_2^* - a_1^*)^2 + (b_2^* - b_1^*)^2}$$

Az egyes minták közötti, szemmel érzékelhető különbség meghatározásához a ΔE^* értékeket számoltam ki. A különbség megállapításához a 4. táblázatban található adatokat vettem alapul.

4. táblázat: A vizuális érzékelés és ΔE^* színekülönbség kapcsolata

ΔE^*	Szemmel érzékelt különbség
$\Delta E^* \leq 0,5$	nem észrevehető
$0,5 < \Delta E^* \leq 1,5$	alig észrevehető
$1,5 < \Delta E^* \leq 3,0$	észrevehető
$3,0 < \Delta E^* \leq 6,0$	jól látható
$6,0 < \Delta E^*$	nagyon jól látható

10. ábra: Konica Minolta CR-400 színmérő



11. ábra: HITACHI U-2900 spektrofotométer



3.2.5. Transzmittancia értékek meghatározása

A vizsgálatot HITACHI U-2900 spektrofotométerrel (11. ábra) végeztem el 440 nm-en. Első lépésben desztillált vízzel nulláztam a műszert, majd azzal szemben lemértem a mintákat.

Minden fotométeres méréshez a mintákat centrifugáltam ($n=10000$, $t=20$ perc), melyet HETTICH ZENTRIFUGEN MIKRO 22 berendezéssel végeztem.

3.2.6. Antioxidáns kapacitás meghatározása

Az antioxidáns kapacitás meghatározása Benzie és Strain (1996) módszerével történt. A FRAP (=Ferric Reducing Ability of Plasma) módszer alapja, hogy a ferri-(Fe^{3+})-ionok ferro-(Fe^{2+})-ionokká redukálódnak az antioxidáns vegyületek hatására, majd alacsony pH mellett TPTZ

jelenlétében színes komplexet képeznek. Intenzív kék színt adnak, mely 593nm-en fotometriás módszerrel mérhetőek.

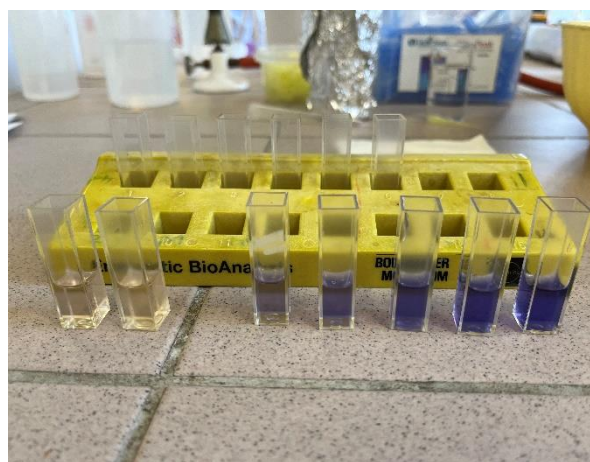
A mérés elvégzéséhez szükséges oldatok: acetát-puffer (pH 3,6, 300mM), $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (20 mM), TPTZ (10 mM). Ezekből áll össze a FRAP reagens, mely az alábbi oldatok 25ml:2,5ml:2,5ml aránya (12. ábra). Az elkészült anyagot fénytől elzárva tároltam.

A 10 mM-os aszkorbinsav oldattal elvégeztem a kalibrálást a vakmintával szemben (5. táblázat).

12. ábra: Felhasznált vegyszerek



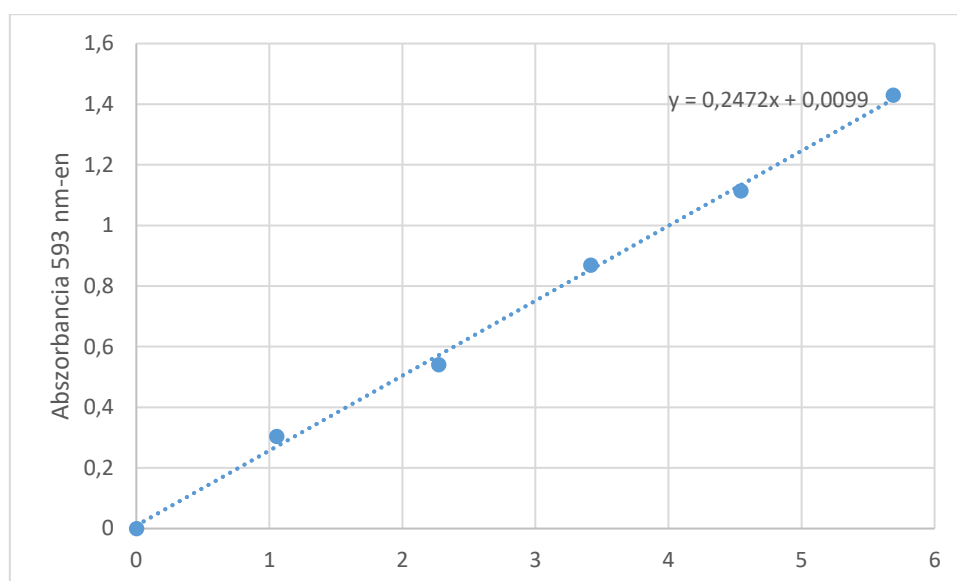
13. ábra: Kalibrációs sor



5. táblázat: Antioxidáns kapacitás kalibráció adatai

	FRAP reagens (μl)	Aszkorbinsav (μl)	Desztillált víz (μl)
1	1500	-	50
2	1500	-	50
3	1500	10	40
4	1500	20	30
5	1500	30	20
6	1500	40	10
7	1500	50	-

14. ábra: Antioxidáns kapacitás mérés kalibrációs egyenese



Próbaméréseket követően meghatároztam a mérendő minták összetételét, a kalibrációs pontok alapján: 1500 µl FRAP+20 µl desztillált víz+30 µl minta. Az oldatokat küvétákban pipettáztam, majd 5 percet állni hagytam (13. ábra). Az idő leteltével HITACHI U-2900 spektrofotométerrel 593 nm-en vakmintával szembe lemértem őket. Minden esetben 5-5 párhuzamost végeztem el.

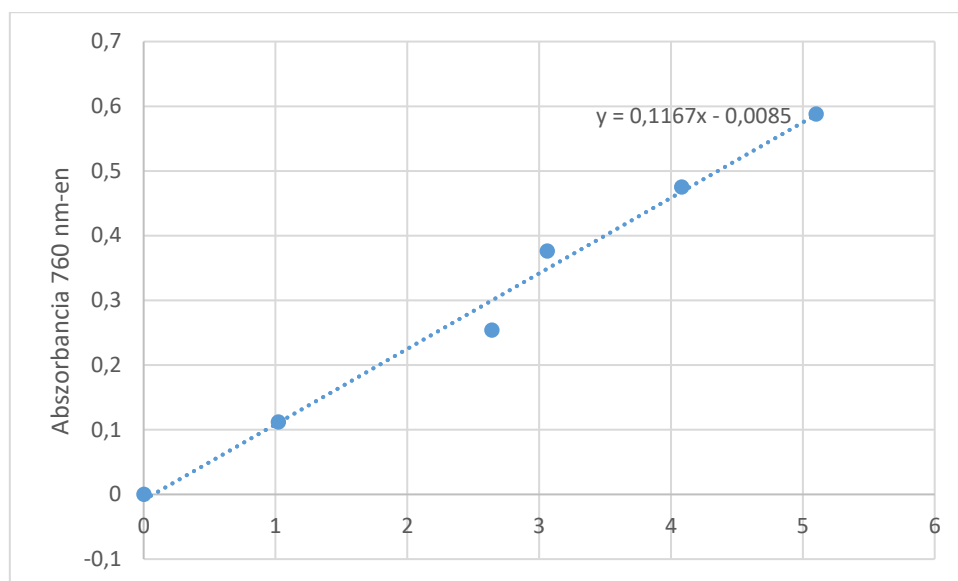
3.2.7. Összes polifenol meghatározása Folin-Ciocalteu reagenssel

Az összes polifenol tartalom meghatározását Singleton és Rossi (1965) módszerével végeztem. A méréshez szükséges oldatok: folin (50 ml/500 ml desztillált víz), MeOH:DV (80:20 arányban). Na₂CO₃ (7,42 g/100 ml desztillált víz) (16. ábra). Továbbá a kalibráláshoz 0,3mM-os Galluszsav, amit a 6. táblázat alapján vettem fel.

6. táblázat: Polifenol mérés kalibráció adatai

	Folin (µl)	MeOH:DV (µl)	Galluszsav (µl)	Na ₂ CO ₃ (µl)
1	1250	250	-	1000
2	1250	250	-	1000
3	1250	200	50	1000
4	1250	150	100	1000
5	1250	100	150	1000
6	1250	50	200	1000
7	1250	-	250	1000

15. ábra: Polifenol mérés kalibrációs egyenese

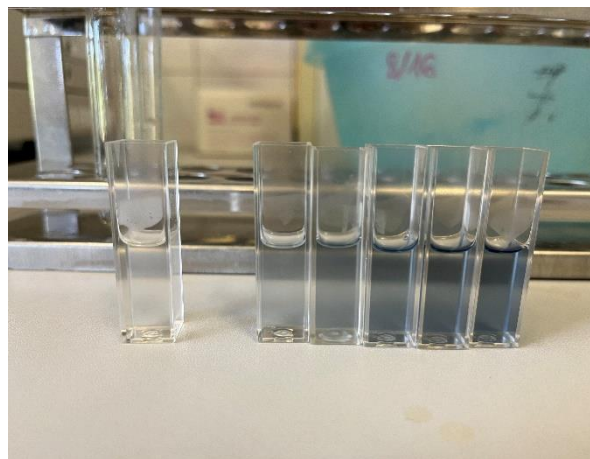


A kalibrációs pontok, valamint kísérlet alapján megállapítottam, hogy a mintákat kétszeres hígítás mellett az alábbi összetétellel lehet mérni: 1250 μ l folin+200 μ l MeOH:DV+50 μ l minta+1000 μ l Na₂CO₃ (17. ábra). Az oldatokat kémcsőbe összeállítottam, 5 percet 50°C-os vízfürdőben állni hagytam őket, majd HITACHI U-2900 spektrofotométerrel 760 nm-en vakmintával szembe lemértem őket. Minden esetben 3-3 párhuzamost végeztem.

