

DIPLOMADOLGOZAT

Szilágyi Sára

2025



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

NAGY FEHÉRJETARTALMÚ, TOJÁSFEHÉRJE ALAPÚ
FAGYLALTOK FEJLESZTÉSE ÉS VIZSGÁLATA

Belső konzulens:	Dr. Hidas Karina Ilona egyetemi adjunktus
Belső konzulens intézete/tanszéke:	Állattermék és Élelmiszertartósítási Technológia Tanszék
Belső konzulens:	Vargáné dr. Tóth Adrienn tudományos munkatárs
Belső konzulens intézete/tanszéke:	Állattermék és Élelmiszertartósítási Technológia Tanszék
Készítette:	Szilágyi Sára

Budapest
2025

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés és célkitűzés	1
2.	Szakirodalmi áttekintés.....	3
2.1	A fagylaltok és jégkrémek csoportosítása	3
2.1.1	A fagylaltokra és jégkrémekre vonatkozó szabályozások	3
2.1.2	A fehérjetartalomra vonatkozó szabályozások	4
2.2	A fagylalt szerkezete és annak kialakulása.....	4
2.3	A fagylalt összetevői és szerepük	5
2.4	A tojásfehérje.....	7
2.5	A kókuszital	8
2.6	A ToTu Ital tojásfehérje készítmény	8
2.7	A tejfehérje kiváltása a fagylaltban	9
2.8	A jégkrémgyártás lépései.....	10
3.	Alkalmazott módszerek	13
3.1	Mintaelőkészítés	13
3.2	Módszerek.....	15
3.2.1	pH-érték meghatározása	15
3.2.2	Színmérés.....	16
3.2.3	Szárazanyag-tartalom meghatározása.....	17
3.2.4	Az olvadékonyság vizsgálata.....	17
3.2.5	Habosodás vizsgálata.....	18
3.2.6	Reológiai vizsgálatok.....	19
3.2.7	Hőfizikai tulajdonságok meghatározása	19
3.2.8	Részecskeméret vizsgálata.....	21
3.2.9	Érzékszervi minősítés	21
3.2.10	Fogyasztói megkérdezés	22
3.2.11	Statisztikai értékelés	22
4.	Eredmények és értékelésük.....	24
4.1	A kutatást megelőző fogyasztói megkérdezés eredményei	24
4.2	A pH-mérés eredményei	26
4.3	A színmérés eredményei.....	27
4.4	A szárazanyag-tartalom mérés eredményei	31
4.5	Az olvadékonyság eredményei	31
4.6	A habosodás eredményei	33
4.7	A reológiai vizsgálat eredményei	33

4.8 A DSC mérés eredményei	35
4.9 A részecskeméret vizsgálat eredményei	36
4.10 Az érzékszervi vizsgálat eredményei.....	37
4.11 A kutatást követő fogyasztói megkérdezés eredményei.....	39
4.12 A fagylaltok tápanyag-összetétele	40
5. Következtetések és javaslatok	42
6. Összefoglalás	43
7. Irodalomjegyzék	45
8. Táblázatok és ábrák jegyzéke	50
Köszönetnyilvánítás	52
Nyilatkozatok	53

1. Bevezetés és célkitűzés

A fagylalt a világ az egyik legnépszerűbb, legtöbbet fogyasztott desszertje. Magyarországon átlagosan az egy főre vetített jégkrém fogyasztás 3-4 liter (Internet 1). A tejalapú fagylaltok fő összetevője a tej, ami manapság a fogyasztók körében gyakran került ételmisszer.

A növényi alapú tejhelyettesítő termékek jó alternatívát biztosítanak azon fogyasztók számára, akik a hagyományos tejalapú termékeket különböző okokból kerülnek. A leggyakoribb ok a tej-analógok fogyasztására a laktóztolerancia, amely a világ lakosságának körülbelül 65%-át érinti. Az intolerancián kívül a helyettesítők alkalmazása következhet tejfehérje allergia, vegán vagy vegetáriánus életmód, esetenként etikai, állatjóléti okokból (Moshtagian és mtsai., 2024).

A növényi alapú fehérjék mellett gyakran alkalmazzák a tojást a tejfehérjék helyettesítésére. A tojás az egyik leggyakrabban alkalmazott ételmisszeripari összetevő magas biológiai értéke, alacsony kalóriatartalma és kiváló technofunkciós tulajdonságai miatt. Kimagasló habképző tulajdonságokkal rendelkezik a benne található fehérjéknek köszönhetően, ami a fagylaltgyártás során elengedhetetlen. A fehérjék létfontosságú makrotápanyagok az életműködéshez. A tojásban lévő fehérjék biztosítják az esszenciális aminosavakat az emberi szervezet számára.

