

SZAKDOLGOZAT

Horváth-Kis Katalin

2025



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Budai Campus
Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet
Élelmiszermérnöki alapképzési szak

ÉDES TEJSAVÓ FELHASZNÁLÁSA FAGYALTOKBAN

Belső konzulens: Nyulasné Dr. Zeke Ildikó
Egyetemi Adjunktus

Belső konzulens: Dr. Hidas Karina Ilona
Egyetemi Adjunktus

Készítette: Horváth-Kis Katalin

Budapest

2025

Tartalomjegyzék

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés és célkitűzések.....	3
2. Szakirodalmi áttekintés	5
2.1. A fagylalt.....	5
2.2. A fagylalt története.....	5
2.3. Fagylalt fogyasztás és termelés	6
2.4. A fagylalt típusai	7
2.5. A fagylalt szerkezete	8
2.6. A fagylalt gyártásához felhasznált alap- és adalékanyagok	9
2.7. A fagylalt gyártástechnológiája.....	11
2.8. Tejipari melléktermékek és hatásuk	12
2.9. A tejsavó.....	12
2.11. Tejsavó-előállítás.....	13
2.12. Tejsavó hasznosítása iparáganként.....	14
2.13. Tejsavó élelmiszeripari felhasználása	15
2.14. Melléktermék felhasználásával készült fagylaltok	16
2.14.1. Tejsavó alkalmazásának főbb motivációi fagylaltok összetevőjeként	16
2.14.2. Tejsavó és tejsavó fehérje-termékek fagylaltokban.....	17
2.14.4. Kihatása az elkészült termékre	18
3. Anyag és módszer	20
3.1. Felhasznált anyagok	20
3.1.1. Receptúrák kiszámolása	20
3.1.2. Fagylaltkeverékek elkészítése	21
3.2. Alkalmazott mérési módszerek	22
3.1. pH értékek mérése.....	22
3.2. Szárazanyag-tartalom mérése.....	22
3.3. Habosíthatóság vizsgálata	22
3.4. Színmérés menete.....	23
3.5. Olvadási tulajdonság vizsgálatának menete	24
3.6. Reológiai mérés menete	25
3.7. Érzékszervi minősítés menete	26
3.8. Statisztikai értékelés menete.....	26
4. Eredmények és értékelésük	27
4.1. pH mérés.....	27

4.2. Szárazanyag-tartalom mérés.....	27
4.3. Habosíthatóság vizsgálata	29
4.4. Színmérés	29
4.5. Olvadási tulajdonság vizsgálat	31
4.6. Reológiai vizsgálat	33
4.7. Érzékszervi minősítés.....	37
5. Következtetések és javaslatok	39
6. Összefoglalás.....	41
7. Köszönetnyilvánítás	43
8. Irodalomjegyzék.....	44
9. Táblázatok jegyzéke.....	47
10. Ábrák jegyzéke.....	48
11. Mellékletek	49
11. Hallgatói nyilatkozat.....	51
12. Hallgató nyilatkozata mesterséges intelligencia használatáról.....	52
13. Konzulensi nyilatkozat	54

1. Bevezetés és célkitűzések

Az élelmiszer- és italgyártás természetes velejárója az élelmiszeripari melléktermékek keletkezése. Megközelítőleg az élelmiszerhulladékok 38%-a az ételleink és italaink gyártási és feldolgozási folyamata során keletkezik. Ezen anyagokat elsősorban nem emberi fogyasztásra szánják, azonban feldolgozásukat követően alkalmassá válhatnak arra. A tejipar melléktermékeként ismert tejsavó néhány évtizeddel ezelőtt komoly problémát jelentett az élelmiszeripari üzemek számára. Különböző élelmiszerek gyártástechnológiája során - mint például a túró, sajt vagy más savanyított tejtermékek – számottevő mennyiségben keletkezik. Élelmiszerként való felhasználása nem volt elterjedt, a szennyvízzel együtt került eltávolításra, ezzel nagymértékben szennyezve és veszélyeztetve az ökoszisztémát a benne található szerves vegyületek miatt. A sajt készítéshez felhasznált tej mennyiségének 90%-a alakul tejsavóvá, míg csupán 10 %-a kerül felhasználásra a késztermék eléréséhez (Królczky et al., 2016). Így egyértelműen kijelenthető, hogy a tejsavó az élelmiszeripar egyik legnagyobb mennyiségben termelődő mellékterméke, amelynek hasznosítása kulcsfontosságú.

A tejsavó egy kiváló fehérje, ásványianyag, laktóz és vitamin tartalmú melléktermék, ezáltal a felhasználása számos területen is jövedelmező lehet. Kutatásoknak köszönhetően, napjainkban már szinte teljes mértékben hasznosítják a tejsavót. Egyre több új módszer jelenik meg és egyre nagyobb hangsúlyt kap a fenntartható alkalmazása. Példárukban, sporttáplálkozásban használatos fehérjeporokban, állati takarmányokban vagy akár fagylaltokban is megtalálhatjuk.

A szakdolgozatom témájának a tejipari melléktermékek fagylaltokban való felhasználását választottam, azon belül is a tejfeldolgozás során keletkező édes tejsavóval fogom elkészíteni a fagylaltomat. Kutatásom során megismerkedek a fagylaltok alapvető tulajdonságaival és gyártástechnológiájukkal, felmérem összetevőik hatását a késztermék minőségére. Ugyancsak szándékom megérteni és feldolgozni, miképp keletkezik a tejsavó, s szándékom feltárni innovatív alkalmazási lehetőségeit a modern élelmiszeriparban.

Dolgozatom célja, hogy megvizsgáljam, hogy az édes tejsavó felhasználása milyen hatással van a fagylaltkészítés folyamatára és az elkészült termék érzékszervi tulajdonságaira, minőségére. Munkám során elemezni szeretném a tejsavó előnyeit és helyettesítő szerepét, amivel hozzájárulhat egy költséghatékonyabb, fenntarthatóbb gyártási folyamathoz, illetve, hogy ismertessem, miként tudja csökkenteni az alkalmazott eljárás a tejsavó hulladékként való elhelyezését. Kutatásom végcélja, hogy kiválasszam a minták fizikai és technofunkciós tulajdonságai alapján, hogy milyen arányban javasolt az édes tejsavót alkalmazni a fagylalt

előállítás során, figyelembe véve, hogy a késztermék minősége megfelelő maradjon a fogyasztói elvárásoknak, s tápértékében is megállja helyét a piacon. A kutatás eredményei hozzájárulhatnak a gyakorlati élelmiszer-előállítás fejlesztéséhez a fagylaltipar terén.

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1. A fagylalt

A fagylalt egy népszerű édesség és desszert, amelyet már évszázadok óta fogyasztanak, különböző formáiban. Az idők során egyre szélesebb körben terjedt el és vált összetettebbé, mára pedig a tejipar fontos részét képezi. (Madden, 1989).

Azokat a hidegcukrászati termékeket, amelyek összetevőinek keveréke pasztörözésen, majd azt követően speciális habosítós fagyasztási eljáráson esik át, fagylaltoknak hívjuk. Ezeket a desszerteket rendszerint a fogyasztás helyszínén készítik, állaguk lágy, kenhető vagy ellenkező esetben szilárd (Csapó, 2014). A Magyar Élelmiszerkönyv 2-19. előírása (Magyar Élelmiszerkönyv Bizottság, 2002) szerint, a fagylaltok és a jégkrémek is hőkezelés, általában homogénezés, szükség szerinti érlelés és hűtött állapotban történő habosítás alkalmazásával készülnek, majd ezt követően fagyasztáson esnek át. Pépes vagy szilárd állagú élelmiszerek, amelyek fagyasztva tárolandók, illetve szállításuk, árusításuk és fogyasztásuk is ilyen állapotban történik.

2.2. A fagylalt története

A legtöbb étkezési szokás megváltozása nagy szerepet játszott a fagylalt kialakulásában, azonban a legjelentősebb pont egyértelműen a fagyasztási technikák felfedezése volt. Sokkal korábban azelőtt, hogy megalkották volna az első fagylaltot, a jég és a hó rendkívül értékesnek számított. A beszerzésük, tárolásuk és megőrzésük nehéz feladat volt, ezért gyorsan drágává és státusszimbólumokká váltak (Quinzio, 2009). A fagylaltok története nem a mai értelemben vett, tejből, cukorból, tojásból és ízesítőkből összeálló fagyos desszerttel kezdődik. Sokkal inkább egy tejmentes, lehűtött ital volt a kiindulópontja a manapság ismert fagylaltoknak. A jeges, hűtött italok fogyasztása visszanyúlik az ókori görög és római történelembe is. Úgy tartják, hogy Néro császár volt az, akinek uralkodása során a jégből készült frissítőket borral vagy mézzel ízesítették. Ahhoz, hogy ezeket az italokat elkészíthessék, szükség volt a jég és a hó biztosítására, amit a császár rabszolgái hoztak le a környező hegyekből (Weiss, 2012). Más elterjedt vélemények mongol lovasoknak tulajdonítják a kezdetleges fagylalt feltalálását, ugyanis a hosszú, téli útjaikra tejszín vittek ellátmányként és azt állati belekbe töltötték. Az út során, a vágatás miatt, a tejszín erőteljesen összerázódott, s ezzel egy időben a fagyponthoz alatti hőmérséklet hatására meg is fagyott. Az így létrejött fagyos étel fogalma a Mongol Birodalom terjeszkedésével eljutott Kínába, ahonnan állítólagosan Marco Polo terjesztette tovább egészen Olaszországig, amikor hazatért utazásaiból 1295-ben. Más elbeszélések viszont azt állítoták,

hogy a fagyaltot Olaszországból hozták Franciaországba, amikor is Catherine de Medici feleségül ment a Duc d'Orléanshoz 1533-ban. Kíséretében részt vettek olasz szakácsok, akik ismerték a fagyaltgyártás receptjét. Bár források szerint, a Marco Polo-val kapcsolatos legendák egy ideig elterjedtek, azokat az évek során megcáfolták. Az is valószínűtlen, hogy Catherine szakácsai ismerték volna, hogyan készül a fagyalt és Néró császárral kapcsolatban is csak egy bizonyított feljegyzés létezik. Így nem áll rendelkezésünkre pontos információ arról, hogy mikor és hol kezdődhetett a fagyaltkészítés története (Clarke, 2004).

Amit biztosra tudhatunk, hogy az első jelentős lépés a modern fagyalt fejlődésében annak a módszernek a kifejlesztése volt, mely során a víz vagy jég és só (vagy salétrom) kombinációját használták fel fagyasztásra. (Goff és Hartel, 2013). A sók fagyasztásra gyakorolt hatását már a 13. századi arab világban ismerték, majd ez a tudás eljutott Olaszországba, viszont ott csupán a 17. század elején készült feljegyzés a gyümölcsös, jeges kásákról. Az angol kifejezés: „ice cream” legelőször egy 1672-es dokumentumban jelent meg II. Károly udvarában. Az első nyomtatott receptek a fagyasztott vizekről és krémekről pedig az 1680-90-es években jelentek meg Nápolyban és Franciaországban (McGee, 2004).

A 20. század első évtizedeiben a fagyaltgyártás kiterjedt és termelése átalakult ipari mértékűvé. Ennek fő oka a fejlődés volt a fagyalt gyártási folyamatában és a szállításában. A mechanikai hűtés megjelenése lehetővé tette a hűtött, koncentrált sóoldat (amely jól $-0,1\text{ °C}$ alatt) használatát, mint hűtőközeg. Ezzel megnövekedett a hőátadás sebessége, így a gyártási folyamat is (Clarke, 2012).

2.3. Fagyalt fogyasztás és termelés

Rendelkezésünkre álló adatok alapján elmondható, hogy a fagyaltipar az 1900-as évekig nagyon lassan növekedett. Azonban az 1920 és 1960 közötti időszakban, amikor a fagyalt tápértékét elkezdték szélesebb körökben felismerni, rendkívül rohamos fellendülésnek indult az ipar kiterjedése (Arbuckle, 1986).

15 évvel korábban, 2010-ben a globális fagyaltgyártás 16,3 billió liter volt, amelynek 31%-a az ázsiai és csendes-óceáni térségben, 29%-a Észak-Amerikában, 20%-a Nyugat-Európában, 7%-a Kelet-Európában és 6%-a Latin-Amerikában valósult meg. Országokat tekintve az Egyesült Államok, Kína és Japán volt a három legnagyobb termelő (Goff és Hartel, 2013).

Clarke és Cox kutatásai szerint, mára a fagyaltot szinte minden országban készítik és fogyasztják. A teljes világszintű fagyalt és jégkrém gyártás 20 billió liter volt a 2022-es évben,

azaz fejenként átlagosan 2,5 litert fogyasztottak az emberek. A forrás szerint, a világ legnagyobb fagyaltféle termékeket gyártó márkái az Unilever, a Nestlé voltak, akik a teljes piac csaknem egyharmadát birtokolják. Kiskereskedemi érték szint, pedig a Häagen-Dazs és a Magnum számított piavezetőnek (Clarke és Cox, 2024).

2024-es adatok alapján, világszinten Új-Zélandon fogyasztották a legtöbb fagyaltot és jégkrémet, ugyanis 28,40 liter volt az átlagos fogyasztás fejenként. A 2024-es országokénti fagyalt fogyasztás adatait az 1. táblázat szemlélteti:

1. táblázat: Literben kifejezett országokénti fagyalt fogyasztás 2024-ben (forrás: Internetes forrás 1, 2025)

Ország	Fagyalt fogyasztás (l/fő/év)
Új-Zéland	28,4
Egyesült Államok	20,8
Ausztrália	18
Finnország	14,2
Svédország	12
Kanada	10,6
Dánia	9,8

Várhatólag, 2025-ben átlagosan világszinten 2,8 kg lesz a személyenként elfogyasztott fagyaltmennyiség és 2026-ra 2,5%-os volumen-növekedésre számíthat a fagyaltpiac (Internetes forrás 2, [N. a.]

Magyarországon a fagyaltok és jégkrém termékek szezonális áruk, főként a nyári hónapokban a legnagyobb a kereslet rájuk. Az előző év során az 1,5 liter helyett, átlagosan 5 liter fagyaltot fogyasztottak a magyar emberek fejenként, így a fagyaltfogyasztás 3,4%-kal megnövekedett (Internetes forrás 3, 2015).

2.4. A fagyalt típusai

A fagyaltokat több szempontból is kategorizálhatjuk. Elsősorban állomány szerint különülnek el: kemény fagyaltra, másnéven jégkrémre és lágy fagyaltra (fagyalt). A két élelmiszert

megkülönbözteti az, hogy miként járunk el a fagyasztást követően. A jégkrémek vonatkozásában a gyártási folyamat részét képezi még az utófagyasztás is, ami megkeményíti és szilárd állagúvá teszi a kiadagolt és csomagolt terméket. Ezzel szemben a lágy fagyaltok rögtön kiadagolásra kerülnek a fagyasztás után és konzisztenciájuk krémszerű marad (Csapó, 2014).

A Magyar Élelmiszerkönyv 2-401 számú irányelve szerint, a jégkrémek meghatározása során több termékcsoporthoz különböztet meg. A 11292011/EU rendelet alapján különbséget tehetünk tejjégkrémeket, tejes jégkrémeket, gyümölcsjégkrémeket, szorbékat, tejes gyümölcsjégkrémeket, vizes jégkrémeket és jégkrémeket. Emellett, az Élelmiszerkönyv részletezi azt is, miképp sorolhatók csoportokba a jégkrémek a fogyasztói csomagolási egység tulajdonságai és az értékesítés, illetve fogyasztás körülményei szerint. Ezen szempontok szerint elkülönítünk impulzus jégkrémeket, take home jégkrémeket és catering jégkrémeket. Az impulzus, azaz adagonként csomagolt jégkrémekeket rendszerint egy személy fogyasztja el a vásárlást követően. A take home, másnéven családi jégkrémek mennyisége több személy számára elegendő és a vásárlást általában háztartási tárolás is követi. A catering jégkrémek kifejezetten vendéglátó-ipari egységek részére gyártott, egy csomagolási egységen belül nagyobb mennyiségű termékek (Magyar Élelmiszerkönyv Bizottság, 2002).

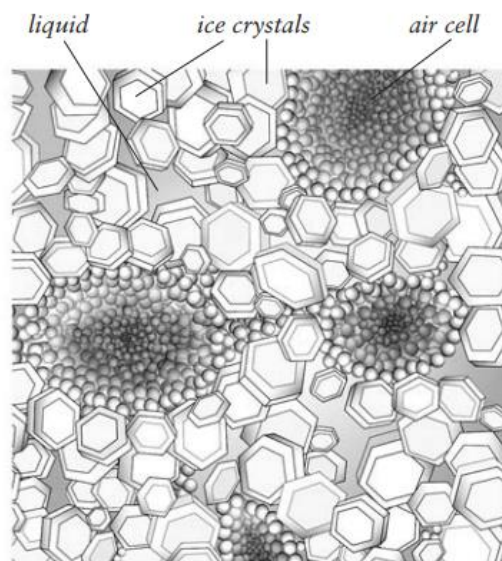
2.5. A fagyalt szerkezete

A fagyaltok fizikai struktúrája egy összetett és bonyolult fiziko-kémiai rendszer. A benne lévő levegőbuborékok egy folyamatos folyadék fázisban vannak diszpergálva, amelybe jégkristályok ágyazódnak be. A folyadék fázis mellett tartalmaz megszilárdult zsírgolyócskákat, tejfehérjéket, oldhatatlan és oldható sókat, néhány esetben laktózkristályokat, kolloidális stabilizátorokat, valamint cukrokat is. Így, a kész fagyalt termék folyadékból, levegőből és szilárd anyagokból egy háromfázisú rendszert alkot (Arbuckle, 1986).