16. ábra: Alkalmazott vegyszerek



17. ábra: Kalibrációs sor



3.2.8. Statisztikai módszerek

Az ülepedési mutatót, a zavarosságot, a vízdoldható szárazanyagtartalmat, a transzmittanciát 440 nm-en, az antioxidáns kapacitás és az összes polifenol tartalom meghatározását varianciaanalízis segítségével érékeltem. Az ANOVA-feltételeket a reziduumok normális eloszlásának Shapiro-Wilk-teszttel történő vizsgálatával ellenőriztem, a szórás-homogenitást

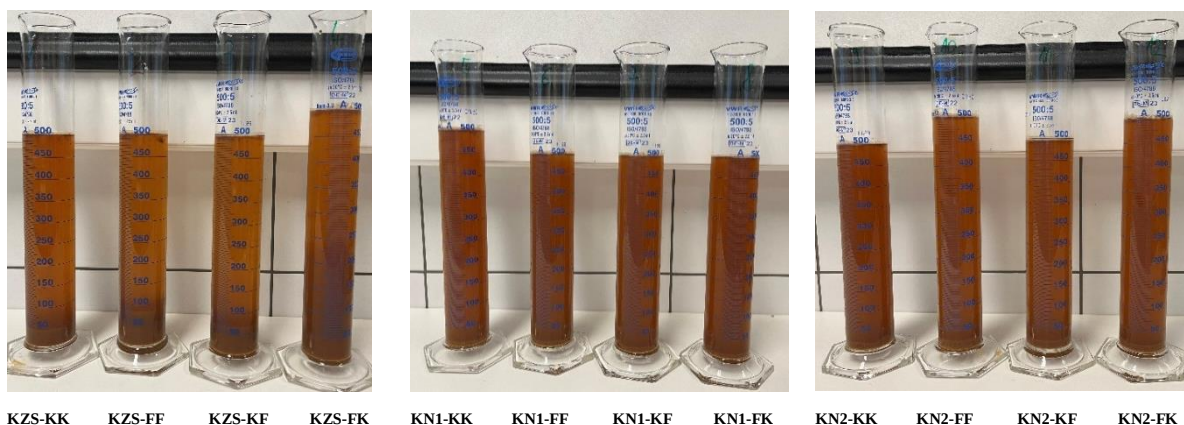
pedig Levene-tesztel. A szignifikanciaszintet $p = 0,05$ -ben határoztam meg. Azokban az esetekben, ahol az ANOVA szignifikáns eredményeket hozott, páros összehasonlításokat végeztem. Ha a variancia homogenitásának feltétele teljesült, Tukey; ha nem teljesült, Games-Howell post hoc tesztet használtam a faktorszintek közötti szignifikáns különbségek feltárására. Az eredmények statisztikai elemzése az IBM SPSS Statistics szoftver 29-es verziójával történt.

4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKEK

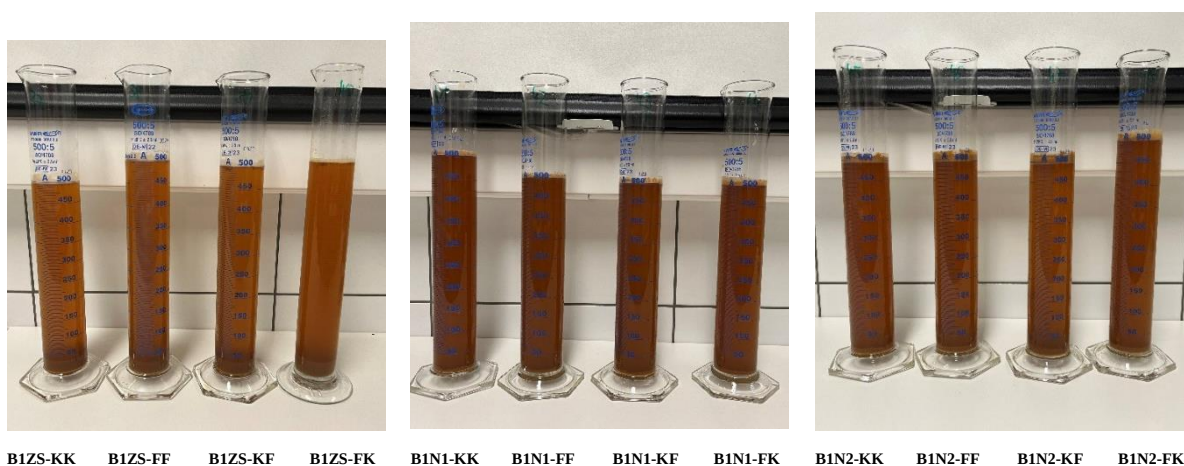
4.1. Feltisztulási százalék

Az egyes derítőanyag kombinációk 1 órás hatóidejének letelte után megfigyelhető volt a leülepedett és a feltisztult részek aránya, melyek a 18-20. ábrán láthatóak.

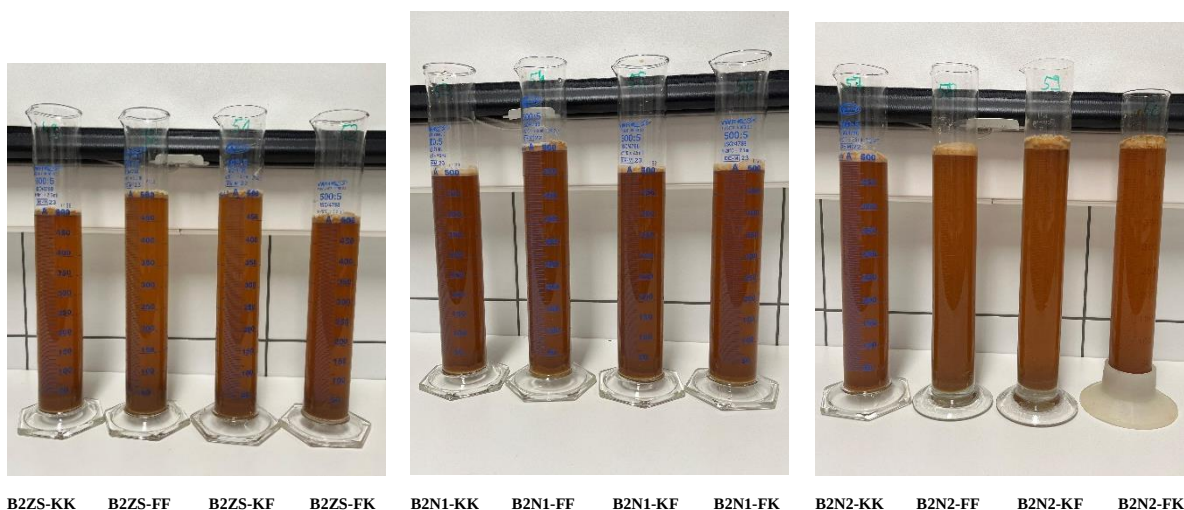
18. ábra: Klar Sol 30 (K) minták



19. ábra: GranuBent Pore-Tec (B1) minták

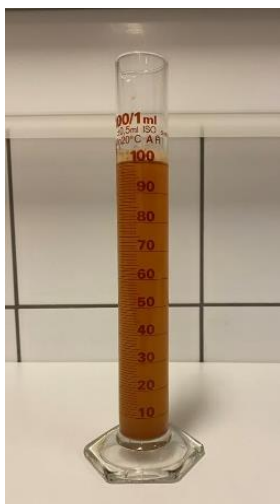


20. ábra: Seporit Pore-Tec (B2) minták

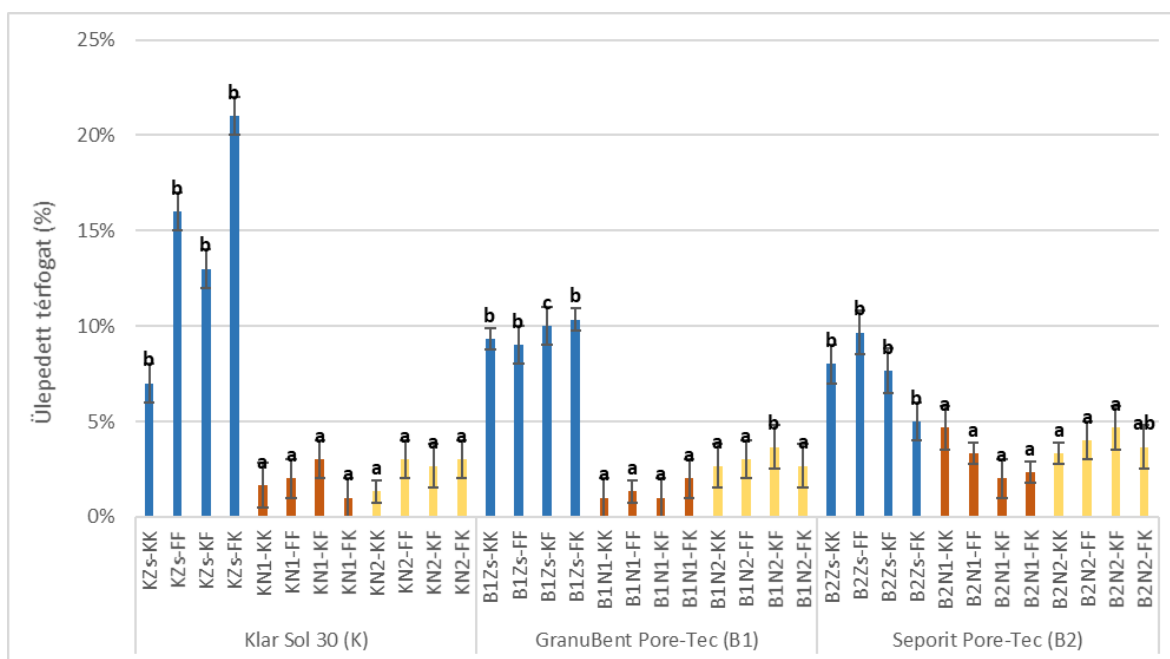


A kontroll mintát (derítőszer nélkül), mely nem mutatott ülepedést, a 21. ábra szemlélteti.

21. ábra: Kontroll minta



22. ábra: Ülepedett térfogat százalékban



A különböző betűk szignifikánsan különböző csoportokat jelölnek (Tukey/Games-Howell, $p = 0,05$). Kisbetűk: fehérjék (Zs, N1, N2) összehasonlítása, rögzített ásványi derítőanyag (K, B1, B2) és koncentrációk (KK, FF, KF, FK) mellett.

A leülepedett rész százalékos arányát a 22. ábra mutatja. Láthatjuk, hogy a negatív töltésű derítőszer alkalmazásától függetlenül a zselatin használatakor mérhető a legmagasabb ülepedett térfogat, azon belül azonban a kovasavval (K) kombinálva kaptam a legnagyobb ülepedési réteget. A FloaClair (N2), illetve a LittoFresh Liquid (N1) egyértelműen jobb feltisztulást mutatott a bentonittal való kombinálásuk esetén, abból is kiemelkedőbb a Seporit-os (B2)

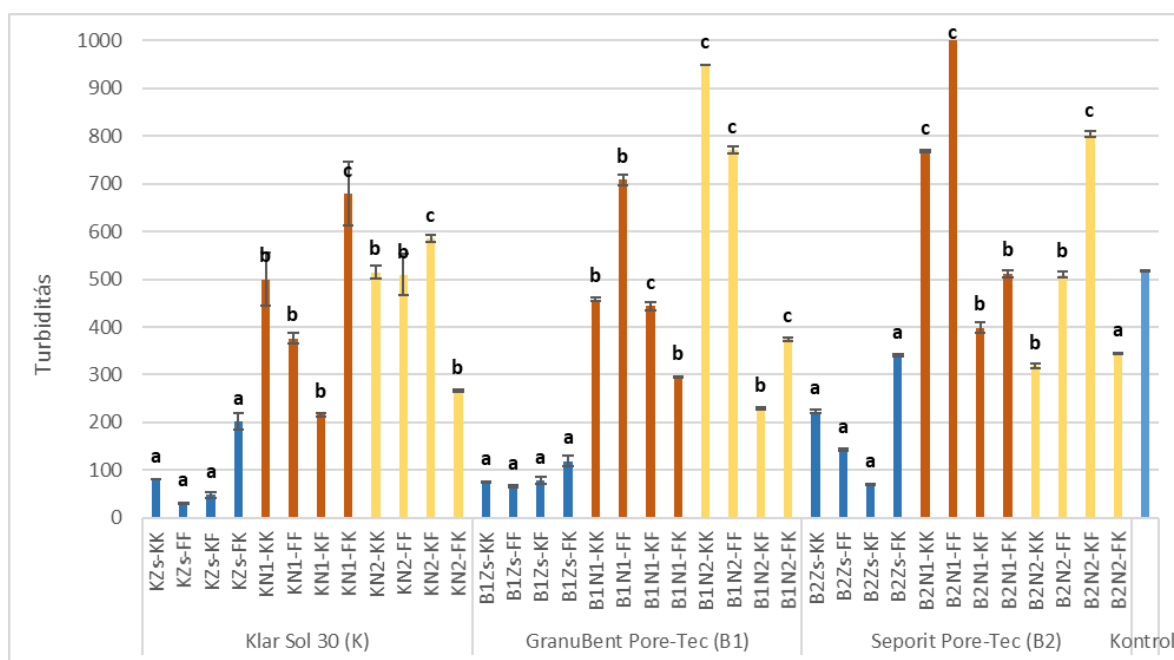
kombinációk. Összehasonlítás során azt a következtetést vontam le, hogy a pozitív töltésű derítőszereknél jellemzően két szignifikancia csoportra oszlanak, az állati és a növényi fehérjékre. Ettől a tendenciától csak a KF, illetve FK koncentrációarányú minták mutattak eltérést. Előbbinél a GranuBent (B1), utóbbinál a Seporit (B2) használata esetében a FloaClair (N2) ülepedési térfogata nem volt szignifikánsan kisebb, mint az állati eredetű fehérje használatakor.