A megváltozott táplálkozási szokások és rohanó életmód miatt fontossá vált a fehérjék legkülönbözőbb ételmisszerből történő pótlása. Ennek köszönhetően növekszik a fogyasztói igény új, fehérjében gazdag ételmisszerek iránt, ami kutatások alapján leginkább a mindennapi étkezésben is alkalmazott ételmisszerek körét jelenti. Abból adódóan, hogy a fagylalt egy minden korosztály által keresett termék, kiváló alapjául szolgálhat a fehérjével való dúsításnak (Roy és mtsai., 2024).

A képzési szakirányomból és az érdeklődési körömből adódóan választottam a termékfejlesztési diplomamunka témát magamnak. Már a szakdolgozatomban is a tojásfehérjé vizsgálatával foglalkoztam, ami alapjául szolgált a termékfejlesztési kutatásomnak.

A munkám célja olyan tejmentes fagylaltok fejlesztése és vizsgálata, amelyekben a tej alapanyag helyettesítésére kókuszitált, tojásfehérjelevegő és ToTu Ital tojásfehérje készítményt alkalmazok egyéb összetevők változtatása nélkül. Kísérleteim során összehasonlítom a tejet

tartalmazó fagylaltok és a tejmentes alternatívák tulajdonságait a fagylaltkészítés és az azt követő tárolás során.

Munkám során az alábbi célokat tűztem ki:

- Méréseim megkezdése előtt célokom fogyasztói kérdőíves felméréssel piackutatást végzni a fagylalt, tojás és fehérje fogyasztási szokásokról, valamint a tojásfehérjével készített fagylaltok elfogadásáról.
- Méréseim során célokom megvizsgálni azt, hogy a tej kiváltására szolgáló nyersanyagok milyen hatással vannak az elkészített fagylaltok színére hőkezelés, érlelés, fagyasztás és tárolás hatására.
- Foglalkozok azzal, hogy fagylaltok tápérték-összetétele hogyan változik meg a tej helyettesítésével, illetve jogszabályi oldalról vizsgálom a fagylaltok fehérjetartalmára vonatkozó állításokat.
- Keresem a választ arra a kérdésre, hogy a fagylaltok reológiai, hőfizikai paramétereit megváltoztatják-e az új alapanyagok.
- Célokom megvizsgálni a fagylaltok habosodásának mértékét és olvadási tulajdonságait.
- Valamint foglalkozok azzal, hogy a fogyasztók számára érzékszervi tulajdonságok szempontjából mely alapanyag alkalmas leginkább a tej helyettesítésére.

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1 A fagylaltok és jégkrémek csoportosítása

A „fagylalt” és „jégkrém” kifejezéseket a köznyelvi használatban általában megkülönböztetés nélkül használjuk, azonban jogszabályi előírások, összetétel és gyártástechnológia alapján külön kategóriába tartoznak (Internet 2).

2.1.1 A fagylaltokra és jégkrémekre vonatkozó szabályozások

A fagylaltok és jégkrémek megkülönböztetésére vonatkozó előírásokat a Magyar Élelmiszerkönyv I. kötete tartalmazza.

A fagylaltokra vonatkozóan nincsenek meghatározott jogszabályi előírások összetételre, gyártástechnológiára, csak abban az esetben, ha „kézműves fagylaltként” szeretnénk a terméket megnevezni. Ugyanakkor, ha a fagylaltot helyben előállított cukrászati termékként kezelik, az általános élelmiszer-higiéniai és biztonsági szabályok 852/2004/EK rendelet alapján vonatkoznak az élelmiszer-ipari vállalkozásokra. „Kézműves fagylalt” megnevezés esetében a Magyar Élelmiszerkönyv 2-109 számú irányelve alapján kézműves élelmiszer kategóriába sorolható a termék. Az ilyen kézműves fagylaltokban összetétel szempontjából meghatározott, hogy sovány tejpor állományjavítóként nem használható a tej alapú fagylaltokban, valamint tartósítószer, aroma és színezék nem adható a termékhez. Az irányelv meghatározza továbbá a kézműves fagylaltokra vonatkozó minőségi és érzékszervi jellemzőket.

A jégkrémek szabályozására vonatkozó előírásokat a Magyar Élelmiszerkönyv 2-401 számú irányelv tartalmazza. A 1333/2008/EK rendelet alapján az összetétel szerint a jégkrémek 7 féle kategóriába sorolhatók, melyek a következők: tejjégkrém, tejes jégkrém, gyümölcsjégkrém, szorbé, tejes gyümölcsjégkrém, jégkrém és vizes jégkrém. A kategóriák közötti fő különbség a zsír-, zsírmentes szárazanyag- és gyümölcstartalomban található. A jégkrémek előírás szerinti összetételét az 1. táblázat szemlélteti a MÉ 2-401 számú irányelv alapján.