Ennek a komplex, többfázisú hálózatnak minden összetevője funkciót tölt be és pozitívan vagy negatívan befolyásolja a fagyalt felépülését. A **stabilizálószer**ek és az **emulgeálószer**ek növelni tudják a termék viszkozitását és korlátozzák a szabad vízmolekulák mozgását, ezáltal javítják az étel textúráját. Azonban nagyobb mértékük csökkenti az olvadáspontot és a habosodási képességet. A **cukor** nem csak édes ízt kölcsönöz, de növeli a sűrűséget és a térfogatot, ugyanakkor nagy mennyiségben pépes állagot eredményezhet. A fagyalt készítése során levegő keveredik bele a szerkezetbe, így keletkezik az „overrun”. A **levegőtartalom** növeli a térfogatot, viszont túlzott bejutása a szerkezet zsugorodásához vezet. Tehát a fagyalt

minőségét befolyásolja a bekevert levegő mennyisége, amit célszerű egyenletes levegőadagolással szabályozni (Qamar et al., 2018). A **zsír** fontos szerepet játszik a desszert egységének stabilizálásában, ugyanis a részben aggregálódott zsírcseppek felelősek a szerkezeti szilárdságért, a hab fázis és a levegő buborékok stabilitásáért. Emellett, a zsír és annak destabilizálódása jelentős hatással van a fagyalt oladási tulajdonságaira, oladásának megakadályozására. A fagyaltok szerkezeti felépítését az 1. ábra szemlélteti.

1. ábra: Fagyalt mikroszkopikus szerkezete (McGee, 2003)



2.6. A fagyalt gyártásához felhasznált alap- és adalékanyagok

A fagyaltok és jégkrémek összetevőit három különböző csoportba tudjuk sorolni. Felépítik őket fő alapanyagok, ilyen a tejfehérje, a cukor, zsír és víz. Ezek a nyersanyagok nagy mennyiségben legalább néhány tömegszázalékban fordulnak elő. A fagyaltok fő alkotóelemei mellett tartalmaznak járulékos anyagokat, illetve egyéb komponenseket is. A mellék vagy járulékos összetevők közé tartoznak az emulgeálószer, stabilizátorok, színezékek és ízesítők, amelyek kevesebb, mint 1 tömegszázalékban vannak jelen. Egyéb komponensnek tekinthető az összes fűszer (vanília, fahéj, menta), magvak, csokoládé, kávé, gyümölcsdarabok és a szeszesitalok is, amelyek zamatosítják a készterméket (Clarke, 2012).

A fagyalt alapját képező vízben a többi összetevő emulzió, kolloidoldat vagy valódi oldat formájában szerepel. A valódi oldatot alkotják az oldható tejfehérjék, a cukor, a vízben oldódó vitaminok, ásványi sók és a tejcukor. A kolloidoldat a kazeint és a hozzáadott stabilizátorokat tartalmazza. A zsír az emulgeálószer hasznosulása által apró zsírgolyócskákba rendeződve, emulziós formában található meg a fagyalt mixtúrában.

A fagylalkészítés során a gyárak leggyakrabban tejszírt használnak **zsír**forrásként: sűrített tej, tejszín vagy friss tej formájában kerül bele a fagylaltokba. Más esetekben vaját, vízmentes tejszírt vagy növényi zsiradékot is használatos alkalmazni, mint zsírforrás. A fagylaltokban lévő tej zsírmentes szárazanyag-tartalmát egy adott szintre állítják be, amihez tejet, sűrített tejet, tejport vagy esetenként savó- vagy íróport használnak fel (Csapó, 2014). A zsírok olvadási és kristályosodási tulajdonságai különösen fontosak a fagylaltgyártás folyamatában, de ezek a tulajdonságok módosíthatóak kémiai, fizikai vagy enzimatisz módszerekkel. A növényi olajokat kizárólag a tejmentes fagylalkészítményekhez használják fel, míg a tejszínt, vaját és vízmentes tejszírt mind a tejet tartalmazó fagylaltokhoz alkalmazzák.

A **szénhidrátok** megannyi szerepet töltenek be a késztermékben. A szacharóz, a glükóz vagy ritkább esetekben a dextróz édesítő hatásával ellensúlyozza a zsírtartalmat és a zsíros ízt. Emellett vízmolekulákat kötnek meg, így javítva a viszkozitást. A szacharóz vagy a dextróz, mint kis molekulatömegű cukrok, szabályozni tudják a jégkristályképződés mennyiségét, ami kulcsfontosságú a termék habszerkezetének stabilitása szempontjából a tárolás során. Abban az esetben, ha a cukrokat helyettesíteni szeretnénk, rendelkezésre állnak különféle glükózsirupok, köztük magas fruktóztartalmú maltodextrinek és kukoricaszirupok is (Madden, 1989).

A fagylaltokban felhasznált tej **fehérjéi** három fontos funkcióval járulnak hozzá a szerkezethez. Homogenizálás során emulgeálják a zsírfázist, így stabil emulzió keletkezhet a fagylalt mixtúrában. Továbbá, az érlelési folyamat során kölcsönhatásba lépnek az emulgeáló szerekkel, csökkentik az adszorbeált fehérjeszintet: Ennek hatására a felvert és fagyasztott fagylalt belsejében a zsíremulzió részlegesen egyesül, amely egy kívánatos zsírszerkezetet eredményez. A fagylalt habosítása közben, a szérumfázisban jelen lévő fehérjék hozzájárulnak a kisebb és stabilabb levegőbuborékok fenntartásához is. Mindemellett, a nem abszorbeált fehérjék növelni tudják a keverék viszkozitását, főként a kriokoncentrációt követően, ami egy előnyösebb textúrát és állagot eredményez az elkészült desszertnek. A fagylaltipar számára számos fehérjealapú összetevő áll rendelkezésre. A tejfehérjék pótolhatóak tej-szárazanyagokkal, esetleg kazein- vagy tejsavófehérje alapú összetevőkkel is (Goff, 2016).

A **stabilizátorok** olyan összetevők, amelyek bár kis mennyiségben vannak jelen a fagylaltokban, mégis fontos funkciókat látnak el. Használatuknak az elsődleges célja, hogy sima állagot és textúrát biztosítsanak a fagylaltoknak. Hozzájárulnak a jég- és laktózkristályok növekedésének lassításához, különösen azokban az esetekben, ha hőmérséklet-ingadozás tapasztalható. Ezenfelül, a stabilizátorok alkalmazása segít megakadályozni a termék

térfogatcsökkenését tárolás során, növeli a keverék viszkozitását és lassítja a nedvesség vándorlását a termékről a csomagolásra vagy levegőbe (Bahramparvar és Mazaheri Tehrani, 2011). A poliszacharidokat, mint például a guar gumit és a szentjánoskenyér mag-gumit gyakran használják stabilizátorként. Azonban ezeknek a gumiknak a növekvő kereslete ellátási hiányokhoz és jelentős áringadozásokhoz vezetett az elmúlt években (Li et al., 2025).

Az **emulgeálószer**ek képesek arra, hogy csökkentsék a felületi feszültséget két, egymással nem elegyedő fázis határfelületén, így azok keveredhetnek és emulzió alakulhat ki. Ezáltal tudják javítani a fagyaltok tulajdonságait. Növelik a habosodási képességet, így csökkentve a folyamat időtartalmát, fokozzák a térfogatnövekedést és a szilárdságot. Emellett, hozzájárulnak az olvadás megakadályozásához, sima textúrát és enyhén zsíros érzetet biztosítanak. A fagyaltkeverékeket megfelelően homogenizálni kell ahhoz, hogy maximálisan kifejtsék hatásukat. Túlzott emulgeálás esetén túroszerű olvadás és térfogatcsökkenés következhet be (Baer et al., 1997). A legszélesebb körben használt emulgeálószer a zsírsavak mono- és digliceridjei, amelyeket E471-es kóddal jelölnek, az európai jogszabályok miatt. Manapság a fogyasztók egyre inkább igénylik az „E-mentes” termékeket, ennek hatására a fagyaltiparban is számos alternatíva jelent meg az emulgeálószer helyettesítésére (Loffredi et al., 2021).

2.7. A fagyalt gyártástechnológiája

A legtöbb élelmiszer egyetlen, zsír-, vagy vízalapú fázisból, esetleg egy egyszerű emulzióból tevődik össze. A fagyaltok ezzel szemben 3 fázisból állnak: egy folyékony, egy kristályos és egy gáz fázis alkotja. Így az ilyen fagyasztott desszertek gyártása szorosan összefonódik ezeknek a fázisoknak a kezelésével. Ha a feldolgozás során nem biztosítjuk ezek helyes egyensúlyát, később számos problémába ütközhetünk szállítás, tárolás élvezeti értéke sem lesz megfelelő (Mohan et al., 2014).

A fagyalt és jégkrémgyártás folyamata a receptúrának megfelelő hozzávalók pontos kimérésével kezdődik, amelyeket később összekevernek. Ezt követően a keverék pasztörözésen és pihentetésen esik át, ezek célja, hogy a termékekhez alkalmas emulzió alakuljon ki. A gyártási folyamat következő lépése a fagyasztás és a habosítás, amit a fagyaltoknál és a jégkrémeknél más-más módon hajtanak végre. A jégkrémek habosítása során levegőt vezetnek be a rendszerbe, a fagyaltoknál viszont erős keveréssel érik el a habos állományt. Ennek köszönhetően a két terméknek különböző struktúra jön létre. Végezetül a termékek megkeményítése a cél, amit a fagyaltok esetében -18°C -on, a jégkrémeknél pedig -30°C -on történő utóhűtéssel érik el. A folyamat befejeztével a desszertek fennmaradó víztartalma is

kifagy a rendszerből. A késztermékünk egy tömör, kemény jégkrém és egy lágy, selymes fagyalt lesz (Zeke, 2015).

2.8. Tejipari melléktermékek és hatásuk

Mellékterméknek nevezzük mindazon anyagokat, amelyek előállítása nem elsődleges gyártási cél, csupán egy más termék vagy anyag előállítása révén létrejött hulladékok, melyeknek nincs saját gazdasági értékük. A melléktermékek keletkezése, mint sok más iparágban, úgy az élelmiszeriparban is jelentős és több területén is komoly problémákat von maga után. A tejipar sincs ezzel másképp, ugyanis a feldolgozás során lényeges mennyiségű író, savó és soványtej keletkezik. Ezek a melléktermékek a tejipar más-más területén jönnek létre. Az író a vajgyártás, az édes savó a sajtgyártás, a savanyú savó pedig a túrógyártás járulékos terméke (Pénzes, 2023).

Az élelmiszeripar napjainkban is alacsony nyereségességgel működik és ezt a helyzetet ronthatja a hulladék feldolgozásának többletköltsége. Ezáltal nagy igény mutatkozik olyan megoldásokra, amelyek mérsékelhetik a hulladékkezelés többletköltségeit és az emberi egészségre gyakorolt hatásuk is alacsony. A melléktermékek hatékony felhasználása nagymértékben befolyásolhatja az adott ország gazdaságát és környezetszennyezését, így hát az élelmiszeripar szereplőinek törekedniük kell ezen anyagok innovatív hasznosítására (Bharat Helkar et al., 2016).

A melléktermékek felhasználásának elmulasztása nem csak veszteséget generál, de hozzájárul a szennyvíz mennyiségének növeléséhez és ahhoz is, hogy azt nehezebben lehet megtisztítani. A tejsavó és más melléktermékek hasznosítása az emberi táplálkozáshoz és az állati takarmányozáshoz is hozzájárulhat (Csapó, 2014). Ugyanis a melléktermékekben potenciálisan előfordulhatnak poliszacharidok, fehérjék, szírok, rostok, ízanyagok, fitokemikáliák és bioaktív vegyületek, amelyek kedvezhetnek egészségünknek (Bharat Helkar et al., 2016).

2.9. A tejsavó

A savó a tejből származó melléktermék, amely a sajtgyártás és a kazein előállítás során marad vissza. Oltóenzim vagy más sav hatására a kazein alvadni kezd és a tejből kiválik az úgynevezett kazein „túró”, amely mellett a fennmaradó vizes híg folyadékot tejsavónak nevezzük. Sárgászöld színű, olykor kékes árnyalatú is lehet, ami a tej minőségétől és típusától is függ. A tejsavó létrejöhet bármely tejfajtából, legyen az tehéntej, kecske-, vagy juhtej (Smithers, 2008). Ennek a híg állagú folyadéknak körülbelül 6% az összes szárazanyag tartalma és a tej 85-95 %-át teszi ki. A tejsavó a tej alkotóelemeinek 55 %-át foglalja magában és tartalmaz laktózt, zsírt, ásványi anyagokat, különböző fehérjéket (köztük tejsavófehérjéket is)

és vitaminokat egyaránt. A savóban jellemzően előforduló fehérjék, azaz a tejsavófehérjék a β -laktoglobulin, alfa-laktalbumin, laktoferrin, glikomakropeptid (röviden GMP) és szarvasmarha szérumalbumin (röviden BSA). Ezeknek a makromolekuláknak köszönhetően lesz a tejsavó értékes nyersanyag, hiszen a savófehérjék rendelkeznek a legmagasabb tápértékkel más, élelmiszerekben fellelhető fehérjékhez képest (Mucsi, 2016).

Körülbelül 3000 évvel ezelőtt fedezték fel a savó létezését, mikor is a borjak gyomrát tej tárolására és szállítására használták, s a benne található kimozin hatására a tej megalvad. A 17. és 18. században gyógyászati szerként volt nagy szerepe, azonban attól eltekintve elsősorban hulladéknak tekintette az ipar (Smithers, 2008).

Számos olyan kutatásnak köszönhetően, amelyek a tejsavó tápértékének fontosságáról szólnak, napjainkban már elfogadott, hogy potenciális nyersanyaga lehet az értéknövelt élelmiszereknek és a bioaktív anyagoknak (Macwan et al., 2016).

Az élelmiszeripar által keletkezett szennyvizek nagy hányada a tejsavónak köszönhető, amely nem csak a termelő üzem számára okoz egy nagyobb anyagmérleg-hiányt, de a környezet számára is káros. Ugyanis a savó tartalmú szennyvizek tisztítása nem kivitelezhető az általánosan alkalmazott szennyvízkezelési és tisztítási módszerekkel (Hodúr, 2013). A helyzetet súlyosbítja a tény, miszerint a 2020-ban világszinten megtermelt 160 tonna savónak csupán a fele került felhasználásra a takarmányozásban vagy az élelmiszeriparban, a fennmaradó savóból hulladékanyag lett (Vida, 2024).

A tejsavó 2 típusba sorolható, a kazein koagulációjának módja szerint. Az édes savó pH értéke 6,0-6,5 közötti. Akkor keletkezik, amikor a tejet oltóenzimmal alvasztjuk és az felelős a kazein kicsapódásáért. Ezzel szemben a savanyú savó pH értéke megközelítőleg 4,5. Ez annak köszönhető, hogy a savanyú tejsavó szerves vagy ásványi savak hozzáadásával jön létre, illetve, amikor a laktóz tejsavvá alakítását tejsavbaktériumok végzik (Fischer és Kleinschmidt, 2015). Ennek alapján, édes savó mellékterméke lehet a Cheddar vagy Gouda sajtoknak, amelyek oltós alvasztással készülnek, míg a savanyú tejsavó savas kicsapású sajtok készítése során, túróból vagy görög joghurtból származó melléktermék (Risner et al., 2019).

2.11. Tejsavó-előállítás

Rendszerint 1 kilogramm sajt gyártása során 9 liter savó keletkezik, melynek jelentős részét tejsavóporrá dolgozzák fel, kisebb hányadából pedig különböző termékeket állítanak elő. A folyékony tejsavóból készülhet laktóz- vagy ásványianyag-mentes tejsavó, az előbbit édes szörp gyártáshoz és erjesztés előidézéséhez használja az ipar, míg az utóbbi csecsemők

táplálására jellemző. Emellett, híg tejsavóból, szűréssel juthatunk hozzá a savófehérje-koncentrátumokhoz (WPC) és a savófehérje-kivonatokhoz (WPI) is, amelyek rendkívül magas fehérje-tartalmuknak köszönhetően ehető fehérjeként szolgálnak. Ezeket a termékeket ultra-, mikro- vagy nanoszűréssel, esetleg fordított ozmózis módszerével nyerheti ki az ipar. Kondenzálással vagy szárítással por formájában is találkozhatunk a tejsavóval, amely főként állatok takarmányozására és élelmiszerek előállítására használatos (Çelik és Yüskel, 2016).