Az is észrevehető, hogy az esetek egy részében, a kovasav-zselatin párosítást és Seporit-os kombinációktól eltekintve, a derítőszer mennyiségének változtatása minimális hatással volt a kiülepedett térfogatra (<2%). Ebből kifolyólag a derítőszerek alacsony koncentrációjának az alkalmazása is elégséges.

4.2. Zavarosság (NTU=Nephelometric Turbidity Unit)

A turbiditás (23. ábra) információt ad a minták vizes fázisában fel nem oldható anyagokról, ezáltal szoros kapcsolatban van az ülepedési térfogattal és az üledék mennyiségével.

23. ábra: Turbiditás értékei



A különböző betűk szignifikánsan különböző csoportokat jelölnek (Tukey/Games-Howell, $p = 0,05$). Kisbetűk: fehérjék (Zs, N1, N2) összehasonlítása, rögzített ásványi derítőanyag (K, B1, B2) és koncentrációk (KK, FF, KF, FK) mellett.

A zselatinos minták láthatóan kevesebb zavaró komponenst tartalmaznak, tükrösebbek. A kontrollal (518,33 NTU) a növényi fehérje alkalmazása során sok minta megegyező hatásfokkal

teljesített (KN1-KK, KN2-KK, KN2-FF, B2N1-FK, B2N2-FF; $p=1,000$ minden esetben), néhány esetben pedig szignifikáns mértékben meghaladta annak turbiditás értékét (KN1-FK, KN2-KF, B1N1-FF, B1N2-KK, B1N2-FF, B2N1-KK, B2N1-FF, B2N2-KF). Ez alapján elmondható, hogy azon minták esetében, melyeknél a turbiditás meghaladta a derítetlen minta értékét, a zavarosság csökkentése szempontjából nem voltak sikeresek.

Néhány kombináció turbiditás értéke, mint a KN1-KF (216 NTU), a B1N2-KF (229,67 NTU), a KN2-FK (266,33 NTU), a B1N1-FK (295 NTU), a B2N2-KK (318,33NTU) a zselatin legmagasabb (340,33NTU) értéke alatt helyezkednek el, tehát relatíve jól teljesítettek a növényi fehérjéken belül, bizonyos mértékben alkalmasak az állati fehérje kiváltására.

A zselatin alkalmazásánál arra a következtetésre jutottam, hogy szignifikáns hatással van a derítőszer mennyiségi kombinációja a kapott végeredményre. A Klar Sol (31 NTU) és GranuBent (66 NTU) alkalmazásakor az FF kombinációval értem el a legtisztább almalevet, míg a Seporit-nál a KF (69,67 NTU) emelkedett ki, azt követte az FF (142,67 NTU). A FloaClair és LittoFresh alkalmazásánál kizárólag azon mennyiségi összetételeket érdemes figyelembe venni, melyek értéke a leggyengébben teljesítő zselatinos minta (B2ZS-FK (340,33 NTU)) alatt helyezkedik el.

Alvarez és munkatársai (2000) kutatásai alapján láthatjuk, hogy egy másfajta megközelítéssel, az integrált membrán eljárással teljesen más eredményeket kaphatunk. Kísérletük során a nyers almale (1242 NTU) nagymértékű zavarosságát sikeresen csökkentették 0,2-0,6 közötti értékre. Míg az én esetemben a kezdeti 518,33 NTU-ról 31 NTU-ig tudták csak levinni a derítőszer kombinációk az értéket. Tehát zavarosság szempontjából léteznek az iparban jobb hatásfokú eljárások is.

4.3. Vízoldható szárazanyag-tartalom

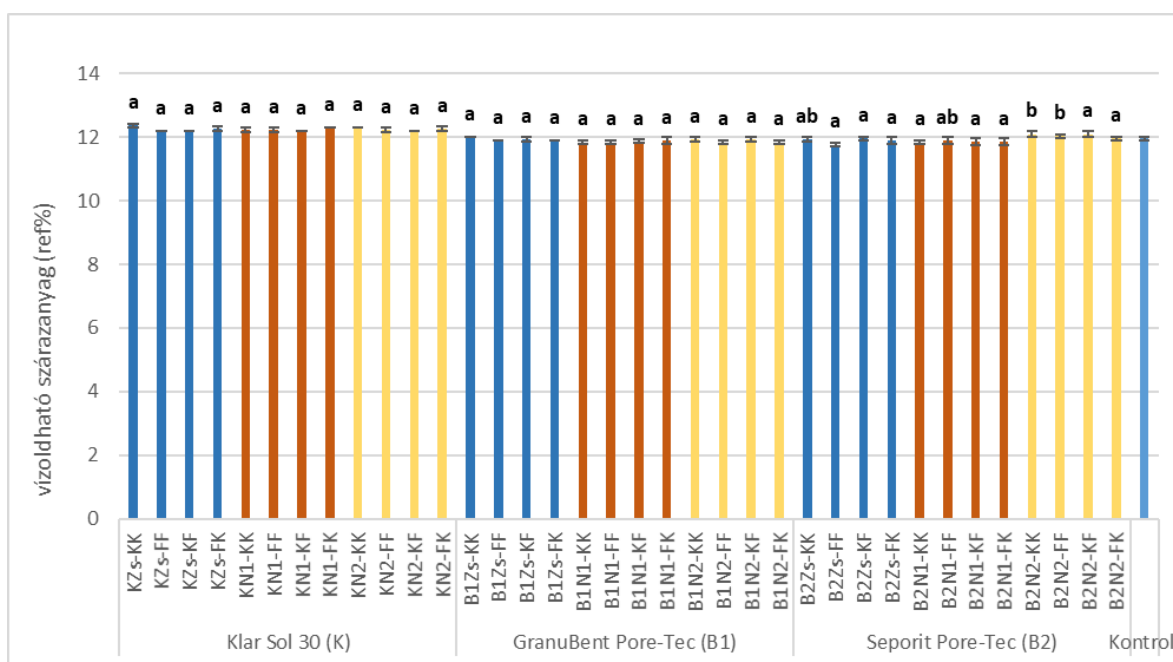
A Klar Sol, valamint a GranuBent csoportokon belül nincs szignifikáns eltérés a minták között. Különbségeket a Seporit alkalmazása mutat, főként a KK és az FF csoportokon belül, azonban azok sem válnak el teljesen egymástól, átfedésben vannak.

A kontrollal statisztikailag ugyanolyan eredményt hoztak az alábbi minták: B1ZS-KK, B1ZS-FF, B1ZS-KF, B1ZS-KF, B1N1-FK, B1N2-KK, B1N2-KF, B2ZS-KK, B2ZS-KF, B2ZS-FK, B2N1-FF, B2N2-KK, B2N2-FF, B2N2-KF, B2N2-FK. A kontrollhoz képest szignifikánsan alacsonyabb vízoldható szárazanyag tartalmat eredményeztek, azok a minták ahol a következő kombinációkat alkalmaztam: B1N1-KK, B1N1-FF, B1N1-KF, B1N2-FF, B1N2-FK, B2ZS-FF, B2N1-KK, B2N1-KF, B2N1-FK. Az állati fehérje alkalmazása a B2ZS-FF kombináción kívül

minden esetben a kontrollal azonos vagy magasabb értékekhez vezetett, mely jelen mérés adatai mellett előnyösnek számítanak. A LittoFresh (N1) bentonittal kombinálva alacsony eredményekhez vezetett. Kovasavval kombinálva kivétel nélkül szignifikánsan magasabb refrakciót tudtam elérni a minták esetében, a kontrollhoz képest.

A fehérjéken belül alkalmazott mennyiségi kombinációk nem térnek el szignifikánsan egymástól. Ezen mérés alapján tehát az FF koncentrációk alkalmazását találom célravezetőnek, azon belül is a kovasav alkalmazásával kombinált fehérjét. Gökmen és munkatársai (2001) a különböző tisztítási eljárásokat vizsgálták a Golden Delicious fajtából nyert almalé sav, illetve fenol összetételére. A derítést bentonit és zselatin kombinációjával végezték majd eltérő szűrés eljárással zárták és 11,0 - 11,4 közötti refrakciót kaptak. Esetemben az almalé ipari vegyes almából készült, melynél a közel 13 ref% az elvárt. Láthatjuk, hogy almafajták között mekkora eltérés lehet ezen értéknél.

24. ábra: Vízoldható szárazanyag tartalom értékei



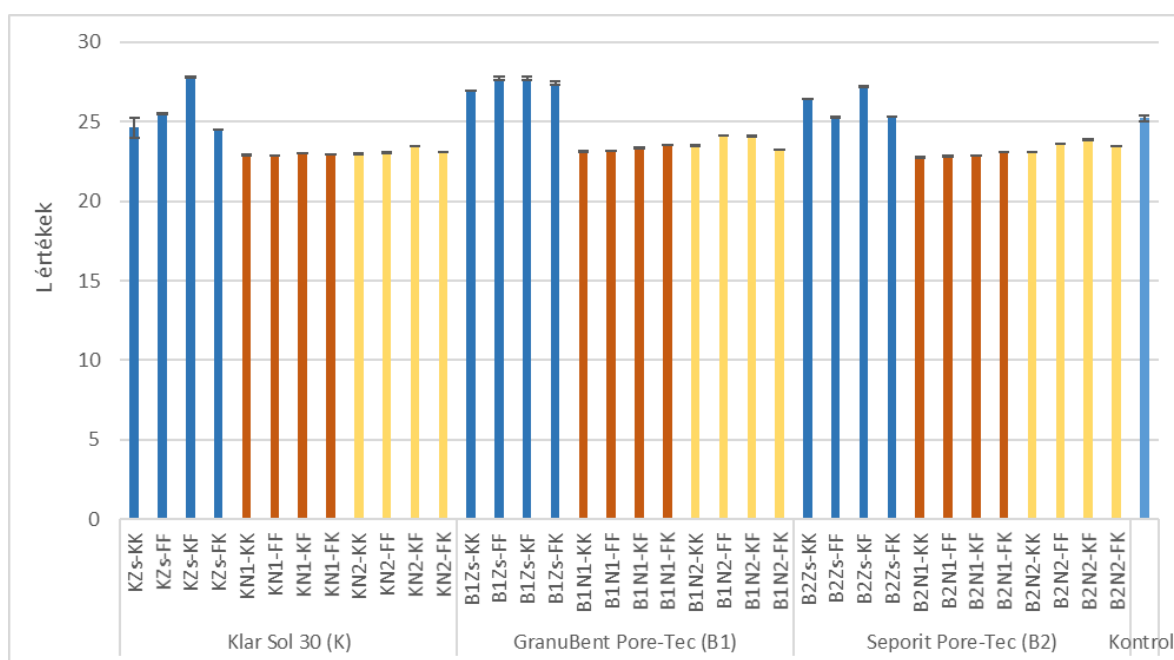
A különböző betűk szignifikánsan különböző csoportokat jelölnek (Tukey/Games-Howell, $p = 0,05$). Kisbetűk: fehérjék (Zs, N1, N2) összehasonlítása, rögzített ásványi derítőanyag (K, B1, B2) és koncentrációk (KK, FF, KF, FK) mellett.