A felhasználható összetevőkön túl a rendelet ismerteti az érzékszervi jellemzők egységes tulajdonságait. A jégkrémek csomagolására, árusítására, tömegére vonatkozó követelmények alapján 3 kategóriát fogalmaztak meg, amelyek a következők: impulzus, takehome és catering típusú jégkrémek. A fentieken kívül a szabályozás részletesen rögzíti a jelölésre vonatkozó előírásokat (Internet 3).

Mindezen szabályok betartása a jégkrémek kiváló minőségén túl fogyasztóvédelmi szempontból is kiemelten fontosak.

1. táblázat: A jégkrémek összetételi jellemzői a Magyar Élelmiszerkönyv 2-401 számú irányelv alapján
(Forrás: Internet 3)

A II. fejezet 1. pont szerinti jégkrémtípusok	AZ ELŐÁLLÍTÓ RECEPTÚRÁJÁRA VONATKOZÓ ÖSSZETÉTELI JELLEMZŐK							
	Zsírmentes tejszárazanyag	Fehérjék		Zsírdekók		Gyümölcsök és zöldségek		
		Tejfehérje	Egyéb fehérje	Tejsír	Egyéb zsírdekó	Általános	Savanyú és intenzív ízű	Erős ízű és/vagy erősen rostos zöldségek
1.1. Tejjégkrém	legalább 8,0% (m/m)	tartalmaz	nem tartalmaz kivéve a II. fejezet 2.3 pontja	legalább 5,0% (m/m)	nem tartalmaz kivéve a II. fejezet 2.3 pontja			
1.2. Tejes jégkrém	legalább 6,0% (m/m)	tartalmaz	nem tartalmaz kivéve II. fejezet 2.3 pontja	legalább 2,5% (m/m)	nem tartalmaz kivéve II. fejezet 2.3 pontja			
1.3. Gyümölcsjégkrém						legalább 15,0% (m/m)	legalább 10,0% (m/m)	legalább 5,0% (m/m)
1.4. Szorbé				nem tartalmaz		legalább 25,0% (m/m)	legalább 15,0% (m/m)	legalább 10,0% (m/m)
1.5. Tejes gyümölcsjégkrém		tartalmaz	nem tartalmaz kivéve II. fejezet 2.3 pontja	legalább 1,5% (m/m)	nem tartalmaz kivéve II. fejezet 2.3 pontja	legalább 15,0% (m/m)	legalább 10,0% (m/m)	legalább 5,0% (m/m)
1.6. Jégkrém		tejfehérjét és/vagy egyéb fehérjét tartalmaz		tejsírt és/vagy egyéb zsírdekót tartalmaz				
1.7. Vizes jégkrém		nem tartalmaz		nem tartalmaz				

2.1.2 A fehérjetartalomra vonatkozó szabályozások

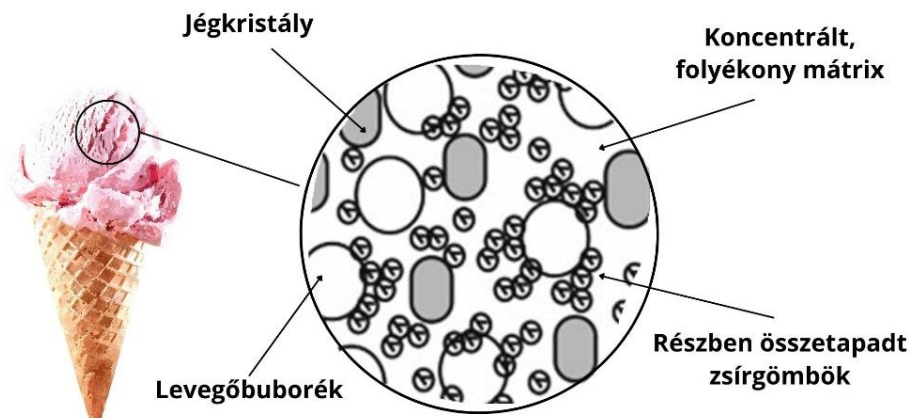
A tápanyag-összetételre vonatkozó állításokat az 1924/2006/EK rendelet szabályozza. Az élelmiszer jelölés egy specifikus esete, így abban az esetben, ha fehérjetartalomra vonatkozó állítást kívánunk feltüntetni, a rendelet szabályozását kell figyelembe venni.