A sajtgyártás, majd a tejsavó előállítás során számos tényező befolyásolja a melléktermék minőségét, kezdve a felhasznált tej fejésének és tárolásának módjától. Hatást gyakorol még rá a hűtés és a pasztörözés, hiszen a mikrobiológiailag kifogásolhatatlan termékhez megfelelő hőkezelés és minél hamarabbi 5 °C alá hűtés szükséges. Minőségi előírása a tejsavópornak, hogy fehérjetartalma legalább 11 %-os, nedvességtartalma legfeljebb 4,5 %-os, laktóztartalma legalább 65 %-os, nem fordulhat elő benne szennyező részecske és színe fehér vagy csontszínű. A tejsavópor előállításának kritikus pontja a szárítás, ugyanis fontos, hogy a porok feloldása könnyű legyen. Ennek érdekében rendszerint permetezéssel szárítást alkalmaznak a tejsavóporok előállításánál, amely A vagy B-osztályú savóport eredményezhet, más-más oldhatósággal. Csomagolásuk során a savóporokat nem szabad kitenni magas páratartalomnak, fénynek és levegőnek sem, hogy a bennük lévő kristályos laktóz ne tudja megkötni a vizet, s így a termék ne álljon össze egy sűrű rendszeré. A legjellemzőbb csomagolóanyagok műanyagból készült dobozok, viasszal, alumíniummal vagy polietilénnel burkolt zacskók, esetleg konzervek, amelyek lehetnek módosított légtérűek, vákuumosak vagy anélküliek is (Mucsi, 2016).

2.12. Tejsavó hasznosítása iparáganként

A **gyógyászati ipar** is elsősorattal használja a tejből származó mellékterméket. Biológiai összetevői, beleértve a laktoferrint, a béta-laktoglobulint, az alfa-laktoalbumint és az immunglobulinokat, számos immunerősítő tulajdonságot mutatnak. Ezenkívül, a tejsavó bizonyítottan antioxidáns, vérnyomáscsökkentő, daganatellenes, antibakteriális és lipidcsökkentő szerként képes hatni. Számos klinikai vizsgálat ért el sikeres végeredményt a tejsavó alkalmazásával a rák, a HIV, a hepatitis-B, a szív- és érrendszeri betegségek és a csontritkulás kezelésében (Marshall, 2004).

Növények termesztésében is használatos a tejsavó. Az egységnyi területre jutó termelékenység növelése érdekében savófehérje-koncentrátumot használnak, mint környezetbarát növénytakarmányozási modellt (Karipçin és Al Benni, 2025). Emellett, biológiailag lebomló,

környezetkímélő hidrogél készítéséhez is alkalmas, amely cellulózszármazékokból, politejsav és savanyú savó keverékéből áll és alkalmas fenntartható mezőgazdasági alkalmazásokhoz (Durpekova et al., 2022).

A **szépségipar** számára is előnyös a tej melléktermékeinek hasznosítása. Tejsavóval kinyerhető peptidek és fehérjehidrolizátumok felhasználása a kozmetikumokban leggyakrabban öregedésgátló formulát eredményez, de gyakran előfordulnak antibakteriális vagy terápiás készítményekben is (Prokopowicz és Rózycki, 2017). A tejsavó jótékony és megelőző hatással bír a fejbőr betegségei ellen, ha azt hajsampon összetevőként alkalmazzák.

A tejsavó nagy mennyiségben tartalmaz szerves anyagokat és alacsony a pufferkapacitása, így megfelelő, alternatív forrása lehet az a **megújuló energiatermelésnek**. A tejsavó energetikai hasznosítása oxigén hiányában gyors savképződést és csekély biogáz előállítást generál, viszont, ha más termékeny biomasszákkal és szerves hulladékokkal keverjük össze, a hatékonysága megnő. Szemléltetésképp, a sajt savó és egy sertéstelep szennyvizének együttes degradációja jelentős energetikai potenciált eredményezett (Zandona et al., 2021).

2.13. Tejsavó élelmiszeripari felhasználása

A tejsavótermékek használata a **sportételek és tápszerek** összetevőiként a legjelentősebb az élelmiszeriparban. A sporttáplálkozásban leggyakrabban alkalmazott tejsavótermékek közé tartozik az édes szárított tejsavó, a különböző fehérjekoncentrációjú (WPC34, WPC50, WPC80) tejsavófehérje-koncentrátumok és a több, mint 80% fehérjét tartalmazó tejsavófehérje-izolátumok. Ezen termékek használata bizonyítottan számos előnnyel járhat a sportolók számára (Cribb, 2005). A savóban található fehérjéket tartják a legértékesebb fehérjéknek, mivel ezek tartalmazzák a legtöbb elágazó láncú aminosavat (BCAA) és jól kiegyensúlyozott arányban rendelkeznek esszenciális aminosavakkal. Az atléták számára kiemelten fontos a leucin, izoleucin és a valin koncentrációja az intenzív izommunkavégzés során, ugyanis, más aminosavakkal ellentétben, ezek közvetlenül felhasználódnak a szövetépítésben a tréning során (Stijepić et al., 2023). Többnyire edzés előtti italokban, étkezéshelyettesítőkből, tömegnövelő termékekben találkozhatunk tejsavó termékekkel, de akár házi készítésű sütemények vagy shake-ek fehérjealapjaként is szolgálhatnak (Cribb, 2005).

A **pékárúk** előállításához is széles körben használatosak a tejsavó termékek, mint zsiradék helyettesítők, emulgeálószeresek vagy ízfokozók. A tejsavó alkalmazása pékárúkban főként 3 okból történhet:

- a víz teljes vagy részleges helyettesítése céljából

- a tejpor teljes vagy részleges helyettesítése céljából
- a tojás helyettesítése céljából

Amikor tejsavót kívánunk használni tojások helyett, főként a tojásfehérje albuminját szeretnénk helyettesíteni, hogy csökkentsük az anyagkötségeket, s eközben a mikrobiológiai stabilitását is növeljük a terméknek (Paul et al., 2022). A WPC 80 tejsavófehérje-koncentrátum kiválóan tudja helyettesíteni a tojást kekszekben, száraz süteményekben, s a tojást víztartalmát pótló folyadékot akkor adják a keverékhez, amikor a recept szerint a tojást kellene hozzáadni (Stoliar, 2009). Emellett, a savó helyettesítő szerepe a habcsókok vagy piskóták esetén stabil habzást és felferést biztosíthat, hozzájárulhat a péksütemények pirulásához és kérgesedéséhez is (Paul et al., 2022).

Egy másik jelentős felhasználási területe a tejsavónak a **csecsemőtápszerek** előállítására. Ha szoptatás nem lehetséges, az elsődleges cél, olyan tápszerekkel helyettesíteni a tejet, amelyek tápanyagösszetétele a leginkább hasonlít az anyatejéhez. A tejsavófehérje alapú anyagokat gyakran használják csecsemőtáplálék összetevőiként, hogy kihasználják kiváló funkcionális tulajdonságaikat, mint például jó emulgeáló képességüket (de Figueiredo Furtado et al., 2021).

A savó jó alapanyaga lehet az alkoholos italoknak, ugyanis szárazanyag tartalma 70 %-ban laktózból áll. A savóból készült italokat kategorizálhatjuk tejsavós sörök, tejsavós borok és alacsony alkoholtartalmú ($\leq 1,5\%$) tejsavóitalok csoportjára (Macwan et al., 2016)

A húsipar jellemzően édes tejsavóport, tejsavófehérje-koncentrátumokat, tejsavófehérje-izolátumokat, csökkentett laktóztartalmú tejsavót és demineralizált tejsavót vagy laktózt is alkalmaz a húsaruk gyártása során. Ezeket a tejsavó termékeket főként aprított termékekben, mint például virslik, kolbászok, húskonzervek gyártásához használja fel az ipar. A tejsavó nem csak javítani. Ezenkívül, a félkész húskészítmények bevonására és ehető kolbászból előállítására is használják (Królczyk et al., 2016).

A tejsavó élelmiszeripari hasznosítása kiterjed többek között az alkoholmentes italok, túrók, sajtok, joghurtok, mártások és öntetek, majonéz, tejszín és fagylaltok körére is (Mucsi, 2016).

2.14. Melléktermék felhasználásával készült fagylaltok

2.14.1. Tejsavó alkalmazásának főbb motivációi fagylaltok összetevőjeként

A melléktermékek, mint például a tejsavó egyre nagyobb figyelmet kap, mint fagylalt alapanyag. A tejsavó megfelelő ártalmatlanítása és további felhasználása fagylaltokban megalapozott, ugyanis szervesanyag-tartalma végett súlyos környezetvédelmi problémákat

okozhat. A melléktermékes fagylaltok gyártásának egyéb fő hajtóerejei a költséghatékonyság, a minőségjavítás és a táplálkozási érték növelése, amelyek tejsavó hozzáadásával könnyedén elérhetőek. A tejsavó olcsó és elérhetősege egyre nagyobb, így a drágább alapanyagok alternatívájaként hozzájárul a költségek csökkentéséhez (Barros et al., 2022).

Napjainkban, a fogyasztók vásárlási döntéseit befolyásolják olyan tényezők is, mint hogy melyik terméknek milyen magas a zsírtartalma, nagyobb figyelmet fordítanak a csökkentett vagy alacsony zsírtartalmú élelmiszerek felé. A fagylalt tipikusan 10-16% zsírt tartalmaz, így az elmúlt években a tejipar számos olyan fagylalttermék fejlesztését dolgozta ki, amelyek kevesebb zsírt tartalmaznak. Azonban, a zsír csökkentése a desszertek textúráját és testességét negatívan befolyásolja, a termék sokkal könnyebben válik jeges, durva, kásás állagúvá és ízhibák is mutatkozhatnak benne. Annak érdekében, hogy a fagylaltok zsírtartalma kisebb maradjon és érzékszervi tulajdonságaik is kedvezőek legyenek, a gyártók a tejszírpótlókat alkalmazzák. A tejsavófehérje alapú zsírpótlók jól ismert összetevői a csökkentett zsírtartalmú fagylaltoknak, ugyanis képesek a zsírgolyócskákhoz hasonlóan viselkedni az élelmiszerekben (Akalin et al., 2008).

2.14.2. Tejsavó és tejsavó fehérje-termékek fagylaltokban

A tejsavó és a különböző tejsavófehérje-termékek beépítése a fagylaltok és fagyasztott tejdesszertek receptúráiba már évtizedek óta sikeresnek bizonyult. Az első tejsavó termék, amelyet fagylaltokhoz alkalmaztak a tejsavópor volt, mint gazdaságosabb variáció. A megfelelően kiválasztott tejsavó termék optimális mennyiségben való alkalmazása minőségibb készterméket eredményezhet, mind íz, textúra és oladási stabilitás szempontjából, miközben növeli a tápértéket és csökkenti az előállítás költségeit. Az iparban leggyakrabban felhasznált tejsavó termékek a következők:

- édes tejsavó
- savanyú tejsavó
- laktóz-csökkentett tejsavó
- ásványi anyagoktól mentesített tejsavó
- tejsavófehérje-koncentrátumok (WPC) 34-98% fehérjetartalommal
- tejsavófehérje-izolátumok (WPI) 90% vagy nagyobb fehérjetartalommal
- egyéb előre kevert formulák és speciálisan összeállított savó termékek

Ezen savó termékek összetétele nagy mértékben változhat a beszállító, tisztítási folyamat és az előállítás alapját képező sajt fajta függvényében (Young, 2007).

12.14.4. Kihatása az elkészült termékre

Vízkötés: a tejsavófehérjék nagy mennyiségű vizet kötnek meg mind fizikai, mind kémiai módon, így növelve a termék viszkozitását. Használatuk korlátozza a víz-jég-víz átalakulást, így a fagyalt szerkezetében könnyebben fennmaradnak a kisméretű jégkristályok, a termék ellenállóbb lesz a hőhatásokkal szemben és megőrzi krémességét.

Íz: míg a tejsavófehérje-koncentrátumoknak vagy izolátumoknak nincs érzékelhető ízprofiljuk, használatuk során csak enyhe tejes, édes ízt adnak a terméknek, addig az édes tejsavó nagy mennyiségű alkalmazása erős „tejsavó ízt” tud okozni. Ennek elkerülése érdekében, szerves savak (citromsav, almasav) adagolhatók a termékhez vagy az édes tejsavó mennyiségét kell moderálni.

Habképzés: a savófehérjék közvetlenül befolyásolják a zsírok összetapadását, így habosító tulajdonságuk hozzájárul a kívánt teljesítményhez a fagyasztás során, fokozza a levegő beépülését a szerkezetbe, emellett segít megelőzni a zsugorodás bekövetkeztét (Qamar et al., 2018).

Emulgeálás: a tejsavó termékeket fel lehet használni kiváló emulgeáló tulajdonságaik miatt is, helyettesítve a kémiai emulgeálószeret teljesen vagy csupán részlegesen. A homogenizáció során, a fehérjék kölcsönhatásba lépnek az olaj-víz határfelületen, csökkentve a felületi feszültséget és stabilizálva a zsíremulziót. A fagyasztás során a zsír szabályozásában játszanak szerepet, hiszen serkentik a zsírok részleges egyesülését, megelőzik a destabilizációt (Ruger et al., 2002).

Viszkozitás: a tejsavót tartalmazó desszertek viszkozitása, így krémessége, simasága is jobb. Denaturált állapotukban, a tejsavófehérjék reakcióba lépnek egymással és a kazein micellákkal is, létrehozva egy fehérjehálót, ami a fagyaltkeverék viszkozitásának növekedéséhez vezet. Ahogy nő a viszkozitás, úgy javul a hőhatásokkal szembeni ellenállás és a textúra is (Danesh et al., 2017).

Vizuális megjelenés: A fagyaltmix típusától függően, a tejsavótermékek használata fehérséget vagy tejes színt adhat a késztermékhez, ha az megfelelő mennyiségben van adagolva. Emellett, segítik a szerkezet és a késztermék formájának megőrzését és fenntartását.

Tömegnövelés: Egyes esetekben a tejsavót alacsony költségű, szilárd tömegnövelő összetevőként is alkalmazzák, ha valamilyen más, eltávolított komponens tömegének pótlása a

cél. Többek között, a csökkentett zsírtartalmú desszertekből kivont zsír tömegének helyettesítésére is szolgál a tejsavó.

Tápérték: a tejsavó alapú fagylaltok ár-érték aránya kedvező, hiszen kevés olyan alapanyag van, ami akkora mennyiségű és minőségű tápanyagot ad, mint a tejsavó. A magas biológiai értékű fehérjéin keresztül, egészen a kalciumtartalmáig rendkívül előnyös a használata. Hozzáadott érték, ha csökkentett vagy alacsony zsírtartalmú fagylaltokban hasznosítják, hiszen a savó pótolja a zsírokat (Young, 2007).

3. Anyag és módszer

3.1. Felhasznált anyagok

Kutatásom során édes tejsavó felhasználásával készítettem 6 különböző összetételű fagyaltot, amelyekben más-más volt a savó és a tej aránya, illetve ezen hozzávalók függvényében változott a többi felhasznált alkotóelem mennyisége. A fagyaltkeverékeket a következő összetevőkből készítettem el: édes tejsavó (Alföldi tej; pH: 6,43; savfok: 4; szárazanyag-tartalom: 5,74; zsírtartalom: >0,05%; fehérjetartalom: 1,7%) tej (Mizo UHT tej, 3,5% zsírtartalom, Sole.Mizo Zrt., Szeged, Magyarország), tejszín (30% zsírtartalom, Parmalat Chef UHT, Lactalis Kft., Zágráb, Horvátország), dextróz (m-GEL Hungary Kft., Budapest, Magyarország), tejfehérje-izolátum 85% (Sole-Mizo Kft., Csorna, Magyarország), cukor (Koronás Cukor, AGRANA Sales&Marketing GmbH, Ausztria, Bécs) guar-gumi (m-GEL Hungary Kft., Budapest, Magyarország)

3.1.1. Receptúrák kiszámolása

A tejsavó felhasználásának szerepe a tej helyettesítése volt, különböző arányokban. Az édes tejsavó és a tej a következő arányokban került felhasználásra a fagyaltokban:

1. fagyaltmix: 0 % édes tejsavó, 100 % tej
2. fagyaltmix: 20 % édes tejsavó, 80 % tej
3. fagyaltmix: 40 % édes tejsavó, 60 % tej
4. fagyaltmix: 60 % édes tejsavó, 40 % tej
5. fagyaltmix: 80 % édes tejsavó, 20 % tej
6. fagyaltmix: 100 % édes tejsavó, 0 % tej

Az összetevők arányának meghatározását úgy végeztem el, hogy a keverék 8,5-9,5 g/100 g zsírt, 2,1-2,2 g/100 g fehérjét, 20-22 g/100 g szénhidrátot tartalmazzon és a felhasznált guar-gumi mennyisége valamennyi recept esetében egységesen 0,3 g/ 100 g legyen. Emellett figyeltem arra, hogy a számított szárazanyag-tartalmuk 30-35 g/100 g közé essen. A receptúrákat eredetileg 100 g késztermékre számítottam ki, azonban a kísérletekhez mindegyik fagyaltkeverékből 500 g-ot állítottam elő. Ennek megfelelően az összetevők mennyiségei az 500 g-hoz arányosan kerültek kimérésre. Vanília aroma 500 g fagyaltkeverékhez 0,5 g mennyiségben került felhasználásra, ami 100 g-ra vetítve 0,1 g-nak felel meg. A fagyaltok 100 g késztermékre vonatkoztatott receptúráit a 3. táblázat tartalmazza.