4.4. Színmérés eredményei

A zselatint tartalmazó minták L^* adatai (25. ábra) magasabbak, azaz ezek a minták világosabb tartományba esnek. Ezen jelenség összekapcsolható a kiülepedett térfogat, illetve a turbiditás eredményeivel egyaránt, ahol szintén az állati fehérje volt összességében a legkimagaslóbb.

A kontroll minta alapszíne egy mélyebb árnyalatú barnás-sárga, mely ülepedés során kitisztul, kivilágosodik. Megfigyelhető, hogy a kontroll 25,21-es értéke alatt vannak a növényi fehérjével kezelt minták, illetve a KZS-FK, mely sötétebb árnyalatot mutatott.

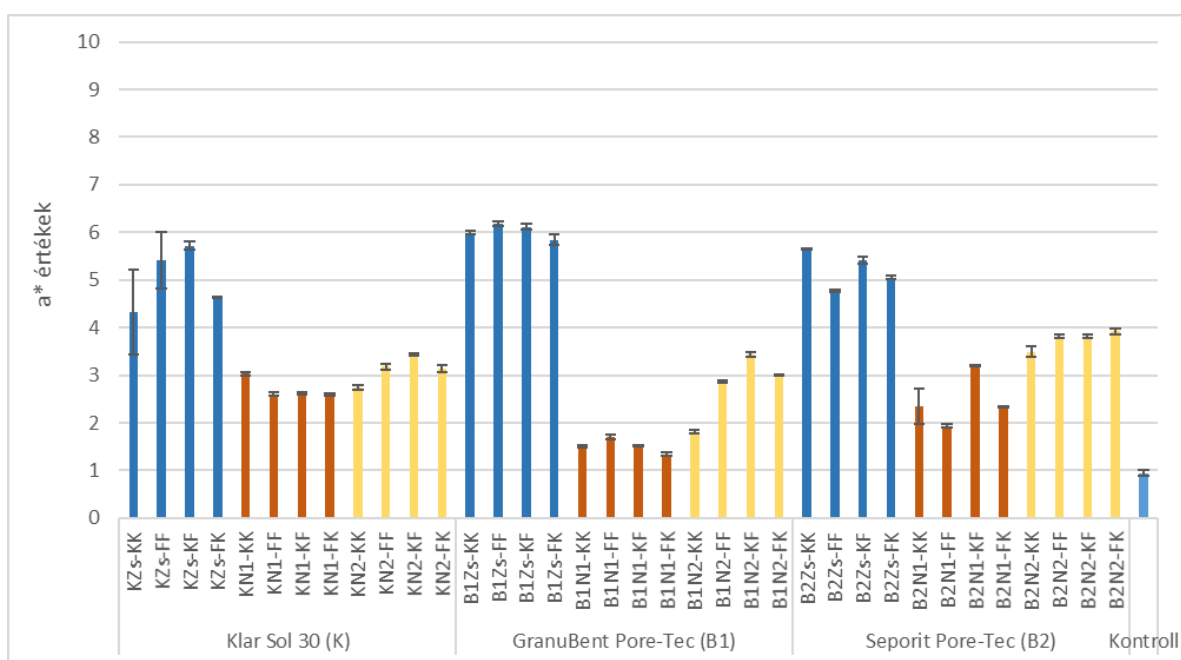
25. ábra: A minták L^* értékei



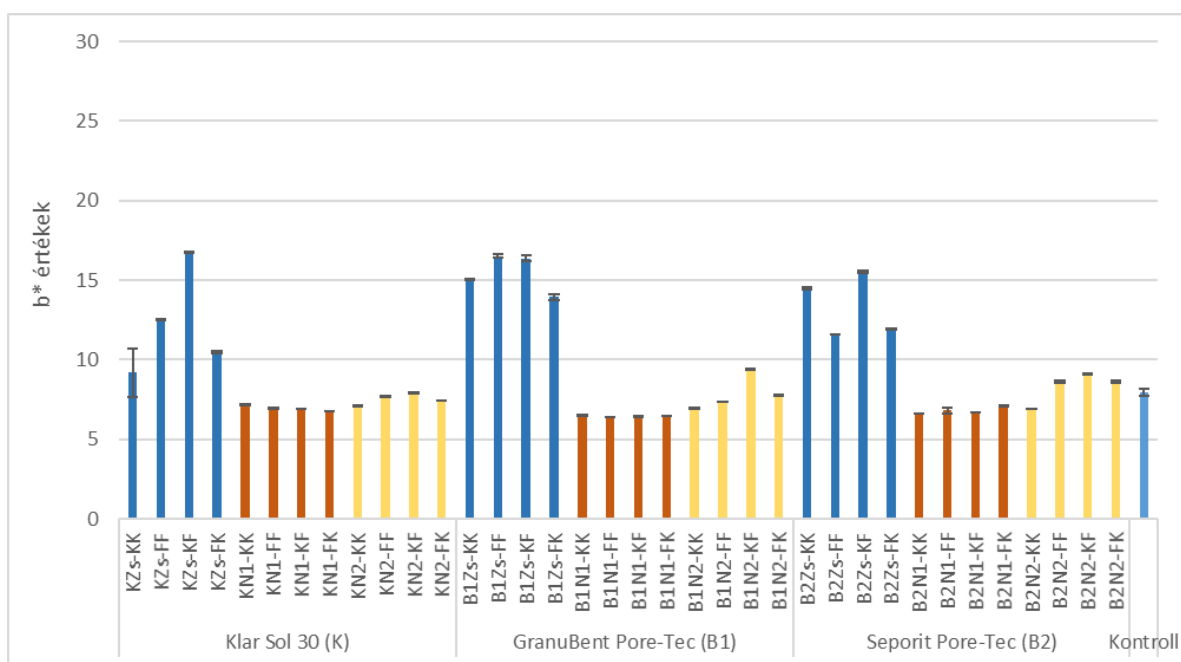
Az a^* adatai (26. ábra) kivétel nélkül a pozitív tartományba estek, azaz a vörös árnyalat a dominánsabb. A kontroll 0,95-ös értékéhez képest mindegyik minta magasabban a^* értékeket mutat (pirosabbak). Az adatok 6,11 és 0,95 között változnak. Itt is kiemelhetők a zselatinnal derített minták.

Komplexen nézve a b^* -gal (27. ábra) láthatjuk, hogy mindkét esetben az állati fehérjével kezelt levek magasabb értéket vesznek fel, mint a növényiével kezelték, így feltehetően a zselatinnal kezelt minták pirosabbak és sárgábbak, mint a többi. A kontroll a növényi fehérjével derített mintákhoz hasonlitos b^* és L^* értéket vesz fel, azonban határozottan alacsonyabb a^* adatot, azaz kevésbé piros árnyalatot mutatott. Ez adódhat abból, hogy a vegyületek derítés során bizonyos színanyagok is megkötődhetnek, átalakulhatnak, ezáltal megváltoztatva a termék színét.

26. ábra: A minták a* értékei



27. ábra: A minták b* értékei



A b* (27. ábra) értékei a pozitív tartományban vannak, azaz a sárgás árnyalat dominál. Ahogyan a világossági tényezőnél is megmutatkozott, itt is a zselatinos minták emelkednek ki 7,19 és 16,74 közötti értékeikkel. A kontrollnál (7,94) sárgább árnyalatot adnak a B2N2 mintái, kivéve a KK kombináció esetében. Ezeknek az a* értékei is magasabbak, illetve üledési térfogatban

átlagosan (3,4%) ezen csoportnak a legmagasabb a kiüledett része a növényi fehérjés kombinációk közül.

Összességében nézve a gyümölcslevek világosak (magas világossági tényező), kissé pirosak (nullához közeli, pozitív a^*) és sárgás árnyalatúak (minimálisnál magasabb b^*). A növényi fehérjék negatív derítőszeres kombinációján belül aránylag homogénebb értékeket adnak, így az alacsonyabb kombinációk alkalmazását is elegendőnek tartom. Az ErbiGel (ZS) minden negatív derítőszer párosításán belül a L^* , a^* és b^* értékei ugyanazon tendencia mentén változnak. Azonban negatív derítőszerenként a zselatinos minták nem mutatnak nagy léptékű eltéréseket a színméréshez mérten, így itt is az FF kombinációt tartom indokolt választásnak. Oszmianski és Wojdylo (2007) kutatásuk során különböző derítőszeres hatását (zselatin, bentonit, kvasav, kitozán) vizsgálták az almalé fenolos vegyületeire, antioxidáns aktivitására és színére. A vizsgálathoz Idared és Sampion fajtákat használtak. A kutatásaik eredménye szerint a derített minták L^* tényezője magasabb, az a^* és b^* paraméterek alacsonyabbak voltak, mint a kontroll. Összességében a zselatinnal kezelt minták rendelkeztek a legmagasabb világossági tényezővel, illetve a legalacsonyabb b^* értékkel, ezáltal jobbnak bizonyult a kitozánál. Különösen jó hatást fejtett ki a zselatin az Idared almalevek esetében.

Esetemben nem érvényes általánosan az általuk megfigyelt tendencia, mivel az a^* értékeim minden esetben magasabbak, az L^* és b^* értékek pedig változatosan alakultak. Az elmondható, hogy a zselatin elősegítette az almalevek világosodását, azonban a sárgaság mértékét nem redukálta, hanem ellenkezőleg, fokozta.

Mirzaaghaei és munkatársai (2017) a szepiolit hatékonyságát vizsgálták, melyhez kvasavat, zselatint és bentonitot használtak fel. Eredményük szerint a világossági tényezőre a legjobb (91,07) hatással a szepiolit+zselatin+kvasav kombináció volt, a legrosszabb értéket (90,22) pedig a bentonit kizárólagos alkalmazásával kapták. A vörösséget nagymértékben tudták csökkenteni, egészen -0,26-ig. Esetemben az elért maximális L^* érték 27,81 (KZS-KF) volt, a minimális a 22,83 (B2N1-FF), melyek alacsonyabb, mint az általuk elért értékek derítést követően. A nagy tisztaságú termékekhez nulla közeli, akár negatív vörösségi tényező párosul, mely kísérletem során nem következett be, ugyanis az a^* értékek 0,95 és 6,18 között mozognak.

Csoportokon belül megvizsgáltam, hogy a növényi fehérjés minták (N1, N2) milyen távolságra vannak az állati fehérjével (Zs) derített mintákhoz képest a CIELab szinkordináta-rendszerben (7. táblázat).