A rendelet meghatározza azt, hogy a termék energiaértékének minimum hány százalékát kell fehérjének biztosítania, amely alapján „fehérjeforrásnak” abban az esetben nevezhető egy termék, ha energiatartalmát minimum 12%-a biztosítja fehérje, valamint „fehérjében gazdagnak”, ha minimum 20%. Megnövelt fehérje-tartalom akkor állítható egy terméken, ha a „fehérjeforrás” állításnak megfelel, valamint a fehérjetartalom megnövelése egy, a termékhez hasonló élelmiszerhez képest legalább 30% (Internet 6).

2.2 A fagylalt szerkezete és annak kialakulása

A fagylaltot összetett élelmiszernek tekintjük, amely különböző szerkezeti elemekből áll. Egy koloid rendszer, amely jégkristályokból, légcélpékből, zsírcseppekből és folytonos vizes fázisban diszpergált szénhidrátokból, fehérjékből és ásványi sókból áll (Zaaboul és mtsai., 2024). A fagylalt szerkezetét az 1. ábrán szemléltetem.

1. ábra: A fagylalt szerkezete
(Forrás: Goff és Hartel, 2013 alapján)

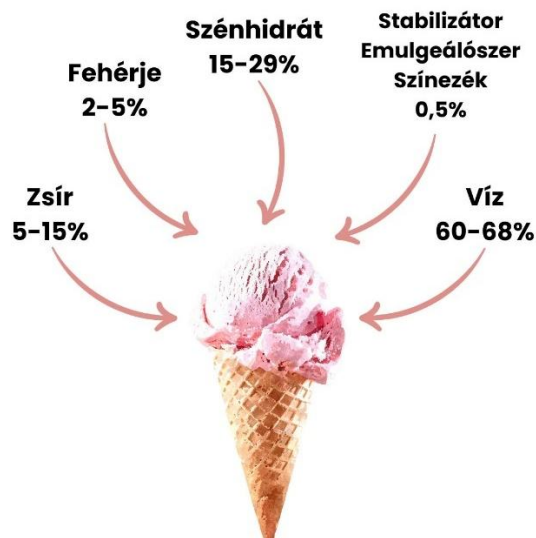


A fagylaltokban a hideg tárolás ellenére is csak a víz maximum 90%-a fagyasztható ki. A ki nem fagyasztott víz tartalmazza a vizes fázisú fehérjéket és stabilizátorokat, valamint a vízben oldott cukrokat és sókat. Ez a fázis vékony, folyékony réteggént veszi körül fagylalt szerkezetében lévő egyéb struktúrákat. A fagylalt jellegzetes állományát, jellegét a jégkristályok alakítják. A fagylalt kifagyasztása következtében 10-50 μm nagyságú jégkristályok keletkeznek. A fagylalt térfogatának nagy részét levegőbuborékok teszik ki, amelyek a fagylalt könnyed textúráját alakítják ki. A szerkezetben lévő levegő jelentős mennyisége a fagyasztva habosítás gyártástechnológiai folyamat során kerül bekeverésbe a jégkrémbe. A mixben eloszlalt levegőbuborékok átlagos mérete 20-25 μm közötti, bár egyes esetekben 100 μm nagyságúak is lehetnek. A nagyméretű jégkristályok a késztermékben érzékszervi eltéréseket okozhatnak. A levegőbuborékok felületére kialakult részben összetapadt zsírgömbök átlagos mérete a fagylaltban 5-10 μm közötti, de előfordulhatnak lényegesen nagyobb, 70-80 μm nagyságú klaszterek is (Goff és Hartel, 2013).

2.3 A fagylalt összetevői és szerepük

A fagylaltgyártás alapanyagaként tejet, cukrokat, tejszínt, valamint adalékanyagokat (emulgeálószer, stabilizátort, ízesítő és színező anyagok) használnak fel. A fagylalt alapvető tulajdonságait meghatározzák a felhasznált összetevők. Egy átlagos fagylalt összetételét a 2. ábra tartalmazza.

2. ábra: A fagylalt átlagos összetétele
(Forrás: Clarke és Cox, 2024 alapján)



Víz

A fagylaltok átlagos víztartalma 60-68%, amelyet a tej víztartalma, valamint az esetleg hozzáadott víz biztosít. A fagylaltkeverékhez adagolt összetevők szabad és kötött víztartalma is egyaránt hozzájárul a fagylalt víztartalmának mennyiségéhez. Annak érdekében, hogy a fagyasztva habosítás során a fagylaltra jellemző szerkezet alakuljon ki, az ajánlottnál több víztartalom hozzáadása a megszokottól eltérő állományú fagylaltot eredményezhet.