2. táblázat: összetevők mennyisége 6 különböző fagylaltmix receptúrájában (g/100 g késztermék) (forrás: saját szerkesztés):

Hozzávalók	Tejsavó mennyisége					
	0%	20%	40%	60%	80%	100%
édes tejsavó	0	11,14	22,28	33,42	44,56	55,7
tej	55,5	46,56	33,42	22,28	11,14	0
tejszín	25	25,0	26,2	27	28,4	18,7
tejfehérje-izolátum	0	0,1	0,2	0,4	0,6	0,74
cukor	12,8	11,2	11,8	11,1	11	10,7
dextróz	6,4	5,6	5,9	5,55	5,5	5,35
guar-gumi	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
vanília aroma	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

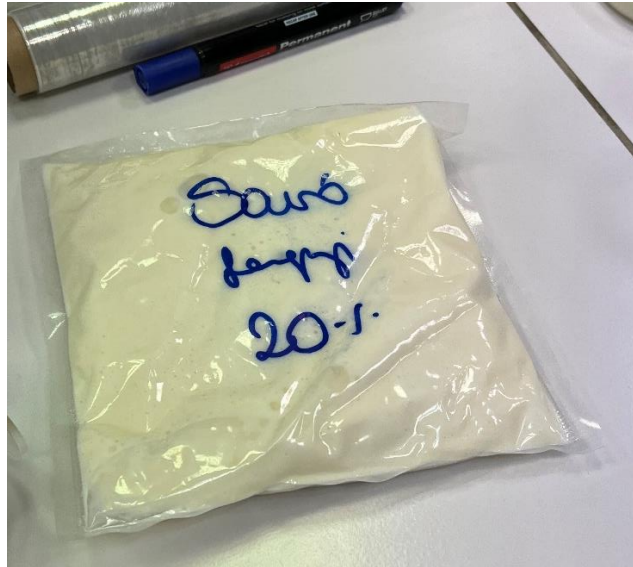
* a tejsavómennyisége azt jelenti, hogy a receptben a tejet hány százalékban helyettesítettem édes tejsavóval

3.1.2. Fagylaltkeverékek elkészítése

A fagylaltok elkészítését azzal kezdtem, hogy táramérleg segítségével kimértem az első fagylaltmix cukor, dextróz, guar-gumi és vaníliás cukor tartalmát egy 500 ml nagyságú főzőpohárba. Külön főzőpohárba (1000 ml) öntve, ismét táramérlegben kimértem az édes tejsavót, majd az UHT tejet és a tejszínt is. A folyékony összetevőket 70°C-ra melegítettem mikrohullámú sütőben. Amikor a főzőpohár tartalma elérte a megfelelő hőmérsékletet, a kimért, por alapú hozzávalókat összeöntöttem a felmelegített eleggyel. Ezt követően 30 másodpercig, 3-as fokozatot alkalmazva, kézi botmixerrel (Robot Coupe Mini MP 160 V.V;2000-12,500 fordulat/perc) egyenmúsítottam a hozzávalókat. A homogenizálást követően fóliatasakba töltöttem a keveréket és fóliahegesztővel lezártam őket, amit a 2. ábra mutat be. A fóliatasakot felirattal (pl.: „0% savó”) jelöltem meg, majd pasztöröztem, alacsony hőmérsékletű (75°C-os) vízfürdőbe helyezve, hosszabb hűtési időn (30 perc) keresztül. Végezetül jeges víz használatával a tárolás hőmérsékletére (4°C) csökkentettem a minta hőmérsékletét és így érleltem 24 órán át, hűtőkamrába helyezve. Érlelést követően a mintákból kimértem megfelelő mennyiségeket azokhoz a vizsgálatokhoz, melyeknél a még nem kifagyasztott fagylaltkeverékekkel dolgoztam. Ezután a fagylaltok fennmaradó részének kifagyasztása

következett, (-7) - (-8)°C-ra, fagyaltgép alkalmazásával (Telme AM GEL 5; Telme, Codogno, Olaszország). A fagyaltgépből körülbelül 15 perc elteltével adagoltam ki az elkészült fagyaltot. Ezt a folyamatot végrehajtottam a fennmaradó 5 másik mintám esetében is és a kész desszerteket műanyag dobozokba helyeztem át.

2. ábra: pasztőrözött fagyaltkeverék fóliatasakba csomagolva (forrás: saját szerkesztés)



3.2. Alkalmazott mérési módszerek

3.1. pH értékek mérése

A fagyalt minták pH-mérésére 24 óra érlelést követően 75-75 g-ot raktam félre műanyag poharakba és azokban végeztem el a folyékony minták vizsgálatát. A méréshez Testo 206 szűrőelektródás pH-mérőt (Testo AG, Titisee-Neustadt, Németország) használtam és minden fagyaltkeveréken 3 párhuzamos mérést végeztem el, szobahőmérsékleten.

3.2. Szárazanyag-tartalom mérése

A fagyaltok szárazanyag tartalom meghatározását is elvégeztem, mintánként 3-3 ismétlésben. A mérést megelőzően analitikai mérleg segítségével lemértem a petri-csészék tömegét, majd beletöltöttem körülbelül 1,8-2,2 g érlelt fagyaltalapot és azt is lemértem analitikai pontossággal. Ezután szárítószekrénybe helyeztem őket 105±2°C-ra és tömegállandóságig szárítottam őket. Az időtartam leteltével ismét lemértem a minták tömegét.

3.3. Habosíthatóság vizsgálata

A levegő jelenléte fontos tényező a fagyaltok készítése során, mert könnyebb textúrát biztosít és befolyásolja az olvadási tulajdonságokat. Ezáltal fontos szempontnak számított kutatásom során, hogy overrun measurement vizsgálatot végezzek. Overrunnak nevezzük a belekevert

levegő térfogatának arányát a fagylaltban, a keverék eredeti térfogatához képest (Sofjan és Hartel, 2004). Méréseimet 3 ismétlésben végeztem el, minden mintán. ismert tömegű mérőpoharat tele töltöttem a fagylaltalappal, amelynek rögzítettem a tömegét. A kifagyasztást követően az elkészült fagylalttal töltöttem tele a mérőpoharat, amelynek a tömegét szintén feljegyeztem. A térfogatváltozás mértékét [%] az 1. egyenlet írja le.

$$Térfogatváltozás = 100 - \left(\frac{\text{fagylalt tömege} \times 100}{\text{mix tömege}} \right) [\%] \quad (1.)$$

3.4. Színmérés menete

A fagylaltok színének meghatározása hőkezelést követően, folyékony állapotban történt. A színmérést Konica Minolta CHROMA METER CHR-400 (Konica Minolta Sensing Inc., Osaka, Japan) reflexiós elven működő, tristimulusos mérőeszköz segítségével végeztem el, amely D65 megvilágítást biztosít. A színmérőt áram alá helyeztem és kalibráltam, mielőtt elkezdtem a mérést. A kalibráció a műszerhez tartozó kalibráló csempe segítségével történt, melyre frissentartó fóliát helyeztem. Ezt azért tettem, mert ezután a mixek színmérését is petri-csészében, ilyen fólián keresztül tudtam kivitelezni, figyelve arra, hogy a fólia ne gyűrődjön vagy törjön meg az eszköz mérőfeje alatt. A színmérés menetét a 3. ábra szemlélteti. A fagylalt minták sikeres mérését xenon villanófény jelzi, majd a műszer kijelzőjén leolvashatóak a CIELAB színingertér értékei. Ebben a színrendszerben L^* fejezi ki a világossági tényezőt, melynek értéke 0-tól 100-ig terjedhet, ahol a 0 jelenti a feketét, míg a 100 a fehéret. A színmérő használatával a sárga-kék színtényező (b^*) és vörös-zöld színtényező (a^*) is kimutatható. Pozitív a^* jelzi a vörös színezetet, negatív a^* a zöld színezetet. Kék szín esetén a b^* negatív értékei, míg sárga szín esetén b^* pozitív értékei jelennek meg a mérést követően. 5 párhuzamos mérést végeztem minden minta esetében. Mérési eredményeimet oszlopdiagramokon szemléltettem.

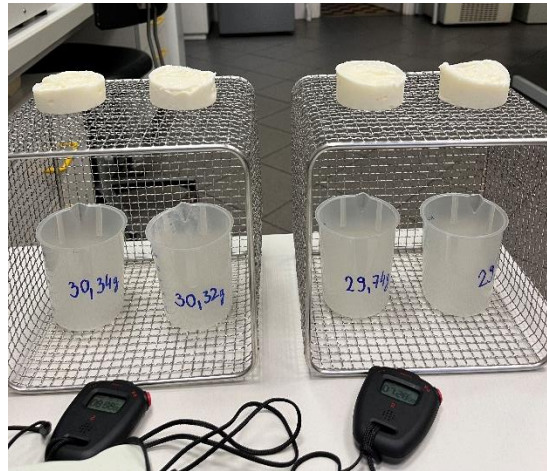
3. ábra: fagylaltminta színmérése petri-csészében, áttetsző fólián keresztül (forrás: saját szerkesztés)



3.5. Olvadási tulajdonság vizsgálatának menete

Fagylaltjaim olvadási tulajdonságának vizsgálatához minden mintából szilikon formába helyeztem 50-50 g tömegű mintát. A méréshez szükségem volt rozsdamentes acélrácsokra, stopperórákra, mérlegre és főzőpoharakra. Szobahőmérsékleten (21°C) a rácsok tetejére helyeztem a mintákat, a rács alá pedig a lemért tömegű főzőpoharakat a lecsepegő fagylalt összegyűjtésére és mérésére. Stopperórával mértem az eltelt időt és 5 percenként feljegyeztem az olvadt minták tömegét egészen addig, amíg teljesen el nem olvadtak. Az olvadási tulajdonságok meghatározásánál a lecsepegett minta tömegét ábrázoltam az idő függvényében. A minták maximális olvadási sebességét, másnéven MDR értékeket a növekvő olvadási görbe legmeredekebb, azaz legintenzívebb olvadási szakaszának meredeksége alapján állapítottam meg (Nyulas-Zeke et al., 2024) A mérési elrendezést a 4. ábra illusztrálja.

4. ábra: olvadási tulajdonság vizsgálatának folyamata (forrás: saját szerkesztés)



3.6. Reológiai mérés menete

A pasztörözött és 24 órán át hűtőkamrában érlelt fagylaltalapokból 80-90 g mintát félreraktam műanyag mintatartó tégelyekbe, hiszen a minták reológiai tulajdonságait kifagyasztás előtt, folyékony állapotukban határoztam meg. A vizsgálatot MCR 92 típusú reométerrel (Anton-Paar, Ostfildern, Németország) hajtottam végre, rotációs üzemmódban. A reométerrel megvizsgálható, hogy milyen reológiai viselkedést folytatnak fagylaltmintáim. A szükséges nyomást (6 bar) kompresszor biztosítja, így tudjuk a berendezés dugattyús fejét üzemeltetni. A vizsgálat végrehajtásához Anton Paar Rheocompass 1.30 típusú vezérlő szoftvert alkalmaztam, amellyel a mérés hőmérsékletét 20°C-ra állítottam. A készülék koncentrikus hengeres (CC27) mérőrendszerrel van felszerelve, ennek mérőhengerébe töltöttem adott jelzővonalig fagylaltmintát (kb. 25 ml), majd a kijelölt pozícióba helyeztem. Ezt követte a mérőfej csatlakoztatása a berendezésen látható rovátkával egy vonalba. Nyulas-Zeke és munkatársainak méréséhez hasonlóan, a nyírófeszültséget 10 és 1000 1/s közötti nyírási sebesség növelésével, állandó szinten tartásával, majd csökkentésével mértem meg, mintánként 31 mérési pontban (Nyulas-Zeke et al., 2024). A szoftvert kezelve először 5, azután 0 mm távolsáig engedtem le a mérőfejet, majd start gomb lenyomásával elindítottam a mérés folyamatát. Minden fagylaltmixen 3-3 párhuzamos mérést hajtottam végre, hogy meghatározhatóak legyenek folyásgörbéik (nyírási sebesség és nyírófeszültség függvényében), illetve viszkozitásgörbéik (látszólagos viszkozitás és nyírási sebesség függvényében). Ezt követően Herschel-Bulkley modellt illesztettem adataimra. Herschel–Bulkley-modell a viszkoplasztikus anyagok leírására használt egyik általánosított reológiai modell, melyet az 2. egyenlet írja le.

$$\tau = \tau_0 + K \left(\frac{dy}{dt} \right)^n [Pa] \quad (2.)$$

Ahol τ – a nyírófeszültség [Pa]; τ_0 – a folyáshatár [Pa]; K – a konzisztencia-tényező [$\text{Pa}\cdot\text{s}^n$]; dy/dt - a nyírási sebesség [1/s]; n – a folyásindex (Newtoni folyadékoknál $n=1$) (Hidas, 2022).

3.7. Érzékszervi minősítés menete

Kutatásom során érzékszervi bírálatot végeztem, kvalitatív módszertannal. Az elkészült fagylaltokat különböző színű és formájú jégkocka formákba raktam, amik később a minták kódjaiként szolgáltak. Ezáltal, a kiválasztott kóstoló személyek nem rendelkeztek információval arról, hogy az egyes fagylaltokban milyen arányban található tej és savó. A mintákhoz tartozó szín és forma általi kódneveket a 4. táblázat mutatja be.

A minták megadott szempontok alapján kerültek véleményezésre 1-től (egyáltalán nem kedvező) 9-ig (kifejezetten kedvező) tartó skálán. Az értékelés során a résztvevők a kedveltség alapján pontoztak. A fagylaltok érzékszervi véleményezését 15 résztvevő segítette. Az érzékszervi bírálat eredményeit pókháló diagram segítségével dolgoztam fel, amely az adott fagylalt minta egy-egy szempontjára érkezett pontok átlagát ábrázolja. Az érzékszervi bírálat során megadott szempontok az alábbiak voltak: szín, illat, homogenitás, íz, állomány, összbenyomás.

3.8. Statisztikai értékelés menete

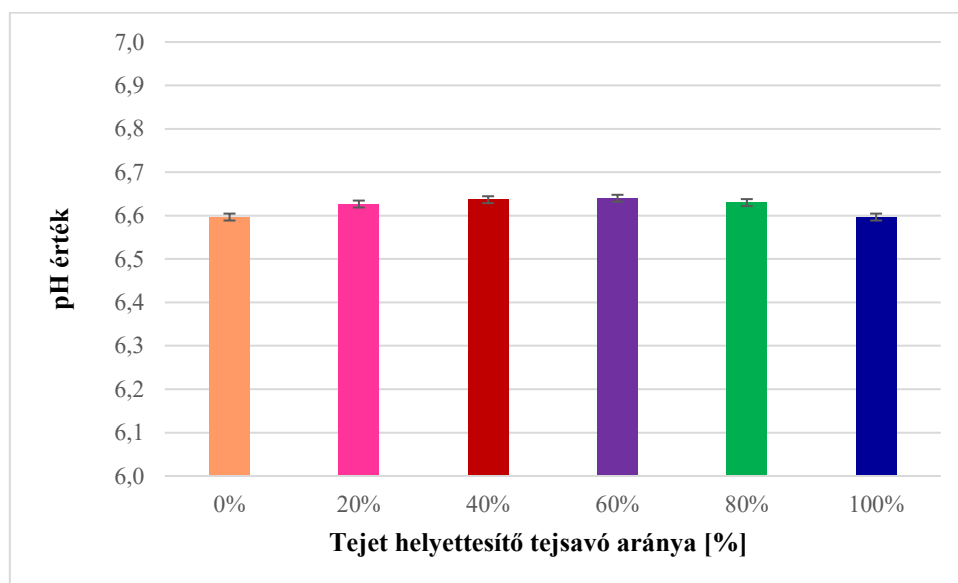
Statisztikai módon is értékeltem a reológiai vizsgálat eredményeit és a fagylaltok olvadási görbéjének intenzív olvadási szakaszát is. A statisztikai vizsgálatot Paleontological Statistics (PAST) szoftver segítségével végeztem el, minden mérési adatsor esetén 5%-os szignifikanciaszintet ($p < 0.05$) alapul véve. A különböző minták összehasonlítására egytényezős varianciaanalízist (ANOVA) használtam. Ezzel a módszerrel képes voltam meghatározni a folyamatos változók átlagai közötti különbségek statisztikai szignifikanciáját. Ha a próba p -értéke $\leq 0,05$ volt, az eltérés szignifikáns, azaz valós különbség volt a mért csoportok között. Amennyiben az eljárás során $p > 0,05$ értékeket kaptam, az eltérés nem számított szignifikánsnak, nem volt igazolható a különbség a mért adatok között.