7. táblázat: Csoportokon belül a zselatinnal összehasonlított ΔE^* értékek

Szint	Növényi fehérje	Klar Sol 30 (K)	GranuBent Pore-Tec (B1)	Seporit Pore-Tec (B2)
KK	N1	2,95	9,63	9,28
	N2	3,11	9,11	8,57
FF	N1	6,77	11,05	6,05
	N2	5,85	9,74	3,51
KF	N1	11,38	10,95	10,08
	N2	10,11	7,46	7,41
FK	N1	4,52	8,71	5,96
	N2	3,73	6,78	3,91

Láthatjuk, hogy a KN1-KK és KZS-KK között (2,95) a különbség észrevehető. 3 és 6 között a jól látható tartományt jelöljük, melyeket a következő minták esetében fedeztem fel: KN2-KK, KN2-FF, KN1-FK, KN2-FK, B2N2-FF, B2N1-FK, B2N2-FK. Összességében azt tapasztaltam, hogy az ásványi derítőszer nagyban befolyásolja azt, hogy mekkora a színingerkülönbség a növényi és az állati fehérje alkalmazása során nyert levek között. A Klar Sol (K) kisebb és nagyobb koncentrációja is hozzájárult a különbség minimalizálásához, amennyiben a fehérjének az alacsonyabb koncentrációját alkalmaztam. Ellenben a GranuBent (B1), a zselatinnal derített mintához képest szabad szemmel jól megkülönböztethető színű leveket eredményezett.

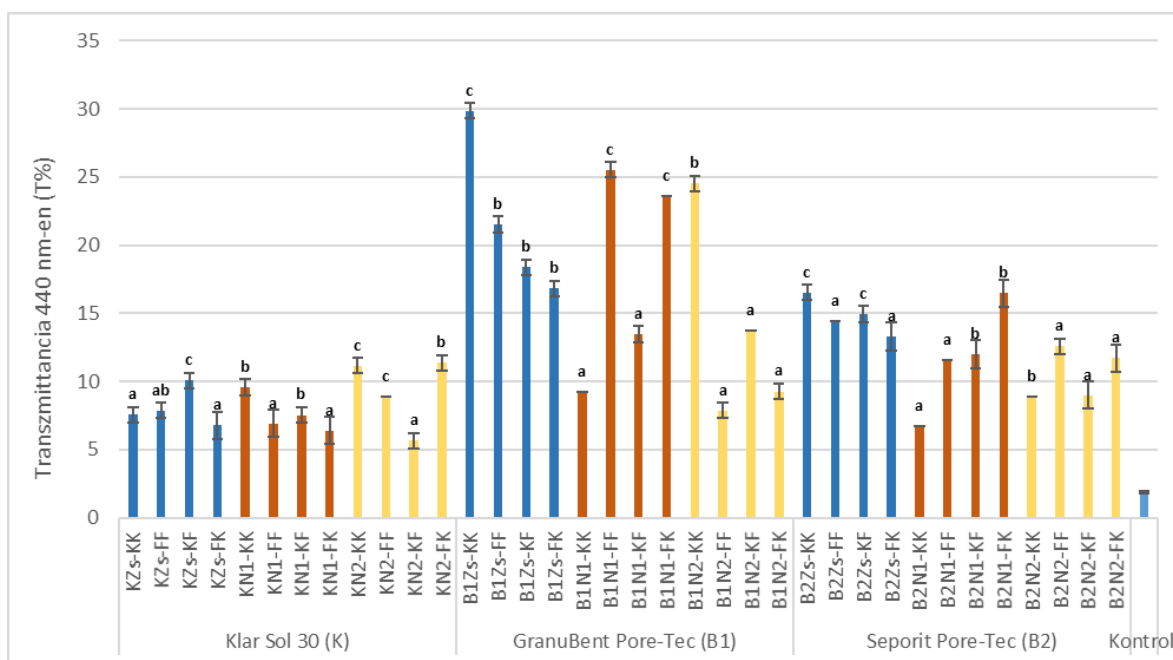
Ezen vizsgálat alapján a kovasav esetében a legkedvezőbb a KK koncentrációt alkalmazni, míg a KF határozottan hátrányos. GranuBent-et (B1) nem érdemes alkalmazni, Seporit-ot (B2) is csak FK kombináció esetében.

4.5. Transzmittancia értékek meghatározása

Az almalevek esetében a sárga szín intenzitásának jelölésére alkalmazott módszer a 440 nm-en mért transzmittancia %, melyek eredményeit a 28. ábra mutatja.

Megfigyelhető, hogy a kontroll minta értékéhez (1,87) képest mindegyik kombináció alkalmazása magasabb T% értéket eredményezett ($p < 0,001$). A GranuBent (B1) bentonit alapú minták esetében kimagaslóan magas, kedvező értékeket kaptam.

28. ábra: Transzmittancia értékek



A különböző betűk szignifikánsan különböző csoportokat jelölnek (Tukey/Games-Howell, $p = 0,05$). Kisbetűk: fehérjék (Zs, N1, N2) összehasonlítása, rögzített ásványi derítőanyag (K, B1, B2) és koncentrációk (KK, FF, KF, FK) mellett.

A statisztika szerint itt már nem lehet egyértelműen azt mondani, hogy a zselatin jobban teljesített, hiszen sok esetben a növényi fehérjék alkalmazása esetében kedvezőbb transzmittanciát mértem.

Mennyiségi kombinációkon belül szignifikáns változásokat láthatunk. Legnagyobb különbségeket a GranuBent-tel (B1) kombinált fehérjék adták. Az ErbiGel (ZS) (29,9 T%) és FloaClair (N2) (24,5 T%) esetében a KK kombináció, a LittoFresh (N1) alkalmazásánál FF teljesít a legjobban.

Tehát ezen minőségi paraméter biztosítása szempontjából célszerű a fentebb említett kombinációk valamelyikének alkalmazása GranoBent (B1) bentonittal.

Tulek és Yilmaz (2006) munkásságuk során a derítoszerek és az ultraszűrés hatását vizsgálták az almalé egyes minőségi paramétereire. Megfigyelésük szerint a legjobb javulást a bentonit, zselatin és ultraszűrés kombinációval érték el, melynél a kontroll minta 48,5 T%-áról 76,2 T%-ra nőtt. A sima zselatin-bentonit kombinációjukkal maximálisan 60,1 T%-ot értek el. A kísérletükben az etalont 40 T%-ra helyezték szakirodalmak alapján.

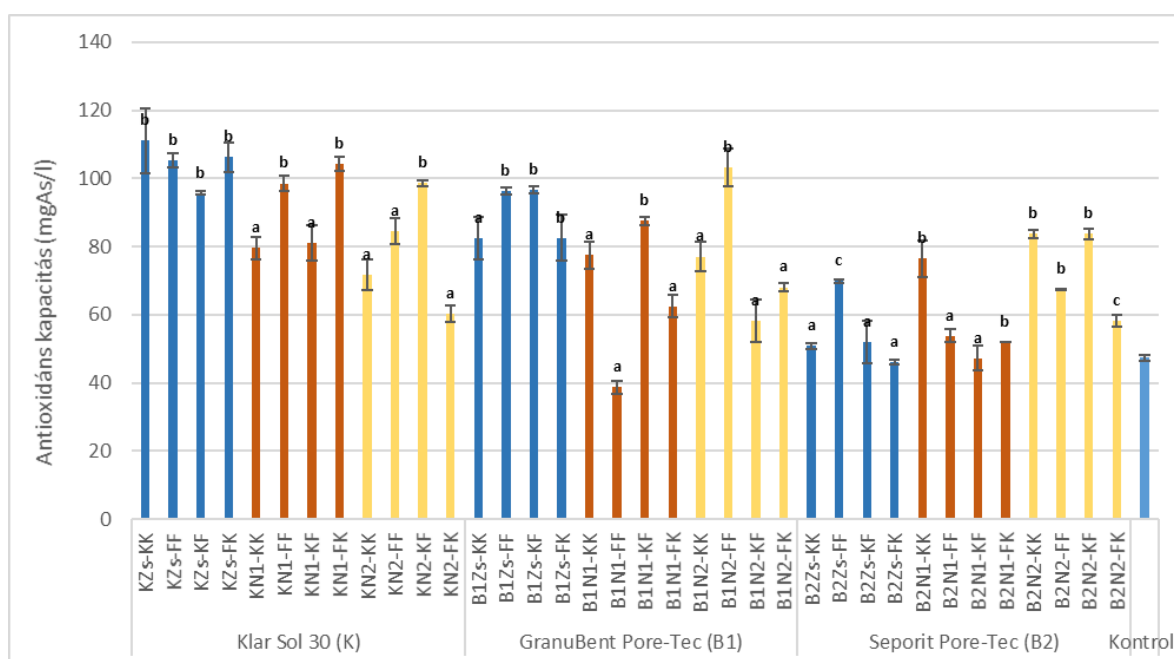
Esetemben a kiindulási transzmittancia, azaz a kontroll értéke 1,87 volt. A legnagyobb értéket a B1ZS-KK (29,9) vette fel. Amennyiben a 40 T%-ot vesszük alapnak, akkor egyik mintám sem felel meg, azonban Tulek és Yilmaz (2006) a bentonit-zselatin kombináció alkalmazásakor

23,91%-os növekedést értek el a kontrollhoz képest, míg én, a kutatásom során közel 16-szorosot.

Araya-Farias és munkatársai (2008) kutatásuk alkalmával az elektroflotációval történő tisztítást monitorozták almalé (McIntosh fajta) esetén. Kísérletük alkalmával megfigyelték, hogy 20 mA/cm² 30 másodperces kezelés mellett zselatin nélkül csupán 43 T%-ot tudtak elérni, míg 200 mg/l hozzáadásával 63,5 T%-ot. A kontroll 6,3 T%-ot vett fel.

4.6. Antioxidáns kapacitás meghatározása

29. ábra: A minták antioxidáns kapacitás értékei



A különböző betűk szignifikánsan különböző csoportokat jelölnek (Tukey/Games-Howell, $p = 0,05$). Kisbetűk: fehérjék (Zs, N1, N2) összehasonlítása, rögzített ásványi derítőanyag (K, B1, B2) és koncentrációk (KK, FF, KF, FK) mellett.

Az egyes minták antioxidáns kapacitás értékeit a 29. ábra mutatja.

A kontroll minta 47,4 mgAS/l -es értékétől alacsonyabb értékeket vett fel a B1N1-FF (38,69 mgAS/l), B2ZS-FK (46,07 mgAS/l), B2N1-KF (47,26 mgAS/l), melyek mind bentonitos változatok. A kvasav adatok átlagosan magasabbak. Ezen jelenség alapján arra a következtetésre jutottam, hogy a kvasav elősegíti az antioxidáns kapacitást adó vegyületekre negatív hatást gyakorló anyagok (szabad gyökök) megkötését.

A Seporit (B2) esetében jobban megkülönböztethetőek voltak a csoportok, a B2ZS és a B2N2 esetben szignifikánsan eltérnek egymástól, míg a Klar Sol (K) és GranuBent (B1) negatív

derítőszereknél az azonos koncentrációk alkalmazása mellett nincs szignifikáns mértékű differenciálódás.

A kontrollhoz (47,4 mgAs/l) képest nem eredményeztek szignifikáns mértékben eltérő antioxidáns kapacitást az alábbi minták: B1N1-FF ($p=0,572$), B1N2-KF ($p=0,136$), B2Zs-KK ($p=1,000$), B2N1-FF ($p=0,97$), B2N1-KF ($p=1,000$), B2N1-FK ($p=1,000$), B2N2-FK ($p=0,136$). A többi derítőszer-kombináció mind szignifikáns mértékben elősegítette az antioxidáns kapacitás növekedését a kontrollhoz képest.