Tej

A fagylalt fő összetevője a tej. A tej egy összetett alapanyag, ami vízből (87%) tejszírből (4%), fehérjékből (3,5%), tejcukorból (4,8%) és ásványi anyagokból (0,3%) áll. A tejszírnak jelentős szerepe van a fagylalt jellemző tulajdonságainak kialakításában. A kazein oldószerként szolgál, valamint a termék reológiai, fizikai tulajdonságaiban is szerepet játszik. A tej kalcium- és foszfortartalma miatt a kedvezően befolyásolja a tej alapanyagot tartalmazó fagylaltok táplálkozás-élettani értékeit (Hartel és mtsai., 2017).

Édesítők

A fagylalt édes ízét, valamint szárazanyag-tartalmának jelentős részét a cukrok adják. Az ipari gyakorlatban leggyakrabban alkalmazott édesítők közé a dextróz, szacharóz, izocukor és méz tartoznak. A cukrok egyik meghatározó funkciója a víz fagyáspontjának csökkentése. A dextrózt intenzív fagyáspont csökkentő hatása és kevésbé édes íze miatt gyakran alkalmazzák a szacharózzal együttesen a fagylaltok édesítésére.

Zsír

A fagylaltok átlagos zsírtartalma 5-15%. A zsírok a fagylaltban számos funkciót töltenek be, amelyek hozzájárulnak a végső jelleg kialakulásához. Legfontosabb funkciói közé tartozik a

habstabilizáló hatása, csökkenti az olvadás sebességét, hozzájárul a krémes állomány kialakításához, valamint az íz kialakításában is fontos szerepet játszik, ugyanis megköti és hordozza a zsírban oldódó aromakomponenseket (Clarke és Cox, 2024).

Stabilizátorok

A fogyasztói szokások a fagylaltgyártás korai szakaszához képest megváltoztak, vagyis az előállítást követő fogyasztás helyett manapság hosszabb ideig tárolják a fagylaltokat. A hosszabb stabilitás érdekében stabilizálószerket szükséges a fagylalthoz adagolni (Hartel és mtsai., 2017). A fagylaltkészítményekben gyakran használt stabilizálószer a guargumi és a szentjánoskenyérmag-liszt. A stabilizálószer kiemelt feladata a szabad víztartalom egy részének megkötése. Ezek a poliszacharidok alkalmasak a fagylalt átkristályosodásának gátlására, viszkozitás növelésére, laktóz kristályosodásának gátlására (Li és mtsai., 2025).

Emulgeálószer

A fagylalt szerkezeti kialakításában az emulgeálószer fontos szerepet játszanak. Alapvető szerepük van a zsírok emulgeálásában. A fagylalt egy olaj a vízben (O/V) típusú emulzió, vagyis vizes fázisban olajcseppek diszpergált állapotban vannak jelen. Az ilyen típusú emulziók stabilizálásához poláris típusú emulgeálószerket alkalmaznak (Zeke, 2015.). Az emulziók metastabil rendszerek, amik idővel instabillá válhatnak, majd a fázisok teljesen szét is válhatnak a koaleszcencia hatására (Bloquet-Maurras és mtsai., 2025). Az emulgeálószer hatásuk során megakadályozzák a zsírcseppek nagyobb aggregátumokká történő összeolvadását oly módon, hogy csökkentik a felületi feszültséget a víz és a zsírcseppek között.

Az emulgeálószer a fagylaltmix habosodási minőségét javítja a levegő-folyadék határfelületen, valamint csökkenti a levegőbuborékok méretét és segítik az egyenletes levegőelosztást a habosított fagylaltban (Li és mtsai., 2025).

2.4 A tojásfehérje

A tojást 3 fő elem alkotja, amelyek a tojáshéj, tojásfehérje és a tojássárgája. A tojássárgája esszenciális aminosavakat, ásványi anyagokat és vitaminokat tartalmaz. A tojásfehérje fehérjéinek felét (54%) az ovalbumin alkotja, amely meghatározza a tojásfehérje izoelektromos pontját (4,43-4,66). A tojásfehérjében lévő konalbumin denaturációs hőmérséklete a legalacsonyabb (57°C) a fehérjék közül. A kiváló habképzési tulajdonságok az ovalbuminon kívül a lizozim, ovomucin és ovomukoid fehérjék kombinációjának köszönhető. Egyes kutatások alapján a legkedvezőbb habstabilitás értékek a tojásfehérje pH-értékén adódtak, míg a pH csökkentésével a hab stabilitása is mérséklődött (Razi és mtsai., 2023). A tojásfehérje

széles körű technofunkciós tulajdonságainak köszönhetően alkalmassá vált egyes termékek (például tej) helyettesítésére.