4. Eredmények és értékelésük

4.1. pH mérés

A fagylalt pH-értéke meghatározó szerepet játszik a termék minőségében és érzékszervi tulajdonságaiban. A legtöbb tej alapú fagylalt 6,0-7,0 pH-értékkal rendelkezik, tehát a semleges tartomány jellemző rájuk. Az alkalmazott édes tejsavó pH értéke 6,43 volt. Az 5. ábra a fagylaltok pH-értékeit ábrázolja külön-külön mintánként, a tejet helyettesítő tejsavó százalékos mennyiségének (0%, 20 %, 40 %, 60 %, 80 %, 100 %) függvényében.

5. ábra: pH-értékek a fagylaltban felhasznált tejsavó mennyiségének függvényében (forrás: saját szerkesztés)



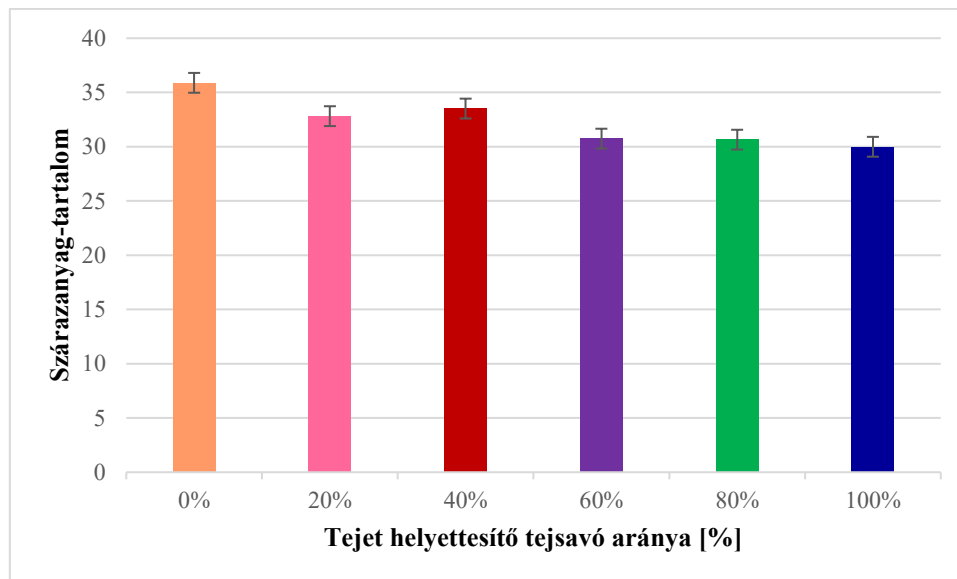
A vizsgált minták pH-értékéről kimondható, hogy egy szűk tartományban helyezkedik el, 6,59 és 6,64 között, amely közel semleges pH-értéknek tekinthető. A diagramon az figyelhető meg, hogy nincs nagy eltérés a különböző minták értékei között. A minták szórás értékei a mérésre jellemzően kicsik. A felhasznált édes tejsavó pH-értéke 6,43 volt, így általánosságban megállapítható, hogy az édes tejsavó hozzáadásával nem változik nagy mértékben a minták pH-értéke, a savó nem csökkentette vagy növelte a rendszer pH-ját.

4.2. Szárazanyag-tartalom mérés

A fagylaltalapok szárazanyag-tartalmának mérését is elvégeztem, ugyanis ez a tulajdonsága hatással van a termék állagára, érzékszervi tulajdonságaira. A legtöbb EU-tagországban előírás, hogy a fagylaltok minimális összes szárazanyag-tartalma meg kell haladja a 29 vagy 30%-ot (Marshall et al., 2003). Abban az esetben, ha túl alacsony szárazanyag-tartalommal rendelkezik

a fagylalt, vizes, jégkristályos és durva textúrájú lehet. A 6. ábra azt hivatott bemutatni, hogy miként alakult az egyes minták szárazanyag-tartalma az édes tejsavó alkalmazásával.

6. ábra: szárazanyag-tartalom alakulása a felhasznált tejsavó függvényében (forrás: saját szerkesztés)

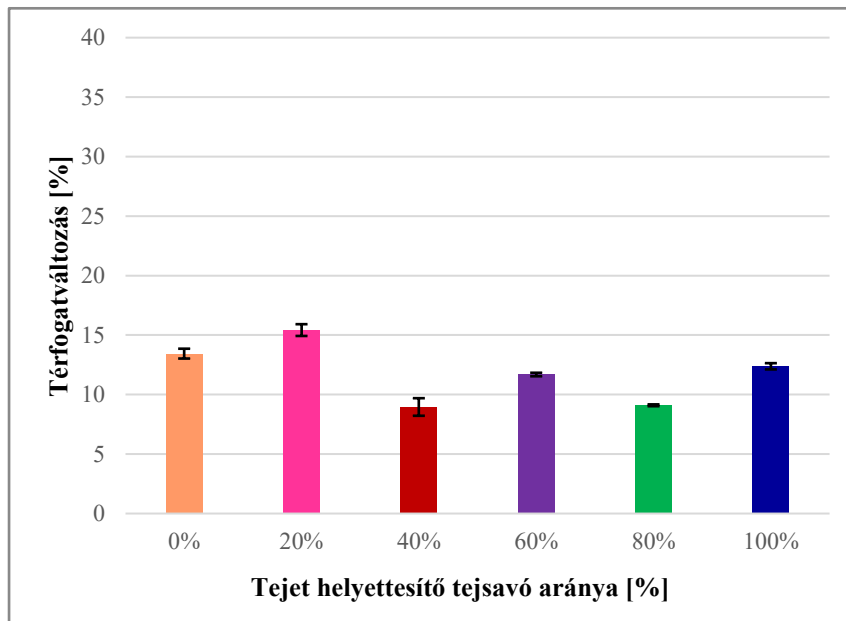


A diagramról leolvasható, hogy 0%-os tejsavóarány alkalmazása esetén érjük el a legmagasabb szárazanyag-tartalmat. A tejsavó növelésével a szárazanyag-tartalom fokozatosan, kis mértékben csökken. Csupán a 40% tejsavóval készült minta esetén tapasztalhatunk magasabb értékeket, az előző mintához képest, ennek oka valószínűleg a felhasznált savó inhomogenitása. A legalacsonyabb eredményeket annál a mintánál tapasztalunk, melyben a tejet teljes mértékben tejsavó helyettesíti. A 0% és a 100% tejsavót tartalmazó fagylaltminták között csak nem 6%-os különbséget tapasztalunk. A diagram szemlélteti, hogy a hagyományos módon elkészített fagylaltok (pl.: 0%-os kontroll fagylalt) szárazanyag-tartalmától eltérő adatokat kaptunk, tehát a tej helyettesítése tejsavóval egyértelműen befolyásolja a fagylaltok ezen paraméterét. A fagylaltok szárazanyag-tartalma az édes tejsavónak köszönhetően csökkent, ugyanis annak szárazanyag-tartalma kisebb, mint a felhasznált tejé. Összességében kijelenthető, hogy a tejet helyettesítő tejsavó csökkenti a fagylaltkeverékek szárazanyag-tartalmát, minél nagyobb arányban alkalmazzuk, annál kisebb lesz késztermékünk szárazanyag-tartalma.

4.3. Habosíthatóság vizsgálata

A habosodás vizsgálata során azt vizsgáltam, hogy a kifagyasztás során mennyi levegő épült be a fagylalt szerkezetébe, illetve, hogy a savó befolyásolta-e ezt a folyamatot pozitívan vagy akár negatívan. A termékek térfogatváltozását a 7. ábra szemlélteti.

7. ábra: fagylaltok térfogatváltozása a felhasznált édes tejsavó függvényében (forrás: saját szerkesztés)



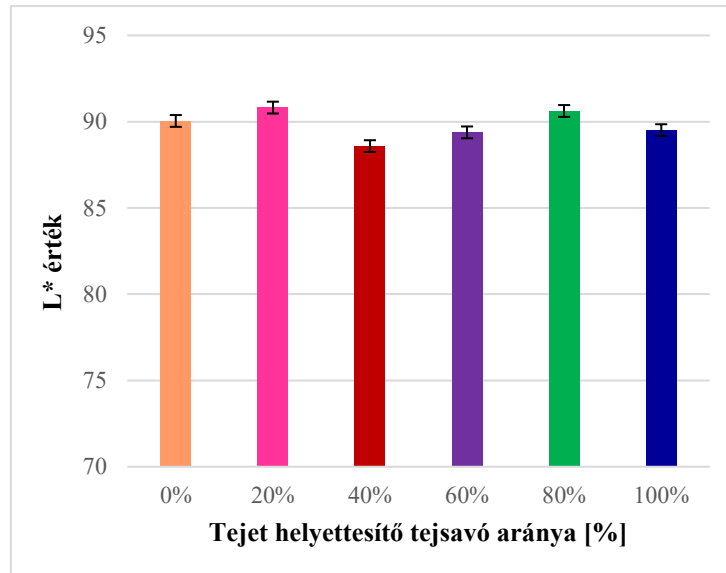
A vizsgálat során a fagylaltminták térfogatváltozása 8,9 és 15,4% között helyezkedett el. Az oszlopdiagram elemzése során látható, hogy a 20% savót tartalmazó fagylalt térfogatnövekedése volt a legmagasabb. Ennek oka az lehet, hogy a kis mennyiségben alkalmazott savó fehérjéinek köszönhetően nagyobb mennyiségű levegő köthető meg. Azonban, nagyobb mennyiségben alkalmazva a savót, a fehérjemennyiség összességében már kevés, így nem köthető meg több levegő. A mérési szórások kis mértékűek. Összességében kijelenthető, hogy nincs nagy különbség a különböző tejsavóhelyettesítések között. Így a mérés után szerzett tapasztalat az, hogy a tejsavó nem gyakorol jelentős hatást a fagylaltok térfogatváltozásra.

4.4. Színmérés

A fagylalt színe befolyásoló tényező lehet a fogyasztói megítélésben. Egy vanília ízű fagylalt színe lehet világosabb vagy sötétebb, sárgás árnyalatú is. A mérés elvégzésével vizsgáltam, hogy a tejsavó hozzáadása befolyásolta-e a fagylalt színtényezőit (L^* , b^* , a^*), illetve a kapott

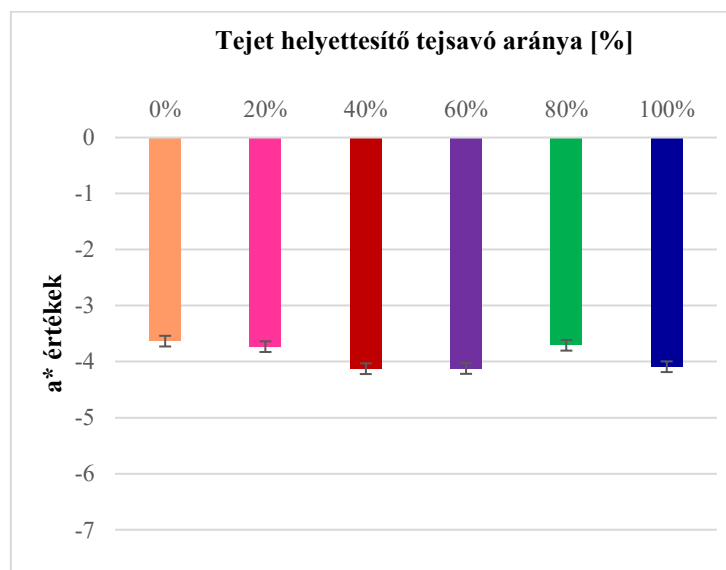
értékek összevethetők az érzékszervi bírálat eredményeivel. A fagylaltalapok színtényezői a 8., 9. és 10. ábrán láthatóak.

8. ábra: fagylaltminták világossági tényezője (L^*) a felhasznált tejsavó függvényében (forrás: saját szerkesztés)



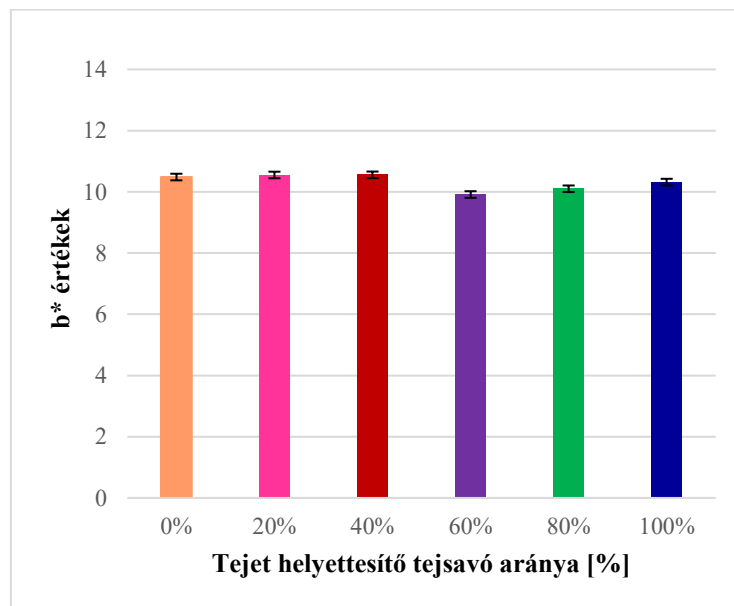
A 8. ábrán a fagylaltalapok világossági tényezői láthatóak. Az L^* értékek között igen csekély a különbség, 88,5 és 90,8 közötti eredményeket kaptam a mérések során. A világossági tényező 0-tól 100-ig tartó skáláján ezek az eredmények nagyon közel esnek a fehér színezet (100) értékéhez. A diagram alapján igazolható, hogy a tejsavó arányának növelése egyáltalán nem befolyásolja a termékek világossági tényezőjét.

9. ábra: fagylaltminták vörös/zöld színtényezője a felhasznált tejsavó függvényében (forrás: saját szerkesztés)



A 9. ábrán a fagylaltok vörös-zöld (a*) szintényezőjének vizsgálatát mutatom be. Az oszlopdiagram eredményei negatív előjelűek, azaz zöld színezet jellemezte az összes mintát. A vizsgált fagylaltok értékei a vörös-zöld szintényező esetében is csak nagyon minimális mértékben tértek el egymástól, tehát a tejsavó aránya nem játszott befolyásoló szerepet.

10. ábra: fagylaltminták sárga/kék szintényezője (b) a felhasznált tejsavó függvényében (forrás: saját szerkesztés)*

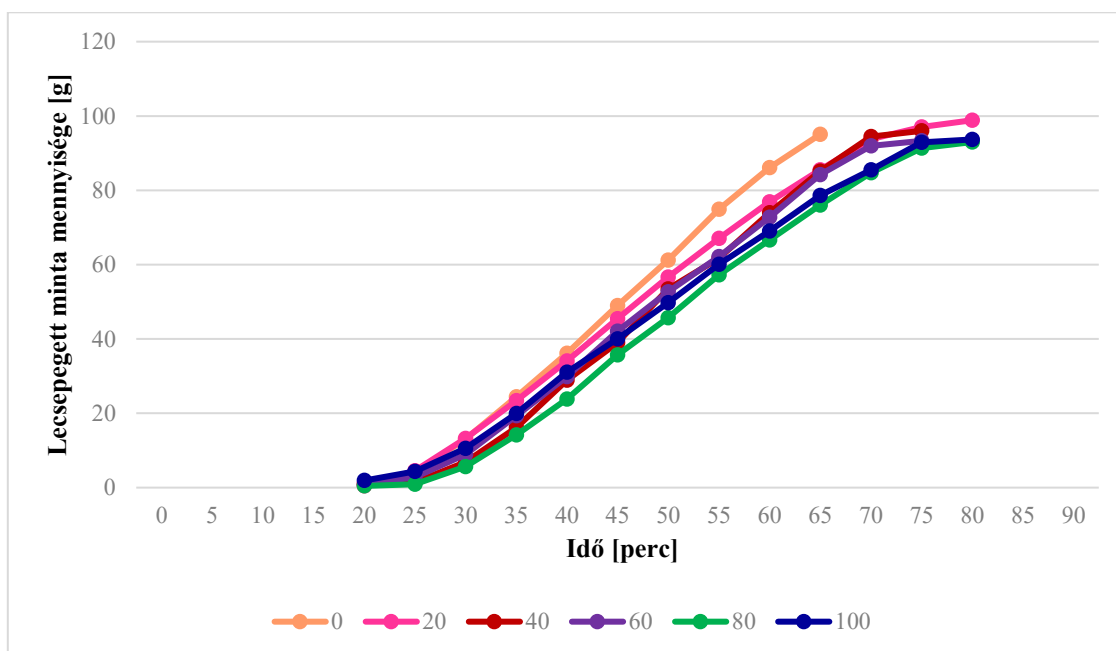


A 10. ábrán a fagylaltmixek sárga-kék szintényezőit rögzítettem. Az eredmények pozitív előjelűek és nagyon szűk tartományban helyezkednek el. A pozitív előjel a sárga színezetet jelöli. A vizsgálat által nyugtázható, hogy a másik két szintényezőhöz hasonlóan, a sárga-kék szintényező értékei sem változtak meg a tejsavó hozzáadásának hatására. A mérés során hasonló eredményeket kaptam, így az érzékszervi minősítés során arra számíthatok, hogy a fogyasztók kedveltsége is azonos lesz minden minta esetén.