Oszmianski és munkatársai (2011) az almalevek (Shampion fajta) enzimkezelésének hatását vizsgálták az antioxidáns kapacitásra tárolás során. A kontroll (150 mgAs/l) mintához képest a különböző enzimek hatására 136 és 158 mgAs/l közé estek a kezelt minták eredményei.

Esetemben a KZS-KK minta adta a legkiemelkedőbb értéket, a 111,14 mgAs/l -t, mely az előbbi forrásban említett, alacsonyabb, 136 mgAs/l-es értékhez képest is elmarad. Ezek alapján a különböző enzimes kezelések jobb hatással vannak az antioxidáns kapacitásra, mint az általam alkalmazott derítési eljárások.

4.7. Összes polifenol meghatározása Folin-Ciocalteu reagenssel

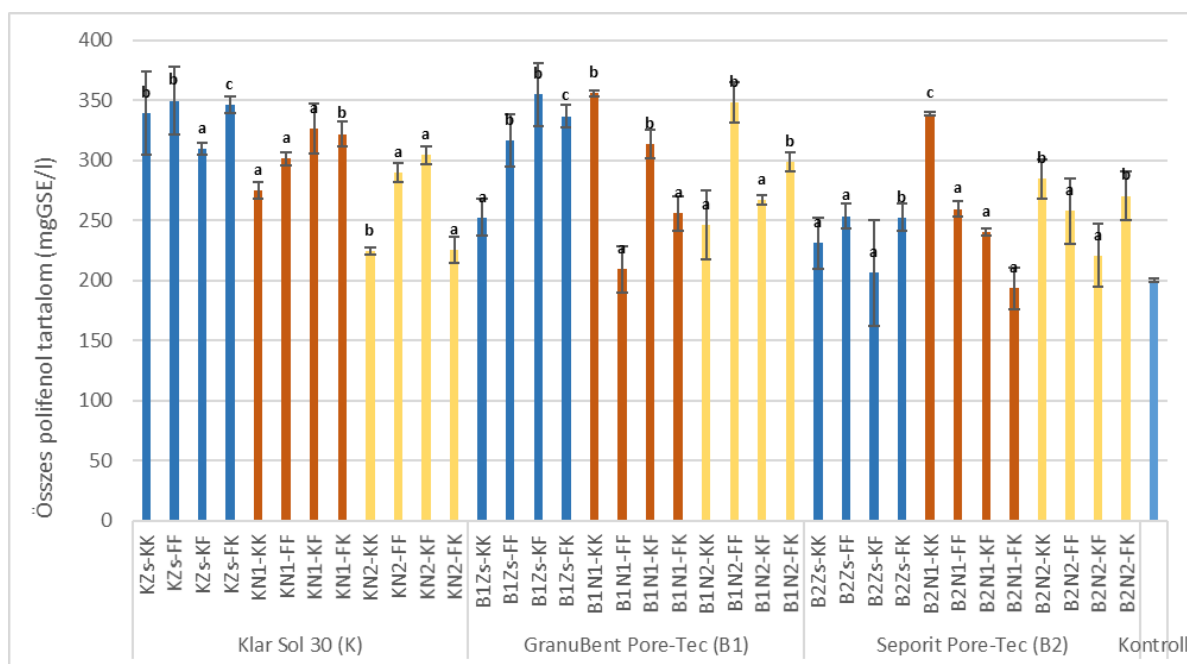
A minták összes polifenol tartalmát a 30. ábra mutatja.

A kontrollhoz (200,09 mgGSE/l) képest alacsonyabb értéket vett fel a B2N1-FK (193,23 mgGSE/l). A kvasav-zselatin kombinációk adják átlagosan a legmagasabb értékeket.

A statisztika elemzés azt mutatja, hogy a Klar Sol (K) és GranuBent (B1) esetében is az FK kombináció különül el egymástól a legjobban, 3 szignifikanciacsoporthoz tartoznak. A Seporit-nál (B2) ez a jelenség a KK koncentrációnál észlelhető. Ezeken kívül a többi kombináció maximálisan 2 csoportba osztható, növényi vagy állati fehérje alapján.

A kontroll mintához képest nem eredményeztek szignifikáns mértékben eltérő polifenol-tartalmat az alábbi minták: KN2-KK ($P=0,999$), KN2-FK ($p=0,998$), B1Zs-KK ($p=0,134$), B1N1-FF ($p=1,000$), B1N1-FK ($0,072$), B1N2-KK ($0,337$), B2Zs-KK ($0,967$), B2Zs-FF ($0,110$), B2Zs-KF ($1,000$), B2Zs-FK ($0,134$), B2N1-KF ($p=0,665$), B2N1-FK ($1,000$), B2N2-KF ($1,000$). A többi derítőszer-kombináció mind szignifikáns mértékben elősegítette a polifenolok mennyiségének növekedését.

30. ábra: A minták összes polifenol értékei



A különböző betűk szignifikánsan különböző csoportokat jelölnek (Tukey/Games-Howell, $p = 0,05$). Kisbetűk: fehérjék (Zs, N1, N2) összehasonlítása, rögzített ásványi derítőanyag (K, B1, B2) és koncentrációk (KK, FF, KF, FK) mellett.

Tastan és Baysal (2017) munkásságuk során a kitozánt vizsgálták, mint derítőszert, almalé (Starking fajta) esetén, zselatin-bentonit kombinációval szemben. A kontroll (330,86 mgGAE/l) mintához képest, a kitozánnal kezelt minta polifenol-tartalma 273,43 mgGAE/l-re csökkent, míg a zselatin-bentonit kombinációval 275 mgGAE/l-re.

Talasila és munkatársai (2012) kutatásuk alkalmával kesualmát dolgoztak fel gyümölcslévé, melynek során többféle tisztítási eljárást vizsgáltak. 2 g/l keményítő adagolásánál 215 mgGAE/100ml, 4 g/l esetén 230 mgGAE/100ml eredményt kaptak. Zselatin felhasználásánál is vizsgálták a 2 g/l (165 mgGAE/100ml) és 4 g/l (100 mgGAE/100ml) adagolást, illetve ezek kombinációját szűrővel (225 mgGAE/100ml, 130 mgGAE/100ml). A kontroll fenol tartalma 325 mgGAE/100 ml. Én zselatint önmagában nem vizsgáltam, azonban kombinációban elmondható, hogy a közepes érték (0,35 ml/l) alkalmazása esetében is tud jó eredményt nyújtani, vagy kiemelkedőt is.

Esetemben a kontroll minta 200,09 mgGAE/l értéket vett fel, mely mind a két esetben magasabb volt. Viszont láthatjuk azt is, hogy a fent említett kutatásoknál a nyers almaléhez képest a kezelt minták polifenol-tartalma csökkent, míg nálam többnyire nőtt. Tastan és Baysal (2017) kísérletükben a zselatint bentonittal párosították, ellenben kutatásom szerint kovással kedvezőbb lenne.

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

8. táblázat: Kombinációk rangsorolása egyes mérésekben elért eredményük alapján

Ülepedett térfogat (%)	Refrakció (Ref%)	NTU	L*	a*	b*	Transzmit- tancia (T%)	Antioxidá- ns kapacitás (mgAs/l)	Összes polifenol tartalom (mgGSE/l)
KN1-FK	KZs-KK	KZs-FF	KZs-KF	B1Zs-FF	KZs-KF	B1Zs-KK	KZs-KK	B1N1-KK
B1N1-KF	KN2-KK	KZs-KF	B1Zs-FF	B1Zs-KF	B1Zs-FF	B1N1-FF	KZs-FK	B1Zs-KF
B1N1-KK	KN1-FK	B1Zs-FF	B1Zs-KF	B1Zs-KK	B1Zs-KF	B1N2-KK	KZs-FF	KZs-FF
KN2-KK	KZs-FK	B2Zs-KF	B1Zs-FK	B1Zs-FK	B2Zs-KF	B1N1-FK	KN1-FK	B1N2-FF
B1N1-FF	KN2-FK	B1Zs-KK	B2Zs-KF	KZs-KF	B1Zs-KK	B1Zs-FF	B1N2-FF	KZs-FK
KN1-KK	KN2-FF	B1Zs-KF	B1Zs-KK	B2Zs-KK	B2Zs-KK	B1Zs-KF	KN2-KF	KZs-KK
B2N1-KF	KN1-FF	KZs-KK	B2Zs-KK	B2Zs-KF	B1Zs-FK	B1Zs-FK	KN1-FF	B2N1-KK
KN1-FF	KN1-KK	B1Zs-FK	KZs-FF	KZs-FF	KZs-FF	B2Zs-KK	B1Zs-KF	B1Zs-FK
B1N1-FK	KZs-FF	B2Zs-FF	B2Zs-FK	B2Zs-FK	B2Zs-FK	B2N1-FK	B1Zs-FF	KN1-KF
B2N1-FK	KZs-KF	KZs-FK	B2Zs-FF	B2Zs-FF	B2Zs-FF	B2Zs-KF	KZs-KF	KN1-FK
KN2-KF	KN1-KF	KN1-KF	Kontroll	KZs-FK	KZs-FK	B2Zs-FF	B1N1-KF	B1Zs-FF
B1N2-FK	KN2-KF	B2Zs-KK	KZs-KK	KZs-KK	B1N2-KF	B1N2-KF	KN2-FF	B1N1-KF
B1N2-KK	B2N2-KF	B1N2-KF	KZs-FK	B2N2-FK	KZs-KK	B1N1-KF	B2N2-KF	KZs-KF
KN2-FF	B2N2-KK	KN2-FK	B1N2-FF	B2N2-FF	B2N2-KF	B2Zs-FK	B2N2-KK	KN2-KF
KN2-FK	B2N2-FF	B1N1-FK	B1N2-KF	B2N2-KF	B2N2-FK	B2N2-FF	B1Zs-FK	KN1-FF
KN1-KF	B1Zs-KK	B2N2-KK	B2N2-KF	B2N2-KK	B2N2-FF	B2N1-KF	B1Zs-KK	B1N2-FK
B1N2-FF	B2Zs-KF	B2Zs-FK	B2N2-FF	KN2-KF	Kontroll	B2N2-FK	KN1-KF	KN2-FF
B2N2-KK	B2N2-FK	B2N2-FK	B1N1-FK	B1N2-KF	KN2-KF	B2N1-FF	KN1-KK	B2N2-KK
B2N1-FF	Kontroll	B1N2-FK	B1N2-KK	B2N1-KF	B1N2-FK	KN2-FK	B1N1-KK	KN1-KK
B2N2-FK	B1Zs-KF	KN1-FF	B2N2-FK	KN2-FF	KN2-FF	KN2-KK	B1N2-KK	B2N2-FK
B1N2-KF	B2Zs-KK	B2N1-KF	KN2-KF	KN2-FK	KN2-FK	KZs-KF	B2N1-KK	B1N2-KF
B2N2-FF	B1N2-KF	B1N1-KF	B1N1-KF	KN1-KK	B1N2-FF	KN1-KK	KN2-KK	B2N1-FF
B2N2-KF	B1N2-KK	B1N1-KK	B1N2-FK	B1N2-FK	KN1-KK	B1N2-FK	B2Zs-FF	B2N2-FF
B2N1-KK	B1Zs-FK	KN1-KK	B1N1-FF	B1N2-FF	B2N1-FK	B1N1-KK	B1N2-FK	B1N1-FK
B2Zs-FK	B1Zs-FF	KN2-FF	B1N1-KK	KN2-KK	KN2-KK	B2N2-KF	B2N2-FF	B2Zs-FF
KZs-KK	B2Zs-FK	B2N2-FF	B2N1-FK	KN1-KF	KN1-FF	KN2-FF	B1N1-FK	B1Zs-KK
B2Zs-KF	B2N1-FF	B2N1-FK	KN2-FK	KN1-FF	B1N2-KK	B2N2-KK	KN2-FK	B2Zs-FK
B2Zs-KK	B1N1-FK	KN2-KK	B2N2-KK	KN1-FK	KN1-KF	KZs-FF	B1N2-KF	B1N2-KK
B1Zs-FF	B2N1-FK	Kontroll	KN2-FF	B2N1-KK	B2N2-KK	B1N2-FF	B2N2-FK	B2N1-KF
B1Zs-KK	B2N1-KF	KN2-KF	KN1-KF	B2N1-FK	B2N1-FF	KZs-KK	B2N1-FF	B2Zs-KK
B2Zs-FF	B1N1-KF	KN1-FK	KN2-KK	B2N1-FF	KN1-FK	KN1-KF	B2N1-FK	KN2-FK
B1Zs-FK	B2N1-KK	B1N1-FF	KN1-FK	B1N2-KK	B2N1-KF	KN1-FF	B2Zs-KF	KN2-KK
B1Zs-FK	B1N2-FF	B2N1-KK	KN1-KK	B1N1-FF	B2N1-KK	KZs-FK	B2Zs-KK	B2N2-KF
KZs-KF	B1N2-FK	B1N2-FF	B2N1-KF	B1N1-KK	B1N1-KK	B2N1-KK	Kontroll	B1N1-FF
KZs-FF	B1N1-FF	B2N2-KF	KN1-FF	B1N1-KF	B1N1-FK	KN1-FK	B2N1-KF	B2Zs-KF
KZs-FK	B1N1-KK	B1N2-KK	B2N1-FF	B1N1-FK	B1N1-KF	KN2-KF	B2Zs-FK	Kontroll
Kontroll	B2Zs-FF	B2N1-FF	B2N1-KK	Kontroll	B1N1-FF	Kontroll	B1N1-FF	B2N1-FK