A tej alapanyag tojásfehérjére való cserélése során a tojás biológiai értéke és esszenciális aminosav tartalma miatt biztosítja azt az esszenciális aminosav mennyiséget, mint a tehéntejből készített fagylaltok. A tojásfehérje habképző, emulgeáló és zselésítő tulajdonságának köszönhetően számos területen alkalmazzák az élelmiszeriparban (Garcés-Rimón és mtsai., 2016).

2.5 A kókuszital

Habár a tehéntej számos emberi szervezet számára hasznos ásványi anyagot, vitamint, laktózt és kazeint tartalmaz, egyes fogyasztói csoportoknál allergiás reakciókat válthat ki intolerancia miatt. Továbbá a vér koleszterinszintje is növekedhet a tejzsír fogyasztása után. A fagylaltgyártás fő alapanyagaként a tej helyettesítésére jó alternatíva lehet a kókuszital (Góral és mtsai., 2018). Az utóbbi néhány évben megnőtt az igény a vegán termékek iránt, a fogyasztók körében elfogadottságot nyert (Caponio és mtsai., 2025).

A növényi alapú fagylaltok esetében a zsírpótlás fontos a pozitív fogyasztói érzékszervi értékelésben, így a kókuszdió jó alternatíva lehet a tejzsír pótlására (Hidas és mtsai., 2023). Egyes kutatások alapján a kókusztej fogyasztása rákellenes hatással bírhat, antimikrobás, vírusellenes tulajdonságokkal rendelkezik. Előnyös táplálkozás-élettani jellemzőkkel rendelkezik, az emésztést segíti és E-vitaminban gazdag (Tulashie és mtsai., 2022). A kókuszital energia tartalma kevesebb (100 ml termékben 20kcal) zsírtartalma pedig negyede (100 ml termékben 0,8g), mint a tejnek (energia: 100 ml termékben 62 kcal, zsír: 100 ml termékben 3,5 g).

2.6 A ToTu Ital tojásfehérje készítmény

A ToTu termékek olyan innovatív, tojásfehérje készítmények, amelyek alkalmasak lehetnek egyes tejtermékek helyettesítésére. A ToTu Ital tojásfehérje készítmény (3. ábra) homogénezett tojásfehérjelé, étkezési só, proteáz enzim és ételecet együttes alkalmazásával készített termék. Minden korosztálynak ajánlott fehérjetartalmának könnyű emészthetősége okán is. A termék alacsony energiatartalommal (100 g termék 25kcal) és magas fehérjetartalommal (6 g fehérje 100 g termékben) rendelkezik. A tojásfehérje készítmény fehér színének, homogén, híg folyós állományának, valamint a tartós tehéntejre emlékeztető íze okán kiválóan alkalmas édesipari termékek készítése során a tej helyettesítésére (Németh és mtsai., 2020).

3. ábra: A ToTu Ital tojásfehérje készítmény
(Forrás: Internet 4)



2.7 A tejfehérje kiváltása a fagylaltban

Az utóbbi időben a fagylaltban lévő tejfehérje kiváltását több kutatásban is vizsgálták. A kutatás célja legtöbb esetben az intolerancia kiküszöbölése, valamint alacsonyabb zsír és szénhidrát tartalmú termék létrehozása. A 2-es típusú cukorbetegség kialakulásának elkerülése, valamint a fogyasztók életmódváltással kapcsolatos érdeklődésének elterjedésével az élelmiszerkutatás egyik feltörekvő irányává vált a tejfehérje kiváltása, valamint a cukorhelyettesítők alkalmazása (López-Martínez és mtsai., 2021).

Noppakun és munkatársai (2025) avokádó alapú fagylaltokat fejlesztettek annak pozitív, egészségre gyakorolt hatásai miatt. Egy másik kutatásban kókusztej és szójafehérje felhasználásával fejlesztettek fagylaltot. A tanulmány bemutatta, hogy a szójafehérje kiválóan beépíthető a kókusztej alapú fagylaltokba (Yuliarti és mtsai., 2025). A tejszín extra szűz olíva olajra való cserélése is pozitív eredményekhez vezetett, Tagliamonte és munkatársai (2023) vizsgálatai alapján a fogyasztók elfogadottságot mutattak, azt állították, hogy nem változtatta meg az összetevő a fagylalt ízét jelentősen.