4.5. Olvadási tulajdonság vizsgálat

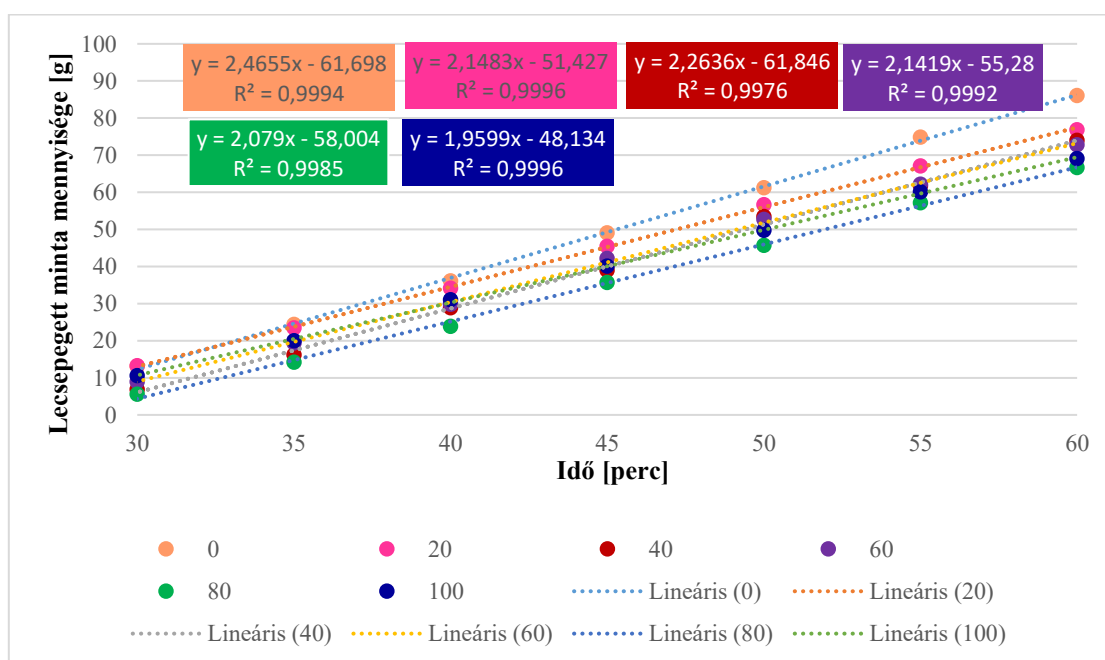
A fagylaltok olvadási tulajdonságának vizsgálata során megfigyelhettem, melyik minta olvadt el gyorsabban és a savónak a folyamatban milyen szerepe volt. A 11. ábra szemlélteti a leccsepegett minta mennyiségét az idő függvényében.

11. ábra: lecsepegett fagylalt tömege [g] az eltelt idő [perc] függvényében (forrás: saját szerkesztés)



Az olvadási görbe alapján megállapítható, hogy az összes fagylaltminta esetében azonos időben, a 20. perc elteltével jelentkeztek az első cseppek. A minták teljes lecsepegése azonban különbözőnek bizonyult, legkorábban a kontroll csoport olvadt el a 65. percben. A tejsavót tartalmazó többi minta később, a 75. és 80. perc leteltével olvadt el teljesen.

12. ábra: fagylaltminták intenzív olvadási szakaszának ábrázolása a lecsepegett minta mennyiség [g] és az idő [perc] függvényében (forrás: saját szerkesztés)

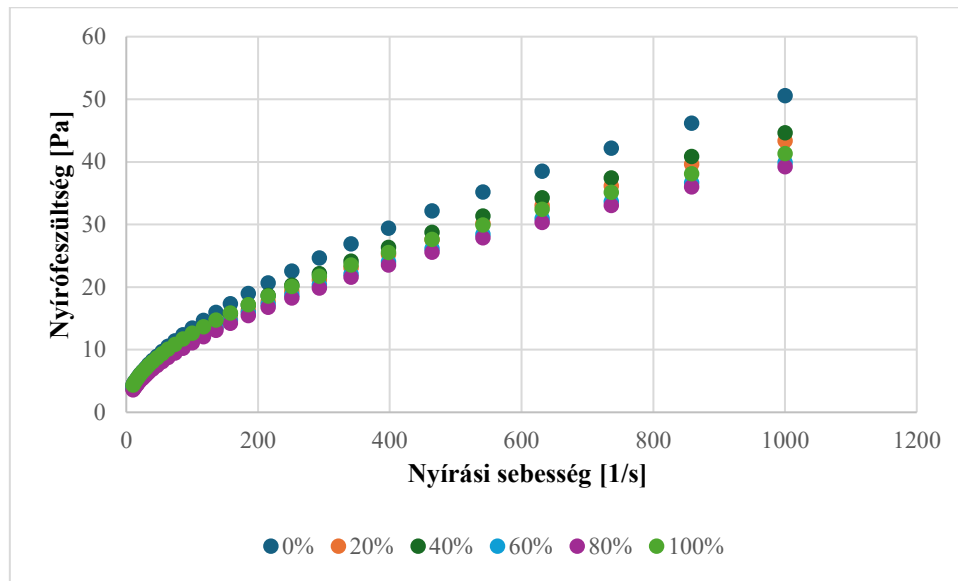


A 12. ábrán a maximum meltdown rate (MDR), tehát az olvadás maximális olvadási sebességű szakasza látható, amely a 30. és a 60. perc között zajlott. Az olvadási görbék lineáris szakaszához illesztett egyenesek meredeksége adja az adott mintára jellemző állandót, az MDR értéket. Ennek az állandónak az ismeretében megállapítható, hogy melyik fagylaltminta olvadt gyorsabban. Az illesztett egyenesek meredeksége alapján azt tapasztaltam, hogy a kontroll fagylalt minta olvadt a leggyorsabban, mert annak volt a legmagasabb az MDR értéke. Emellett, jól látható, hogy minél nagyobb mennyiségben tartalmazott tejsavót egy minta, annál kisebb volt a hozzá tartozó egyenes meredeksége, vagyis annál lassabban olvadt. Mindezek által, meghatározható, hogy a tej helyettesítése tejsavóval pozitívan befolyásolja az olvadási tulajdonságokat, mert a több savót tartalmazó minták lassabban olvadnak el. A különböző csoportokon végzett egytényezős ANOVA vizsgálat alapján nem mutatható ki szignifikáns különbség az MDR értékek között ($p=0,9184$), azaz statisztikailag nem igazolható, hogy a tejsavó alkalmazása lassítaná a minták olvadási folyamatát. A Levene-teszt eredménye szintén azt mutatja, hogy a varianciák homogének ($p > 0,05$), így az ANOVA feltételei teljesültek.

4.6. Reológiai vizsgálat

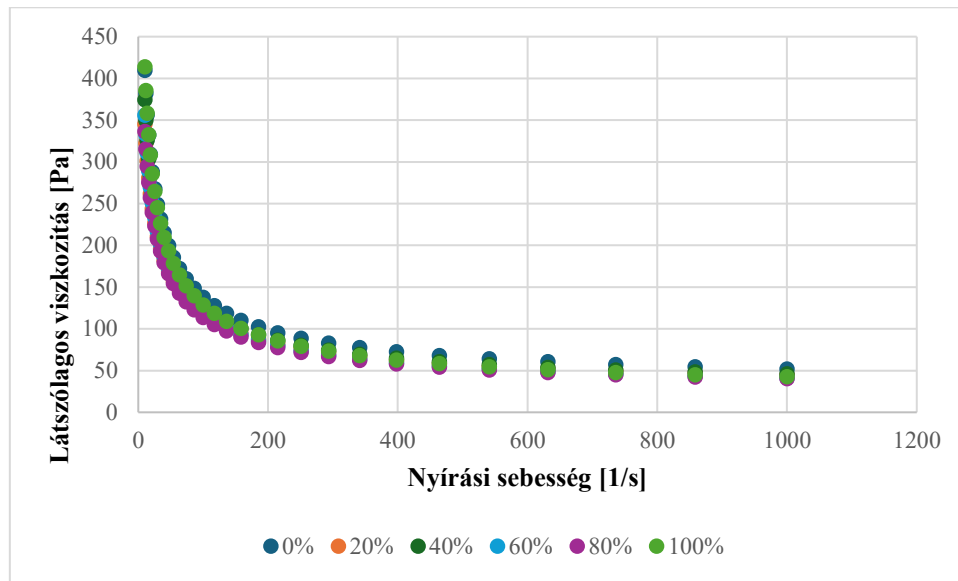
A fagylaltminták reológiai tulajdonságait a 13. és 14. ábrák mutatják be. A reológiai tulajdonságok meghatározására a mérés 3. szakaszát vettem alapul, mely során a fagylaltokat mérő reométer 1000 1/s nyírási sebesség helyett 10 1/s nyírási sebességet alkalmazott. Valamennyi minta azonos módon, a Herschel–Bulkley-moddal volt jellemezve, 99% feletti determinációs együtthatóval (minden fagylaltminta folyás-, és viszkozitás görbéjének esetében 0,99-nél nagyobb R^2 értéke volt az illesztésnek).

13. ábra: fagylaltminták folyásgörbéi - nyírási sebesség [1/s] ábrázolva a nyírófeszültség [Pa] függvényében (forrás: saját szerkesztés)



A 13. ábra a fagylaltok folyásgörbéit ábrázolja, amelyet Herschel-Bulkley modell segítségével vettem fel. A folyásgörbe minden minta esetében emelkedő, azaz a nyírófeszültség nő a nyírási sebesség függvényében. A diagramon a 0% tejsavó tartalmú fagylalt folyásgörbéje vette fel a legmagasabb értékeket és a 80% tejsavó arányú fagylalt a legalacsonyabbakat. Összességében a tejsavó alkalmazása nem befolyásolta nagy mértékben a minták folyásgörbéit, kis mértékűek a különbségek az adott minták között. A statisztikai analízis is ezt támasztja alá, ugyanis az ANOVA eredményei alapján a csoportok közötti eltérések nem bizonyultak szignifikánsnak ($p=0,864$). Az egyenlő szórások feltételét Levene-teszttel vizsgáltam, amely szintén nem mutatott szignifikáns különbséget a varianciák között ($p = 0,6822$ az átlagok, illetve $p = 0,8955$ a mediánok alapján).

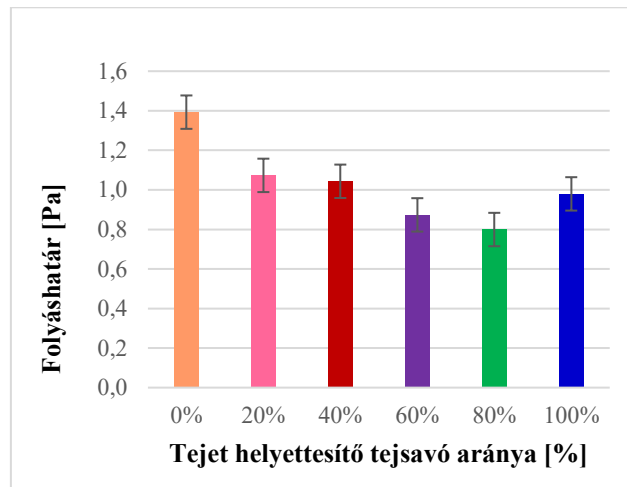
14. ábra: fagylaltminták viszkozitásgörbéi - nyírási sebesség [1/s] ábrázolva a látszólagos viszkozitás függvényében [Pa] (forrás: saját szerkesztés)



A 14. ábra szemlélteti a nyírási sebesség értékeket a látszólagos viszkozitás függvényében, így kaptam meg a fagylaltalapok viszkozitás görbéit. A görbéken a nyírási sebesség növekedésével a látszólagos viszkozitás csökken, de csak kis mértékben. Ez a minták nem-Newtoni, pszeudoplasztikus áramlási viselkedését jelzi. A minták folyásgörbéihez hasonlóan, a viszkozitás görbéknél is tapasztalható, hogy a kontroll csoport rendelkezik a legnagyobb, míg a 80%-os minta a legalacsonyabb látszólagos viszkozitás értékekkel. A következtetésem az, hogy a magasabb tejsavó tartalmú minták kisebb ellenállást mutattak nyírás hatására, mert látszólagos viszkozitásuk alacsonyabb volt. Azonban a minták közötti különbségek itt sem jelentősek, a tejsavó használata nem eredményez nagyobb változást a viszkozitásgörbék tekintetében. A különbségek statisztikai vizsgálatára egytényezős varianciaanalízist (one-way ANOVA) végeztem a látszólagos viszkozitás adatokon. Az eredmények alapján a fagylaltalapok közötti eltérés nem bizonyult szignifikánsnak ($p = 0,8174$). A Levene-teszt ebben az esetben sem mutatott szignifikáns különbséget a varianciák között ($p = 0,6854$ az átlagok, illetve $p = 0,8683$ a mediánok alapján).

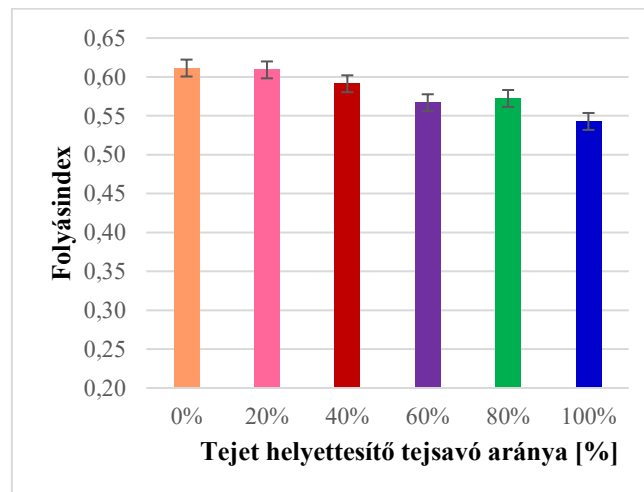
A fagylaltalapok reológiai vizsgálata során használt Herschel-Bulkley modell illesztését követően számolt 3 paraméter (folyáshatár, folyásindex, konzisztencia állandó) a 16., 17. és 18. ábrán került részletezésre.

15. ábra: fagylaltminták (0%, 20%, 40%, 60%, 80%, 100%) folyáshatár [Pa] értékei (forrás: saját szerkesztés)



A 15. ábra egy oszlopdigramot mutat be, amely a fagylaltminták folyáshatárát (τ_0) [Pa] ábrázolja a tejet helyettesítő tejsavó arányának függvényében. A nyírófeszültség a Herschel–Bulkley-modellben a tengelymetszetet jelenti és azt mutatja meg, hogy mi az a minimális nyírófeszültség érték, ami esetén a fagylalt folyni kezd. A legmagasabb folyáshatárú minta a 0% tejsavót tartalmazó (kontroll csoport), míg a legalacsonyabb a 80% tejsavót tartalmazó minta.

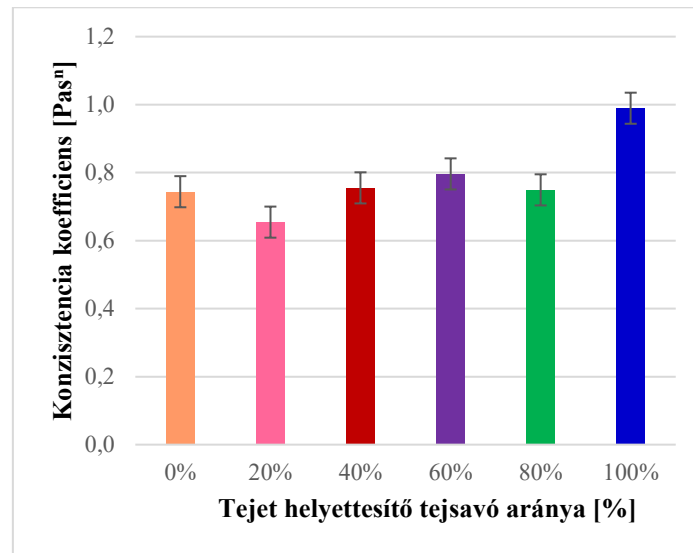
16. ábra: fagylaltminták (0%, 20%, 40%, 60%, 80%, 100%) folyásindex értékei (forrás: saját szerkesztés)



A 16. ábrán a Herschel–Bulkley modell n kitevője, azaz a folyásindex [-] értékei láthatók. Ez a paraméter határozza meg, hogy a vizsgált minták Newtoni-, pszeudoplasztikus-, vagy dilatáns áramlási viselkedésűek-e. Amennyiben $n > 1$ dilatáns, $n = 1$ Newtoni, míg $n < 1$ pszeudoplasztikus folyadékról beszélhetünk. A vizsgálat során minden minta 0,54 és 0,61 közötti n értékkel rendelkezett, így kijelenthető, hogy a fagylaltok pszeudoplasztikus viselkedésűek. Ez azt

jelenti, hogy a fagylaltalapok viszkozitása a nyírási sebesség növekedésével csökken. Az oszlopdiagramról leolvasható, hogy a folyásindex a tejsavó arányának növekedésével arányosan csökkent, kis mértékben.