A minták eredményeit a 8. táblázat alapján összefoglaltam és rangsoroltam a következő szempontok alapján: minél kisebb ülepedett térfogat és NTU, illetve minél nagyobb refrakció, színparaméterek, transzmittancia, antioxidáns kapacitás és összes polifenol tartalom.

Technológiai és gazdasági szempontból három tulajdonságot állapítottam meg kiemelkedő fontosságúnak. A refrakciót, mivel ipari oldalról a gyártónak fontos, hogy ez minél nagyobb legyen. A zavarosságot, hiszen az almalé gyártásának fontos művelete az ultraszűrés. Ezen lépés során figyelembe kell venni, hogy a szűrő idővel eltömődik, regenerálni kell, mely részben attól is függ, hogy mennyi zavaró komponenst kell felfognia. Végül az ülepedett térfogat megmutatja, hogy mekkora zagy rész marad vissza. Amennyiben ez alacsony, akkor nagyobb a hasznos, szűrhető térfogatunk. Ellenben, ha elér egy bizonyos mennyiséget a leülepedett térfogat, akkor be kell vonni a technológiába egy új műveleti lépést, amely által a zagyból visszanyerjük a még értékes részt (pl.: vákuum dobszűrő).

Minden kitüntetett tulajdonságnál az első két helyezettet emeltem ki. Háttérszín megváltoztatását az állati fehérjés kombinációknál alkalmaztam, a betűszínt a növényiekénél.

Mint láthatjuk a zavarosság és a kiülepedett térfogat rangsora fordítottan arányos a zselatin alkalmazása esetén. Mind a KZS-KF, KZS-KK és KZS-FF az NTU sorában a sorrend első felében helyezkedik el, ellenben a kiülepedett résznél inkább a végén. A refrakciót tekintve mindegyik a sor eleje felé pozícionálódott. A KZS-KF színparaméterei kedvezőbbek, míg az antioxidáns kapacitása és a polifenol tartalma beltartalmilag hátrányosabbá teszi a másik kettőhöz képest. Itt érdemes figyelembe venni, hogy a színmérés eredményeiben aránylag kisebb eltérések voltak a minták között, így a rangsorban látható pár helyezésnyi eltérés kevésbé lényeges, mint más paramétereknél. A transzmittancia meghatározásnál gyengén teljesítettek.

A FloaClair (N2) növényi fehérje alkalmazása során láthatjuk, hogy a refrakció meghatározása során jobb eredményt mutatott a KN2-KK. Az ErbiGel (ZS) alkalmazásával szemben alacsony a kiülepedett térfogata, ellenben magas az NTU értéke. Összességében a refrakción és az ülepedett térfogaton kívül mindenben a rangsor vége felé helyezkedik el.

A LittoFresh Liquid (N1) alkalmazásánál kezelt minták alacsony kiülepedett rétegükkel kiemelkednek. A KN1-FK szintén jól szerepelt a refrakció terén, azonban az NTU rangsorában hátul helyezkedik el. Ellenben a B1N1-KF előrébb helyezkedik el, mint bármelyik másik kiemelt növényi fehérjés kombináció. Színmérésben hátrébb helyeződött, azonban a többi mérésnél a rangsor első felében van.

Azt is megfigyelhetjük, hogy zselatinos kombinációk közül a három kiemelt paraméter estében a kovasavas párosítás volt előnyösebb, míg a másodlagos vizsgálatoknál a bentonitos párosítások előrébb szerepeltek. A növényi fehérjéknél a negatív derítőszer nem mutat ekkora

differentiálódást. Annyi elmondható róluk, hogy a FloaClair (N2) kombinációi nagyrészt a középmezőnyt erősítik, míg a LittoFresh Liquid (N1) mintái főleg vagy a rangsor elején, vagy a végén helyezkednek el, azaz rájuk nagyobb hatással lehetnek a koncentrációk változtatásai.

Összességében minden kiemelt mintának van erőssége és hátránya. A zselatinos kombinációkból a KZS-KK választását találom célravezetőnek az alacsonyabb NTU és kiülepedett térfogat értékei miatt. Növényi fehérje részről a B1N1-KF mintát emelném ki, mivel nagy feltisztulási százalékot ért el, a zavarosságnál a középmezőnyben van, illetve a többi paramétere is jobb, mint a hozzá hasonlóaknak.

Következtetésként azt tudom levonni tehát, hogy a KZS-KK és B1N1-KF kombinációk teljesítettek a legjobban. Láthatjuk, hogy a közepes koncentrációk alkalmazása is elégséges, nem szükséges mindkét komponensből a felső határt használni feleslegesen. Továbbá a komplex megítélés érdekében javaslom tovább kutatni a gazdasági mutatókat. Megvizsgálni, hogy milyen anyagi vonzatot jelent a nagyobb százalékban visszamaradt zagy tisztítása, szemben az ultraszűrő terhelésével, melyet a ki nem ülepedett zavaró komponensek okoznak.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

Magyarországon különösen közkedvelt a szűrt almalevek fogyasztása. A termék előállítása során fontos lépés a lékezelés. A préselt lé zavarosságát a vízben oldhatatlan növényi részek és kolloidálisan oldott makromolekulák okozzák, melyeket derítés során megkötünk. A műveletet negatív (kovasav, bentonit), illetve pozitív töltésű derítőszer kombinálásával visszük véghez. A pozitív töltésűek közül a legszélesebb körben elterjedt a zselatin, melyet állati szövetekből kivont kollagén részleges hidrolízisével állítanak elő, illetve alkalmaznak még növényi fehérjéket is, mint a borsófehérje, búzaglutén, szójafehérje, lencse fehérje.

A célom, hogy az ipar által alkalmazott zselatin helyére új alternatívákat találjak. Ez fontos egyrészt az új trendek által kialakult piaci szegmensek kitöltése miatt. Másrészt nem elhanyagolható feltárni a növényi fehérjékben lévő lehetőségeket, megvizsgálni hatékonyságukat, viselkedésüket.

Ennek eléréséhez kovasavval (Klar Sol 30 (K)), illetve két különböző bentonittal (GranuBent Pore-Tec (B1), Seporit Pore-Tec (B2)) kombináltam kétféle növényi fehérjét (LittoFresh Liquid (N1), FloaClair (N2)), valamint az összehasonlíthatósághoz zselatint (ErbiGel Liquid (ZS)) is. Négyféle koncentráció kombinációt (KK, FF, KF, FK) alakítottam ki az ajánlott adagolás alapján, hogy ezzel vizsgálni tudjam az optimális mennyiségeket egy-egy derítőszer esetén. A cél elérése érdekében mértem a derített almalé esetén a vízzeloldható szárazanyag tartalmat, a színt (CIELab), a turbiditást, az ülepedési százalékot, a transzmittancia százalékot, az összes polifenol tartalmat, valamint az antioxidáns kapacitást. A kapott eredményekből statisztikailag összehasonlítottam az egy negatív töltésű derítőszeren belüli azonos koncentrációjú állati és növényi fehérjés mintákat, melyekből következtetéseket vontam le.

A zselatinos kombinációk esetében elmondható, hogy ülepedési térfogatuk a legmagasabbak voltak és NTU értékeik előnyösebbek. Világossági tényezőik (L^*) kiemelkedtek, b^* és a^* értékeik alapján sárgás árnyalatot vesznek fel. Kiemelkedő b^* paramétereik ellenére kizárólag a GranuBent-es kombinációik emelkedtek ki a transzmittancia mérésnél. Az antioxidáns kapacitás, illetve polifenol mérésnél változatos eredményeket adtak.

A LittoFresh növényi fehérje alacsonyabb ülepedési térfogat adott, mely nagy zavarossági értékeket okozott. Színmérés során a zselatinhoz és a kontroll mintához képest alacsonyabb világossági tényezőt és b^* értékeket vett fel. A két növényi fehérje hasonlóan viselkedett ezen vizsgálat alatt. Összességében sárgás árnyalatot vettek fel. Transzmittancia értékeik szintén csak a GranuBent-es kombinációik esetén emelkednek ki, mint a FloaClair-nél. Az antioxidáns kapacitás, illetve a polifenol mérés alkalmával a két növényi fehérje hasonlóan viselkedett, a

zselatinnál alacsonyabb értékeket vettek fel a Klar Sol, illetve a Granubent kombinációkkal, azonban a Seporit-tal jobbak voltak.

A FloaClair derítőszer két esetben (tizenkettőből) tért el szignifikánsan a LittoFresh által elért feltisztulási százaléktól, azonban az NTU értékeik nagyobb részt eltérnek egymástól, melyek magasabbak a zselatinos kombinációk értékeitől.

A komplex kiértékeléshez rangsoroltam az összes mintát az elért eredményeik alapján. Ebből azt a következtetést vontam le, hogy a KZS-KK és B1N1-KF kombinációk teljesítettek a legjobban. Láthatjuk, hogy a közepes koncentrációk alkalmazása is elégséges, nem szükséges mindkét komponensből a felső határt használni feleslegesen. Összességében a kísérletem alapján a zselatinnak egy jó alternatívája lehet a LittoFresh növényi fehérje, mint derítőszer. Az ipari alkalmazhatósága érdekében javaslom tovább kutatni a gazdaságossági vonatkozásokat.