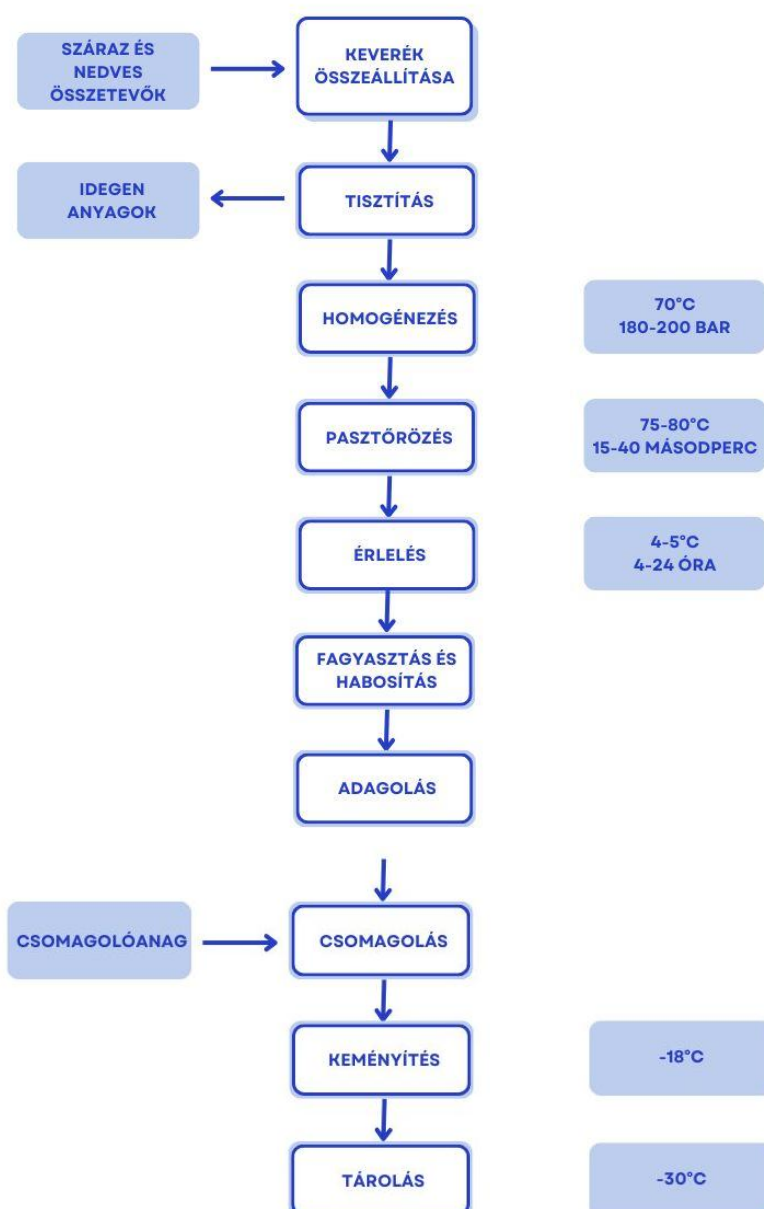
López-Martínez és munkatársai (2021) tanulmányukban bebizonyították, hogy fagylaltgyártás során a tej helyettesíthető tojásfehérje-hidrolizátummal, ugyanis az elkészített fagylaltok érzékszervi tulajdonságai a tejet tartalmazó fagylaltokhoz hasonlóan alakultak, valamint táplálkozás-élettani szempontból alacsonyabb cukor- és zsírtartalommal rendelkeztek.

A korábbi kutatási eredmények alapján feltételezhetően helyettesíthető a tej alapanyag a fagylaltban, annak kismértékű érzékszervi, fizikai-kémiai tulajdonságainak változásával.

2.8 A jégkrémgyártás lépései

A késztermékek tulajdonságaira a felhasznált összetevőkön kívül a gyártástechnológiai beállítások és a feldolgozás körülményei is egyaránt hatással bírnak. A következőkben bemutatom a jégkrémgyártás technológiai lépéseit és azok hatásait a késztermékre. A jégkrémgyártás technológiai folyamatát a 4. ábrán szemléltetem.