17. ábra: fagylaltminták (0%, 20%, 40%, 60%, 80%, 100%) konzisztencia koefficiensei [Pasⁿ] (forrás: saját szerkesztés)

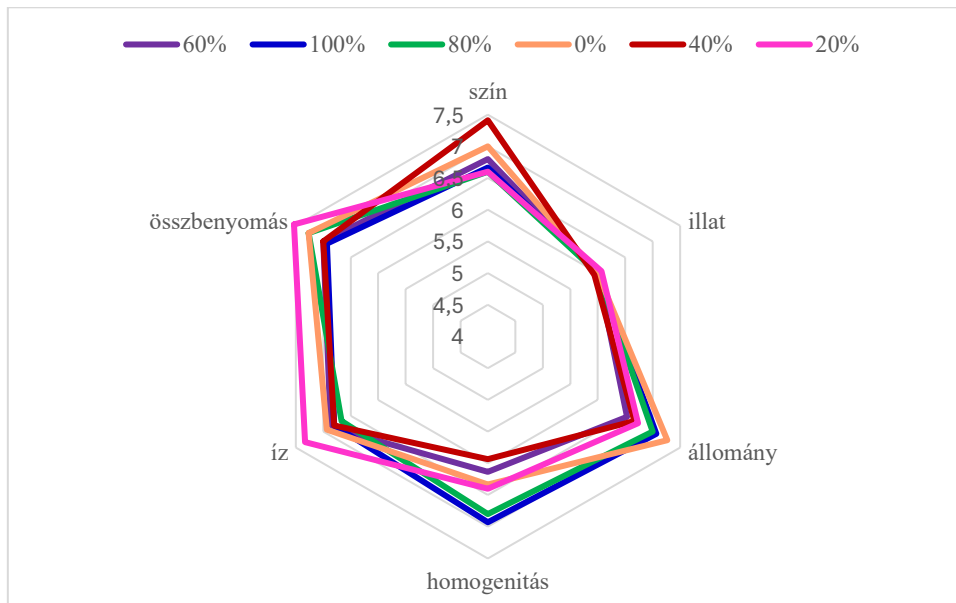


A 17. ábra a konzisztencia koefficiens (K) [Pasⁿ] alakulását szemlélteti az alkalmazott tejsavó arányának függvényében. A konzisztencia állandó egyenesen arányos a viszkozitással, tehát ha K értékek csökkennek, akkor azzal arányosan csökken a minták viszkozitása is. A legmagasabb konzisztencia koefficiens értéke a 100% tejsavót tartalmazó mintának volt, ilyen mennyiségben alkalmazva a tejsavót, nőni fog a minta viszkozitása.

4.7. Érzékszervi minősítés

A 18. ábrán láthatók a fogyasztói érzékszervi bírálat eredményei. A vizsgálat célja az volt, hogy megállapítsam, melyik minta felelt meg a leginkább a fogyasztói elvárásoknak, azaz milyen arányban ajánlatos a tejsavót alkalmazni, ha a legpozitívabb érzékszervi tulajdonságú fagylaltot szeretnénk előállítani.

18. ábra: érzékszervi bírálat átlagolt eredményei pókháló diagramon szemléltetve (forrás: saját szerkesztés)



A vizsgált tulajdonságok: szín, illat, állomány, homogenitás, íz és összbenyomás voltak. A pókháló diagram a megadott szempontokat mutatja be és a különböző minták átlagosan elért eredményeit ezen szempontok esetében. A diagram alapján megállapítható, hogy a különféle tulajdonságoknál mindig más-más minta nyerte el a bírálók ízlését. Egyedül a 20% tejsavó tartalmú fagylalt kapott két jellemzőjére (íz, összbenyomás) is kiemelkedő pontszámot a minták közül. Ez alapján az a következtetés vonható le, hogy az összbenyomás értékelésében döntő szerepet játszott az íz, vagyis a fagylaltok végső érzékszervi megítélését leginkább az ízbeni megfelelés határozta meg.

A szín és az illat értékelése során minden minta hasonlóan magas pontszámot kapott, ezt alátámasztják a színmérés során kapott hasonló adatok. Homogenitás értékelése során volt tapasztalható a legnagyobb szórás, ahol a 80% és 60% tejsavót tartalmazó minták alacsonyabb értékelést kaptak, míg 40% tejsavó tartalmú fagylalt kapta a legmagasabbat. Az értékelések összesítése alapján a 20- és 40%-os tejsavó tartalmú minták bizonyultak a legkedvezőbbnek. Ez arra utal, hogy a fagylalt készítése során célszerű a tejsavót kisebb, a tejet pedig nagyobb arányban alkalmazni.

5. Következtetések és javaslatok

A kutatásom során elkészített fagylaltmintákat megvizsgáltam 7 különböző mérés kivitelezésével. A még félkész, ki nem fagyasztott fagylaltalapok pH-értékét megmérve szinte azonos eredményeket tapasztaltam, továbbá a színmérések eredményei is azt igazolták, hogy a különböző tejsavó arányú minták szintényezői között nem történt számottevő eltérés. A habosíthatóság mérésének eredményei alapján nem állapítható meg egyértelmű tendencia a minták térfogatváltozásában, melynek feltehető oka a felhasznált savó inhomogenitása lehetett. Összességében, arra a következtetésre jutottam, hogy a tejsavó alkalmazása nem befolyásolja a fagylalt pH-ját, színét és habosíthatóságát.

A szárazanyag-tartalom vizsgálata során a tejsavó arányának növelésével enyhe csökkenés volt megfigyelhető. Ez arra utal, hogy a tej tejsavóval történő helyettesítése hatására a késztermék szárazanyag-tartalma csökkenni fog. Ennek oka, hogy a tej szárazanyag-tartalma magasabb, mint az édes tejsavóé.

Az olvadási tulajdonságok elemzésekor látható különbség mutatkozott a kontroll minta és a magasabb tejsavó tartalmú minták között. A mérés során szerzett tapasztalat, hogy a tejsavó arányának növelésével lassabb olvadás érhető el. Bár a különbség statisztikailag nem bizonyult szignifikánsnak, technológiai szempontból kedvező irányú változás figyelhető meg.

A reológiai tulajdonságok vizsgálata során meghatároztam, hogy fagylaltmintáim pszeudoplasztikus áramlási viselkedésűek. Ez az áramlási viselkedés a fagylaltokra általában jellemző, mivel a szerkezetük a nyírás hatására részben felbomlik, viszkozitásuk csökken. A Herschel–Bulkley-modell alkalmazásával meghatározott paraméterek (folyáshatár, folyásindex, konzisztencia-állandó) és a görbék azt mutatták, hogy a tejsavó arányának növelése csak csekély mértékben befolyásolta a minták reológiai tulajdonságait. A megfigyelt, kisebb mértékű különbségek azonban statisztikailag nem bizonyultak szignifikánsnak. Ezáltal, érdemes a tejsavó mérsékelt használatát alkalmazni fagylaltokban, mert kisebb arányban felhasználva még nem módosítja érdemben a reológiai tulajdonságokat.

Az érzékszervi vizsgálatok során minden minta magas értékelést kapott, és csak csekély különbségek voltak megfigyelhetők. Érzékszervi tulajdonságok szempontjából a 20% savót tartalmazó minta bizonyult a legkedveltebbnek, ugyanis két értékelési szempont alapján is a legmagasabb pontszámot kapta.

Összegzésként megállapítható, hogy a tejsavó alkalmazása fagylaltokban nem eredményez jelentős eltérést a termék techno-funkcionális tulajdonságaiban. Kutatásom végeztével, a 20% tejsavóarány bizonyult a legoptimálisabbnak. Ebben a mennyiségben a savó nem rontja a termék techno-funkciós tulajdonságait, illetve ilyen arányban alkalmazva, az érzékszervi tulajdonságokat sem befolyásolja negatívan. Kis mennyiségben alkalmazva is hozzájárulhat az alapanyagköltségek mérsékléséhez és pozitív innovációnak számít, hiszen a környezettermelés ellen is tehetünk ezáltal. Illetve, savó hozzáadásával kis mértékben javíthatjuk fagylalt termékünk olvadási tulajdonságait, így nyáron, magas hőmérséklet hatására lassabban olvad el a desszertünk, a tejsavónak köszönhetően. Nagyobb mennyiségben azonban a tejsavó alkalmazása nem javasolt, mivel kedvezőtlenül befolyásolhatja a fagylalt szárazanyag-tartalmát.

Javasolt a továbbiakban olyan kísérletek elvégzése, amelyek a tejsavós fagylaltok szárazanyag-tartalmának tökéletesítését célozzák meg, koncentrátummal való dúsítással vagy porítással. Emellett, érdemes lehet a kísérletet eltérő összetételű vagy típusú tejsavóval is elvégezni.

6. Összefoglalás

Szakedolgozatom témája az édes tejsavó felhasználásának vizsgálata fagylaltokban. Az élelmiszeripar működése során jelentős mennyiségű melléktermék keletkezik, amelyek kezelése és újrahasznosítása napjaink egyik legfontosabb környezeti és gazdasági kihívása. A tejiparban keletkező melléktermékek közül a tejsavó jelentős mennyiségben termelődik, így hasznosítása kulcsfontosságú a gazdaság és az ökoszisztéma számára is. A tejsavó hosszú időn keresztül problémát jelentett az ipar számára, azonban manapság már számos alternatíva létezik a megfelelő feldolgozására, melyek kihasználják magas ásványianyag tartalmát és rendkívül jó tápértékét. Költségsökkentő és emberi fogyasztásra is alkalmas innovációi jövedelmezőek lehetnek az élelmiszeripar számára.

Kutatásom célja az volt, hogy feltárjam, milyen arányban a legoptimálisabb helyettesíteni a tejet édes tejsavóval a fagylaltgyártás során. Arra kerestem a választ, miként befolyásolja az alkalmazott tejsavó a fagylaltok érzékszervi-, fizikai-, és techno-funkcionális tulajdonságait. A kísérlet befejeztével szándékom volt kiválasztani, melyik fagylaltminta lenne a legoptimálisabb fizikai tulajdonságok szempontjából, miközben a fogyasztói elvárásoknak is eleget tesz.

Munkám során, 6 fagylaltot készítettem el, melyekben a tejet különböző arányokban (0%, 20%, 40%, 60%, 80%, 100%) helyettesítettem édes tejsavóval. A fagylaltok elkészítéséhez receptúrát készítettem és ügyeltem, hogy a fagylaltok tápértékei megfelelőek maradjanak. A mintákon pH-, szín-, és habosíthatóság mérést végeztem, emellett vizsgáltam a szárazanyag-tartalmukat, a reológiai-, és oladási tulajdonságaikat, majd végezetül érzékszervi bírálatot folytattam le 15 bírálóval. Az érzékszervi minősítés pontozása 1-től (nem kedvező) 9-ig (kedvező) tartó skálán történt szín, íz, állomány, illat, homogenitás és összbenyomás alapján.

Eredményeimet diagramokon szemléltettem és statisztikai vizsgálatot végeztem (egytényezős varianciaanalízis) Paleontological Statistics (PAST) szoftver segítségével.

Kutatási eredményeimet vizsgálva, összességében megállapítható, hogy a tejsavó alkalmazása nem eredményezett lényeges eltérést a fagylalt techno-funkcionális tulajdonságaiban. A színmérésem és a pH-mérés eredményeinek vizsgálata során, a különböző minták között nem tapasztaltam jelentős különbséget, azaz a tejsavó arányának növelése nem befolyásolta a késztermékek színét és pH-ját. Emellett, a habosíthatóság vizsgálat során sem tapasztaltam változást a különböző fagylaltminták között, a diagramról nem lehetett egyértelmű tendenciát leolvasni a fagylaltok térfogatváltozásában. Ennek valószínűsíthető oka a felhasznált tejsavó inhomogenitása lehetett. A szárazanyag-tartalom mérésekor enyhe csökkenés volt tapasztalható

a tejsavó arányának növekedésével, ami arra utal, hogy a tej részleges helyettesítése savóval csökkenti a késztermék szárazanyag-tartalmát. Az olvadási tulajdonságok vizsgálata során különbség mutatkozott a kontrollminta és a magasabb tejsavóarányú minták között: a savó növekvő mennyisége lassabb olvadást eredményezett. A reológiai mérések során megállapítottam, hogy a vizsgált fagylaltminták pszeudoplasztikus viselkedésűek. A Herschel–Bulkley-modell illesztésével kapott paraméterek, valamint a nyírófeszültség- és látszólagos viszkozitásgörbék alapján megfigyelhető volt, hogy a tejsavó hozzáadása csak enyhe mértékű változást okozott a reológiai jellemzőkben. A statisztikai elemzés (ANOVA és Levene-teszt) nem mutatott szignifikáns eltérést a minták között. Az érzékszervi bírálat során minden minta hasonlóan magasabb pontszámú értékeléseket kapott és csak kisebb különbségek voltak megfigyelhetők az egyes fagylaltminták között. A 20% édes tejsavót tartalmazó minta bizonyult a legkedveltebbnek, mivel két érzékszervi szempontban is a legmagasabb pontszámot érte el.

A kutatásomból megtapasztaltam, hogy a tejsavó alkalmazása nincs drasztikus hatással a késztermék végső minőségére. Megállapítottam, hogy kisebb mennyiségben érdemes felhasználni a tej helyettesítésére. Ezáltal, a legoptimálisabb mintának az bizonyult, melyben 20% tejsavót és 80% tejet alkalmaztam. Ebben a mennyiségben a tejsavó nem rontja a késztermék érzékszervi vagy fizikai tulajdonságait, miközben hozzájárulhat az alapanyagköltségek mérsékléséhez és a fenntarthatóbb gyártáshoz. Emellett, lassulhat a fagylaltok olvadása. Nagyobb mennyiségben nem javasolt alkalmazni, mert a tejsavó kedvezőtlenül befolyásolhatja az érzékszervi tulajdonságokat és a szárazanyag-tartalmat is.

Jövőbeni kutatások során célszerű lenne olyan vizsgálatokat végezni, amelyek a tejsavóval készült fagylaltok szárazanyag-tartalmának növelését tűzik ki célul, például a savó koncentráálásával vagy porított formában való alkalmazásával.

A kutatás eredményei alapján a tejsavó fagylaltokban való felhasználása egy olyan innovatív megoldást jelenthet, amely hozzájárul a fenntarthatóbb és tudatosabb élelmiszer-előállításához, miközben minőségi késztermék jön létre.

7. Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretném kifejezni hálámat konzulenseimnek, Nyulasné Dr. Zeke Ildikónak és Dr. Hidas Karina Ilonának a szakdolgozatom elkészítése során nyújtott értékes segítségükért és iránymutatásukért. Hálás vagyok türelmükért és építő jellegű javaslataikért, amelyek nagymértékben hozzájárultak kutatómunkám és méréseim sikeréhez. Köszönöm, hogy mindig bizalommal fordulhattam hozzájuk kérdéseimmel!