7. IRODALOMJEGYZÉK

1. Alagöz, D., Varan, N. E., Toprak, A., Yildirim, D., Tukel, S. S., és Fernandez-Lafuente, R. (2022): Immobilization of xylanase on differently functionalized silica gel supports for orange juice clarification. *Process Biochemistry*, 113, 270-280.
2. Alvarez, S., Riera, F. A., Alvarez, R., Coca, J., Cuperus, F. P., Bouwer, S. T., és Panyor, L. (2000): A new integrated membrane process for producing clarified apple juice and apple juice aroma concentrate. *Journal of Food Engineering*, 46(2), 109-125.
3. Araya-Farias, M., Mondor, M., Lamarche, F., Tajchakavit, S., és Makhlouf, J. (2008): Clarification of apple juice by electroflotation. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 9(3), 320-327.
4. Aziz, M. B., Mouls, L., Fulcrand, H., Douieb, H., és Hajjaj, H. (2017): Phenolic compounds of Moroccan red press wines: Influence of fining agents and micro-oxygenation treatments. *LWT*, 78, 143-150.
5. Baklouti, S., Ellouze-Ghorbel, R., és Mokni, A. (2012): Clarification of pomegranate juice by ultrafiltration: study of juice quality and of the fouling mechanism. *Fruits*, 67(3), 215-225.
6. Benitez, E. I., és Lozano, J. E. (2007): Effect of gelatin on apple juice turbidity. *Latin American applied research*, 37(4), 261-266.
7. Benzie, I. 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(1), 70-76.
8. Bondonno, N. P., Bondonno, C. P., Ward, N. C., Hodgson, J. M., és Croft, K. D. (2017): The cardiovascular health benefits of apples: Whole fruit vs. isolated compounds. *Trends in Food Science & Technology*, 69, 243-256.
9. Boyer, J., és Liu, R. H. (2004): Apple phytochemicals and their health benefits. *Nutrition journal*, 3, 1-15.
10. Cassano, A., Marchio, M., és Drioli, E. (2007): Clarification of blood orange juice by ultrafiltration: analyses of operating parameters, membrane fouling and juice quality. *Desalination*, 212(1-3), 15-27.
11. Chen, H., Chen, Y., Ye, X., Liu, D., és Chen, J. (2019): Turbidity, antioxidant compounds, color, and dynamics of clarification of bayberry juice using various polysaccharide-based clarifying agents. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(7), e13980.

12. De Barros, S. T. D., Andrade, C. M. G., Mendes, E. S., és Peres, L. (2003): Study of fouling mechanism in pineapple juice clarification by ultrafiltration. *Journal of membrane Science*, 215(1-2), 213-224.
13. Dedehou, E. S., Dossou, J., Ahohuendo, B., Saidou, A., Ahanchede, A., és Soumanou, M. M. (2015): Optimization of cashew (*Anacardium occidentale* L.) apple juice's clarification process by using cassava and rice starch. *Journal of Applied Biosciences*, 95, 8989-9002.
14. Echavarría, A. P., Falguera, V., Torras, C., Berdún, C., Pagán, J., és Ibarz, A. (2012): Ultrafiltration and reverse osmosis for clarification and concentration of fruit juices at pilot plant scale. *LWT-Food Science and Technology*, 46(1), 189-195.
15. Gambuti, A., Rinaldi, A., Romano, R., Manzo, N., és Moio, L. (2016): Performance of a protein extracted from potatoes for fining of white musts. *Food Chemistry*, 190, 237-243.
16. Gaspar, L. M., Machado, A., Coutinho, R., Sousa, S., Santos, R., Xavier, A., és Simões, J. (2019): Development of potential yeast protein extracts for red wine clarification and stabilization. *Frontiers in Microbiology*, 10, 2310.
17. Gazzola, D., Vincenzi, S., Marangon, M., Pasini, G., és Curioni, A. (2017): Grape seed extract: the first protein-based fining agent endogenous to grapes. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 23(2), 215-225.
18. Gökmen, V., Artık, N., Acar, J., Kahraman, N., és Poyrazoğlu, E. (2001): Effects of various clarification treatments on patulin, phenolic compound and organic acid compositions of apple juice. *European food research and technology*, 213, 194-199.
19. Han, Y., Du, J., és Wang, Y. (2022): Effect of bentonite and calcium chloride on apple wine. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 102(1), 425-433.
20. Horváth D. (2007): Hőkezeléssel tartósított élelmiszerek előállítása. In: Barta J. (szerk.): A gyümölcsfeldolgozás technológiái. Mezőgazda Kiadó, p. 64-74.
21. Horváth-Kerkai E., Stéger-Máté M. (2012): Manufacturing fruit beverages and concentrates. In: Nirmal K. S., Jiwan, S., Barta J, Wu B. (ed.): Handbook fruits and fruit processing. Wiley-Blavkwell, Iowa, USA, 215-228.
22. Jalali, M., Jahed, E., Haddad Khodaparast, M. H., Limbo, S., és Mousavi Khaneghah, A. (2014): Evolution of bentonite and gelatin effects on clarification of variety of date fruit Kaluteh juice with response surface methodology. *International Food Research Journal*, 21(5).

23. Kang, W., Niimi, J., és Bastian, S. E. P. (2018):. Reduction of red wine astringency perception using vegetable protein fining agents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 69(1), 22-31.
24. Kara, I. T., Yücel, S., és Arici, M. (2024): Clarification of red grape juice by amine-functionalized magnesium silica aerogel. *Food Chemistry*, 140132.
25. Klimczak, I., Gliszczynska-Świgło, A. (2017): Green tea extract as an anti-browning agent for cloudy apple juice. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 97:5, 1420-1426.
26. Koyuncu, H., Kul, A. R., Çalimli, A., Yıldız, N., és Ceylan, H. (2007): Adsorption of dark compounds with bentonites in apple juice. *LWT-Food Science and Technology*, 40(3), 489-497.
27. Lambrou, T. P., Anastasiou, C. C., és Panayiotou, C. G. (2009): A nephelometric turbidity system for monitoring residential drinking water quality. In *International Conference on Sensor Applications, Experimentation and Logistics* (pp. 43-55). Springer, Berlin, Heidelberg.
28. Marchal, R., Lallement, A., Jeandet, P., és Establet, G. (2003): Clarification of Muscat musts using wheat proteins and the flotation technique. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(7), 2040-2048.
29. Markovic, I., Ilic, J., Markovic, D., Simonovic, V., és Kosanic, N. (2013): Color measurement of food products using CIE L* a* b* and RGB color space. *Journal of hygienic Engineering and Design*, 4(1), 50-53.
30. Markowski, J., Baron, A., Le Quere, J. M., & Płocharski, W. (2015): Composition of clear and cloudy juices from French and Polish apples in relation to processing technology. *LWT-Food Science and Technology*, 62(1), 813-820.
31. Mirsaeedghazi, H., Mousavi, S. M., Emam-Djomeh, Z. A. H. R. A., Rezaei, K., Aroujalian, A., és Navidbakhsh, M. (2012): Comparison between ultrafiltration and microfiltration in the clarification of pomegranate juice. *Journal of Food Process Engineering*, 35(3), 424-436.
32. Mirzaaghaei, M., Goli, S. A. H., és Fathi, M. (2017): Clarification of apple juice using activated sepiolite as a new fining clay. *Clay Minerals*, 52(4), 497-508.
33. Oszmianski, J., és Wojdylo, A. (2007): Effects of various clarification treatments on phenolic compounds and color of apple juice. *European Food Research and Technology*, 224, 755-762.

34. Oszmianski, J., Wojdylo, A., és Kolniak, J. (2011): Effect of pectinase treatment on extraction of antioxidant phenols from pomace, for the production of puree-enriched cloudy apple juices. *Food Chemistry*, 127(2), 623-631.
35. Ramezani, M., Ferrentino, G., Morozova, K., Kamrul, S. H., és Scampicchio, M. (2020): Clarification of apple juices with vegetable proteins monitored by multiple light scattering. *Journal of food science*, 85(2), 316-323.
36. Ridge, M., Sommer, S., és Dycus, D. A. (2021): Addressing enzymatic clarification challenges of Muscat grape juice. *Fermentation*, 7(3), 198.
37. Rodler I. (2005): Friss gyümölcsök. In Rodler I. (szerk): Új tápanyagtáblázat. Medicina Könyvkiadó Rt., p. 301.
38. Sharma, H. P., Patel, H., és Sharma, S. (2014): Enzymatic extraction and clarification of juice from various fruits—a review. *Trends Post Harvest Technol*, 2(1), 1-14.
39. Shirvani, A., Mirzaaghaei, M., és Goli, S. A. H. (2023): Application of natural fining agents to clarify fruit juices. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 22(6), 4190-4216.
40. Singh, R., és Singh, R. K. (2015): Role of Enzymes in Fruit juices Clarification during Processing: A review. *Int J Biol Technology*, 6, 114-124.
41. 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), 144-158.
42. Souci, S. W.; Fachmann, W.; Kraut, H. (2008): Food Composition and Nutrition Tables. MedPharm Scientific Publishers.
43. Talasila, U., Vechalapu, R. R., és Shaik, K. B. (2012): Clarification, preservation, and shelf life evaluation of cashew apple juice. *Food Science and Biotechnology*, 21, 709-714.
44. Tastan, Ö., és Baysal, T. (2017): Chitosan as a novel clarifying agent on clear apple juice production: Optimization of process conditions and changes on quality characteristics. *Food chemistry*, 237, 818-824.
45. Tulek, Y., és Yilmaz, S. (2006): Use of clarifying agents and ultra filter to decrease fumaric acid, HMF and increase clarity of apple juice. *Journal of food quality*, 29(3), 216-228.
46. Urosevic, T., Povrenovic, D., Vukosavljevic, P., Urosevic, I., és Stevanovic, S. (2017): Recent developments in microfiltration and ultrafiltration of fruit juices. *Food and Bioproducts Processing*, 106, 147-161.

47. Vardin, H., és Fenercioglu, H. (2003): Study on the development of pomegranate juice processing technology: clarification of pomegranate juice. *Food/nahrung*, 47(5), 300-303.
48. Wongmaneepratip, W., Tongkhao, K., és Vangnai, K. (2023): Effect of clarifying agent type and dose on the reduction of pyrethroid residues in apple juice. *Food Control*, 153, 109909.

Internetes forrás:

1. Bentonite 101, 2021: SCOTT LABORATORIES honlapja. Megtekintés dátuma: 2024.10.24. forrás: <https://scottlab.com/bentonite-clarification-heat-protein-stabilization>
2. Juice: A Market With Great Potential, 2017: ASIA PACIFIC FOOD INDUSTRY honlapja. Megtekintés dátuma: 2024.10.24. forrás: <https://www.apfoodonline.com/industry/juice-a-market-with-great-potential/>
3. KSH, 2020: KSH honlapja. Megtekintés dátuma: 2024.10.24. forrás: https://www.ksh.hu/stadat_files/jov/hu/jov0026.html
4. KSH, 2022: KSH honlapja. Megtekintés dátuma: 2024.10.24. forrás: https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0100.html
5. NAK, 2023: Nemzeti Agrárgazdasági Kamara honlapja. Megtekintés dátuma: 2024.10.24. forrás: <https://www.nak.hu/tajekoztatasi-szolgaltatas/mezogazdasagi-termeles/106514-az-europai-unio-almatermelese-2023-24>
6. What is Silica gel?, 2021: ReAgent honlapja. Megtekintés dátuma: 2024.10.24. forrás: <https://www.chemicals.co.uk/blog/what-is-silica-gel>