8. Irodalomjegyzék

- Akalin, A.S., Karagözlü, C., Ünal, G., 2008. Rheological properties of reduced-fat and low-fat ice cream containing whey protein isolate and inulin. *Eur. Food Res. Technol.* 227, 889–895. <https://doi.org/10.1007/s00217-007-0800-z>
- Arbuckle, W.S., 1986. *Ice Cream*. Springer US, Boston, MA. <https://doi.org/10.1007/978-1-4757-5447-6>
- Baer, R.J., Wolkow, M.D., Kasperson, K.M., 1997. Effect of Emulsifiers on the Body and Texture of Low Fat Ice Cream1. *J. Dairy Sci.* 80, 3123–3132. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76283-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76283-0)
- Bahramparvar, M., Mazaheri Tehrani, M., 2011. Application and Functions of Stabilizers in Ice Cream. *Food Rev. Int.* 27, 389–407. <https://doi.org/10.1080/87559129.2011.563399>
- Barros, E.L.D.S., Silva, C.C., Canella, M.H.M., Verruck, S., Prestes, A.A., Vargas, M.O., Maran, B.M., Esmerino, E.A., Silva, R., Balthazar, C.F., Calado, V.M.D.A., Prudencio, E.S., 2022. Effect of replacement of milk by block freeze concentrated whey in physicochemical and rheological properties of ice cream. *Food Sci. Technol.* 42, e12521. <https://doi.org/10.1590/fst.12521>
- Bharat Helkar, P., Sahoo, A.K., Patil, N.J., 2016. Review: Food Industry By-Products used as a Functional Food Ingredients. *Int. J. Waste Resour.* 6, 1–6. <https://doi.org/10.4172/2252-5211.1000248>
- Çelik, K., Yüskel, Z., 2016. *Whey Every Aspect*. Sonçağ Matbaacılık Ltd. Şti., Ankara.
- Clarke, C., 2012. *The Science of Ice Cream*. Royal Society of Chemistry.
- Clarke, C., 2004. *The Science of Ice Cream*. Royal Society of Chemistry.
- Clarke, C., Cox, A., 2024. *Science of Ice Cream*. Royal Society of Chemistry.
- Cribb, P.J., 2005. U.S. whey products and sports nutrition.
- Csapó, J., 2014. *Tejipari technológia, Sapiencia Tankönyvek*. Scientia Kiadó, Kolozsvár.
- Danesh, E., Goudarzi, M., Jooyandeh, H., 2017. Short communication: Effect of whey protein addition and transglutaminase treatment on the physical and sensory properties of reduced-fat ice cream. *J. Dairy Sci.* 100, 5206–5211. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12537>
- de Figueiredo Furtado, G., da Silva Carvalho, A.G., Hubinger, M.D., 2021. Model infant formulas: Influence of types of whey proteins and oil composition on emulsion and powder properties. *J. Food Eng.* 292, 110256. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110256>
- Durpekova, S., Bergerova, E.D., Hanusova, D., Dusankova, M., Sedlarik, V., 2022. Eco-friendly whey/polysaccharide-based hydrogel with poly (lactic acid) for improvement of agricultural soil quality and plant growth. *Int. J. Biol. Macromol.* 212, 85–96. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.05.053>
- Fischer, C., Kleinschmidt, T., 2015. Synthesis of galactooligosaccharides using sweet and acid whey as a substrate. *Int. Dairy J.*, 7th International Whey Conference 48, 15–22. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2015.01.003>
- Goff, H.D., 2016. Milk Proteins in Ice Cream, in: McSweeney, P.L.H., O'Mahony, J.A. (Eds.), *Advanced Dairy Chemistry: Volume 1B: Proteins: Applied Aspects*. Springer, New York, NY, pp. 329–345. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2800-2_13
- Goff, H.D., Hartel, R.W., 2013. *Ice Cream*. Springer Science & Business Media.
- Hidas K.I., 2022. *A fagyasztás hatásai a tojáslevek minőségi jellemzőire (Phd)*. Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Élelmiszertudományi Doktori Iskola, Budapest.
- Hodúr C., 2013. *Élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok hasznosításának új irányai (phd)*. Szegedi Tudományegyetem, Szeged.
- Internetes forrás 1: *Ice Cream Consumption by Country 2025 [WWW Document]*, 2025. *World Popul. Rev.* URL <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/ice-cream-consumption-by-country> (accessed 11.1.25).

- Internetes forrás 2: Ice Cream - Worldwide Statista Market Forecast [WWW Document], [N. a.]. Statista. URL <http://frontend.xmo.prod.aws.statista.com/outlook/cmo/food/confectionery-snacks/confectionery/ice-cream/worldwide> (accessed 11.1.25).
- Internetes forrás 3: Ice cream consumption up to 5 liters per person - Budapest Business Journal, 2015. URL <https://bbj.hu/budapest/events/conferences/research-ice-cream-consumption-up-to-5-liters-per-person/> (accessed 11.1.25).
- Karipçin, M.Z., Al Benni, B., 2025. The effects of synthetic fertilizer and whey protein concentrate application on pepper plant's (*Capsicum annuum* L.) yield and growth. *J. Plant Nutr.* 48, 813–826. <https://doi.org/10.1080/01904167.2024.2414762>
- Królczyk, J., Dawidziuk, T., Janiszewska-Turak, E., Sołowiej, B., 2016. Use of Whey and Whey Preparations in the Food Industry – a Review. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 66, 157–165. <https://doi.org/10.1515/pjfns-2015-0052>
- Królczyk, J.B., Janiszewska-Turak, E., Dawidziuk, T., Sołowiej, B., 2016. Use of Whey and Whey Preparations in the Food Industry – a Review. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 66, 157–165. <https://doi.org/10.1515/pjfns-2015-0052>
- Li, M., Correa-González, Y.X., Li, T., Wu, T., 2025. Assessing ice recrystallization inhibition effect of stabilizer in ice cream systems: Methods and influencing factors. *Food Hydrocoll.* 160, 110743. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2024.110743>
- Loffredi, E., Moriano, M.E., Masseroni, L., Alamprese, C., 2021. Effects of different emulsifier substitutes on artisanal ice cream quality. *LWT* 137, 110499. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110499>
- Macwan, S.R., Dabhi, B.K., Parmar, S.C., Aparnathi, K.D., 2016. Whey and its Utilization. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.* 5, 134–155. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2016.508.016>
- Madden, J.K., 1989. Ice Cream, in: Wilson, A. (Ed.), *Foams: Physics, Chemistry and Structure*. Springer, London, pp. 185–196. https://doi.org/10.1007/978-1-4471-3807-5_11
- Magyar Élelmiszerkönyv Bizottság, 2002. Magyar Élelmiszerkönyv (Codex Alimentarius Hungaricus) 2-401 számú irányelv: Jégkrémek.
- Marshall, K., 2004. Therapeutic Applications of Whey Protein 9, 136–156.
- Marshall, R.T., Goff, H.D., Hartel, R.W., 2003. *Ice Cream*. Springer Science & Business Media.
- McGee, H., 2004. *On Food and Cooking: The Science and Lore of the Kitchen*. Scribner, New York.
- McGee, H., 2003. *On Food and Cooking: The Science and Lore of the Kitchen*. Simon & Schuster.
- Mohan, M.S., Hopkinson, J., Harte, F., 2014. Milk and Ice Cream Processing, in: *Food Processing*. John Wiley & Sons, Ltd, pp. 383–404. <https://doi.org/10.1002/9781118846315.ch17>
- Mucsi I., 2016. A tejsavó az élelmiszeriparban. Tudás Alapítvány, Hódmezővásárhely.
- Nyulas-Zeke, I.C., Hidas, K.I., Pásztor-Huszár, K., Dalmadi, I., Szücs, E., Pap, R., Csurka, T., 2024. Analysis of Techno-Functional Properties of Fermented and Non-Fermented Buttermilk-Containing Ice Creams. *Sustainability* 16, 7714. <https://doi.org/10.3390/su16177714>
- Paul, S., Kulkarni, S., Chauhan, R.N., 2022. Utilization of whey in bakery products-A Review. *Indian J. Dairy Sci.* 75.
- Pénzes J., 2023. Omlós karamella termék fejlesztése tejipari melléktermék felhasználásával (BSc/BA). Debreceni Egyetem, Debrecen.
- Prokopowicz, M., Rózycki, K.M., 2017. Innovation in cosmetics. *World Sci. News* 72, 448–456.
- Qamar, A.S., Saba Anwar, Rizwan Shukat, Tahir Zahoor, 2018. Effects of different ingredients on texture of ice cream. *ResearchGate* Volume 8, Issue 6. <https://doi.org/10.15406/jnhfe.2018.08.00305>
- Quinzio, G.M., 2009. *Of Sugar and Snow: A History of Ice Cream Making*. University of California Press.
- Risner, D., Tomasino, E., Hughes, P., Meunier-Goddik, L., 2019. Volatile aroma composition of distillates produced from fermented sweet and acid whey. *J. Dairy Sci.* 102, 202–210. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14737>

- Ruger, P.R., Baer, R.J., Kasperson, K.M., 2002. Effect of Double Homogenization and Whey Protein Concentrate on the Texture of Ice Cream1. *J. Dairy Sci.* 85, 1684–1692.
[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74241-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74241-0)
- Smithers, G.W., 2008. Whey and whey proteins—From ‘gutter-to-gold.’ *Int. Dairy J.* 18, 695–704.
<https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2008.03.008>
- Sofjan, R.P., Hartel, R.W., 2004. Effects of overrun on structural and physical characteristics of ice cream. *Int. Dairy J.* 14, 255–262. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2003.08.005>
- Stijepić, I., Malinović, N., Vujasinović, D., Stijepić, M., 2023. Possibilities of using whey protein as supplements in the nutrition of athletes 177–190.
- Stoliar, M., 2009. U.S. Whey Ingredients in Bakery Products. US Dairy Export Council, Applications monograph Bakery.
- Vida A., 2024. Élelmiszeripari melléktermékek fermentációs hasznosításának vizsgálata (Phd). Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar, Budapest.
- Weiss, L.B., 2012. *Ice Cream: A Global History*. Reaktion Books.
- Young, S., 2007. Whey products in ice cream and frozen dairy desserts.
- Zandona, E., Blažić, M., Režek Jambrak, A., 2021. Whey Utilization: Sustainable Uses and Environmental Approach. *Food Technol. Biotechnol.* 59, 147–161.
<https://doi.org/10.17113/ftb.59.02.21.6968>
- Zeke I., 2015. Fagyasztott élelmiszer-emulziók stabilitásának vizsgálata (phd). Budapesti Corvinus Egyetem, Budapest.

9. Táblázatok jegyzéke

1. táblázat: Literben kifejezett országonkénti fagylalt fogyasztás 2024-ben (forrás: Internetes forrás 1, 2025).....	7
2. táblázat: összetevők mennyisége 6 különböző fagylaltmix receptúrájában (g/100 g késztermék) (forrás: saját szerkesztés):	21

10. Ábrák jegyzéke

1. ábra: Fagylalt mikroszkopikus szerkezete (McGee, 2003)	9
2. ábra: pasztörözött fagylaltkeverék fóliatásakba csomagolva (forrás: saját szerkesztés).....	22
3. ábra: fagylaltminta színmérése petri-csészében, áttetsző fólián keresztül (forrás: saját szerkesztés)	24
4. ábra: olvadási tulajdonság vizsgálatának folyamata (forrás: saját szerkesztés)	25
5. ábra: pH-értékek a fagylaltban felhasznált tejsavó mennyiségének függvényében (forrás: saját szerkesztés).....	27
6. ábra: szárazanyag-tartalom alakulása a felhasznált tejsavó függvényében (forrás: saját szerkesztés)	28
7. ábra: fagylaltok térfogatváltozása a felhasznált édes tejsavó függvényében (forrás: saját szerkesztés).....	29
8. ábra: fagylaltminták világossági tényezője (L^*) a felhasznált tejsavó függvényében (forrás: saját szerkesztés).....	30
9. ábra: fagylaltminták vörös/zöld szintényezője a felhasznált tejsavó függvényében (forrás: saját szerkesztés).....	30
10. ábra: fagylaltminták sárga/kék szintényezője (b^*) a felhasznált tejsavó függvényében (forrás: saját szerkesztés).....	31
11. ábra: lecsepegett fagylalt tömege [g] az eltelt idő [perc] függvényében (forrás: saját szerkesztés)	32
12. ábra: fagylaltminták intenzív olvadási szakaszának ábrázolása a lecsepegett minta mennyiség [g] és az idő [perc] függvényében (forrás: saját szerkesztés).....	32
13. ábra: fagylaltminták folyásgörbéi - nyírási sebesség [1/s] ábrázolva a nyírófeszültség [Pa] függvényében (forrás: saját szerkesztés)	34
14. ábra: fagylaltminták viszkozitásgörbéi - nyírási sebesség [1/s] ábrázolva a látszólagos viszkozitás függvényében [Pa] (forrás: saját szerkesztés)	35
15. ábra: fagylaltminták (0%, 20%, 40%, 60%, 80%, 100%) folyáshatár [Pa] értékei (forrás: saját szerkesztés).....	36
16. ábra: fagylaltminták (0%, 20%, 40%, 60%, 80%, 100%) folyásindex értékei (forrás: saját szerkesztés).....	36
17. ábra: fagylaltminták (0%, 20%, 40%, 60%, 80%, 100%) konzisztencia koefficiensei [Pasn] (forrás: saját szerkesztés).....	37
18. ábra: érzékszervi bírálat átlagolt eredményei pókháló diagramon szemléltetve (forrás: saját szerkesztés).....	38

11. Mellékletek

1. *Melléklet: egytényezős varianciaanalízis vizsgálat eredményei a különböző fagyaltminták (0%, 20%, 40%, 60%, 80%, 100%) MDR értékeiről (forrás: saját szerkesztés)*

Several-sample tests					
One-way ANOVA	Residuals	Tukey's pairwise	Kruskal-Wallis	Mann-Whitney pairwise	Dunn's post hoc
Test for equal means					
	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p (same)
Between groups:	791,529	5	158,306	0,2847	0,9184
Within groups:	20018,7	36	556,076		Permutation p (n=99999)
Total:	20810,3	41			0,9158
Components of variance (only for random effects):					
Var(group):	-56,8243	Var(error):	556,076	ICC:	-0,113819
omega²:	0				
Levene's test for homogeneity of variance, from means				p (same):	0,9875
Levene's test, from medians				p (same):	0,9888
Welch F test in the case of unequal variances: F=0,2287, df=16,79, p=0,9447					
Close Copy Print Help					

2. *Melléklet: egytényezős varianciaanalízis eredményei különböző fagyaltminták (0%, 20%, 40%, 60%, 80%, 100%) nyírófeszültség [Pa] értékeiről (forrás: saját szerkesztés)*

Several-sample tests					
One-way ANOVA	Residuals	Tukey's pairwise	Kruskal-Wallis	Mann-Whitney pairwise	Dunn's post hoc
Test for equal means					
	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p (same)
Between groups:	247,541	5	49,5082	0,3771	0,864
Within groups:	23630,5	180	131,28		Permutation p (n=99999)
Total:	23878	185			0,8625
Components of variance (only for random effects):					
Var(group):	-2,63781	Var(error):	131,28	ICC:	-0,020505
omega²:	0				
Levene's test for homogeneity of variance, from means				p (same):	0,6822
Levene's test, from medians				p (same):	0,8955
Welch F test in the case of unequal variances: F=0,3224, df=83,91, p=0,8982					
Close Copy Print Help					

3. *Melléklet: egytényezős varianciaanalízis eredményei különböző fagylaltminták (0%, 20%, 40%, 60%, 80%, 100%) látszólagos viszkozitás [Pa] eredményeiről (forrás: saját szerkesztés)*

Several-sample tests

One-way ANOVA | Residuals | Tukey's pairwise | Kruskal-Wallis | Mann-Whitney pairwise | Dunn's post hoc

Test for equal means

	Sum of sqrs	df	Mean square	F	ρ (same)
Between groups:	21741,1	5	4348,23	0,4437	0,8174
Within groups:	1,76385E06	180	9799,15		Permutation ρ (n=99999)
Total:	1,78559E06	185			0,8192

Components of variance (only for random effects):

Var(group):	-175,836	Var(error):	9799,15	ICC:	-0,0182719
ω^2 :	0				

Levene's test for homogeneity of variance, from means ρ (same): 0,6854
 Levene's test, from medians ρ (same): 0,8683

Welch F test in the case of unequal variances: $F=0,4156$, $df=83,91$, $\rho=0,8367$

Close | Copy | Print | Help

11. Hallgatói nyilatkozat

NYILATKOZAT

szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Horváth-Kis Katalin
A Hallgató Neptun kódja: I58LIZ
A dolgozat címe: Édes tejsavó felhasználása fagylaltokban
A megjelenés éve: 2025
A konzulens intézetének neve: Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Állatiermék és Élelmiszertartósítási Technológiai Tanszék

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 valótlant 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 szellemi tulajdon-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 11. hó 03. nap

Horváth-Kis Katalin
Hallgató aláírása

12. Hallgató nyilatkozata mesterséges intelligencia használatáról

Hallgatók, doktoranduszok nyilatkozata mesterséges intelligencia (MI) alkalmazásáról

1. Általános adatok

Hallgató neve:	Horváth-Kis Katalin
Neptun-kódja:	I58LIZ
Képzési szint (a megfelelőt jelölje X-szel):	X BSc/BA <input type="checkbox"/> MSc/MA <input type="checkbox"/> Doktori (PhD) <input type="checkbox"/> Egyéb:
Tantárgy neve/kódja*:	Szakdolgozat
A munka címe:	Édes tejsavó felhasználása fagyaltokban

* 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, töltsse ki a vonatkozó táblázatokat!)

3. A mesterséges intelligencia használatának részletezése

I. TÁBLÁZAT: Asszisztensi vagy kisebb mértékű felhasználás (pl. fordítás, nyelvi korrekció, 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)
fordítás	ChatGPT	

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 MI-eszköz neve,	Az érintett fejezet / ábra / táblázat pontos sorszáma	A prompt-naplót tartalmazó melléklet

	verziója, elérhetősége		bejegyzésének sorszám
-	-	-	-

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 helytállóságáért 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. 11. 03.

Kovács Kriszta Katalin

Hallgató aláírása

Dr. Horváth Zoltán

Konzulens/Témavezető aláírása

13. Konzulensi nyilatkozat

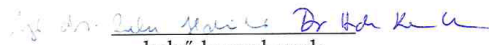
NYILATKOZAT

Horváth-Kis Katalin (név) (hallgató Neptun azonosítója: I58LIZ) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védelemre javaslom / nem javaslom¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*2}

Kelt: 2025. év 10. hó 25. nap


belső konzulensek

¹ A megfelelő aláhúzendő.

² A megfelelő aláhúzendő.