4. ábra: A fagylaltgyártás technológiai folyamatábrája
(Forrás: Csapo, 2014 alapján)



A gyártástechnológia kezdeti lépése a keverék összeállítása. A mix nedves alapanyagait (víz, tej, tejszín) pontos kimérést követően előmelegítik 65°C-ig a keverőtartályban, amely a száraz összetevők feloldásához szükséges folyadékalapot biztosítja. Az összetevők adagolása az

oldódási hőmérséklet alapján történik a folyadék fokozatos melegítésével (tejpor, kakaó, cukor, stabilizátor, emulgeálószer). A feloldás a csomómentes homogén állomány elérése érdekében szükséges

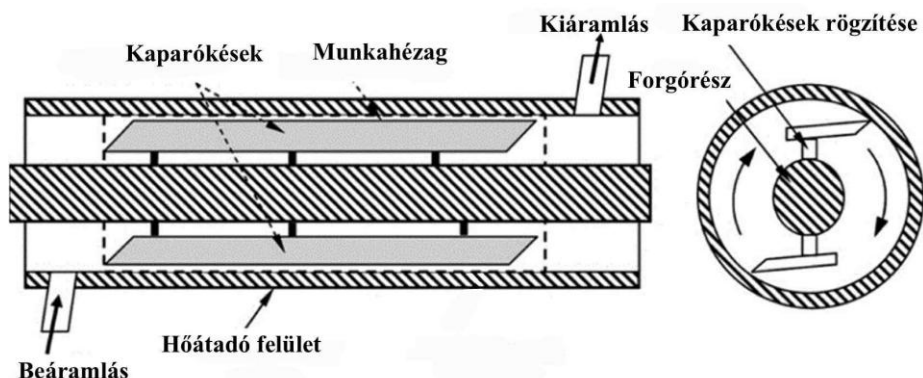
A keverék összeállítását a mix előkezelése követi. Ezen műveletek során tisztítást, homogénezést és pasztörözést végeznek. A tisztítás alapvető célja a szilárd szennyeződések kiszűrése. A minimum 70°C hőmérséklet elérése után a mix homogénezése történik. A homogénezés során a zsírgolyócskákat egy kisebb, egységes 2 µm átmérőjű, vagy ennél a méretnél kisebb zsírcseppekké aprítják. A művelet célja a fagyasztás alatti zsír demulgeálódásának kiküszöbölése, egy stabil zsírszuszpenzió létrehozásával. A zsírgolyócskák szétosztását dugattyús homogénező berendezéssel végzik, mely során a mixet egy nagyobb méretű nyíláson bevezetik és efelől kényszerítik egy kis méretű nyíláson keresztül 180-200 bar nyomás mellett (Csapo, 2014).

A homogénezést a lemezes hőcserélőben történő pasztörözés követi. A megfelelő mikrobiológiai állapot érdekében a patogén és romlást okozó mikroorganizmusok elpusztításához a keveréket hőkezelti szükséges. A pasztörözés a mikrobiológiai stabilizáláson túl fontos szerepet játszik a szilárd anyagok oldódásának elősegítésében és a zsírok olvasztásában, így javítható a mix íze és viszkozitása. A hőkezelést általában 75-80°C hőmérsékleten lemezes hőcserélőben végzik el a mix 15-40 másodperces hőntartásával (Goff és Hartel, 2013).

Hűtést követően a fagylaltkeverék érlelését 4-5°C hőmérsékleten 4-24 órán át végzik. A gyártástechnológia ezen szakaszában számos jótékony átalakulási folyamat végbemegy a keverékben, többek között a tejzsír részleges kristályosodása, a hozzáadott szárazanyagok hidratációja. Az érlelés a fagyasztva habosítás egy előkészítő művelete (Harfoush és mtsai., 2024).

A fagylalt megszokott állományának kialakításában a fagyasztva habosítás művelete játszik szerepet. A fagylaltban lévő víz kifagyasztása a gyártástechnológia során két lépésben, a dinamikus fagyasztás és a keményítés során megy végbe. A dinamikus fagyasztást kapart falú hőcserélőben végzik, amit a 5. ábra szemléltet.

5. ábra: A kapart falú hőcserélő
(Forrás: Harfoush és mtsai., 2024 alapján)



A berendezés egy cső a csőben hőcserélő, mely köpenyterében hűtőközeget keringetnek. A keverőegység a fagyasztóhenger teljes hosszában átível, szerepet játszik a fagyalt mikroszerkezetének kialakításában. A kaparókések többfunkciós keverőelemek, amelyek végzik a keverést, levegőztetést és a kialakult jégkristályok lekaparását a berendezés faláról. A fagyasztás során a termék végighalad a csőben, miközben a keverő 100-300 fordulat/perc sebességgel forog (Gallagher & Hartel, 2025).

A fagyasztóberendezésből kiáramló massa sűrűn folyó, krémszerű állománya miatt adagolása és egységcsomagolása egyszerű folyamat. A termékek csomagolása során különböző féle csomagoló anyagokat használnak fel, például műanyag fóliát, papírt vagy műanyag tégelyeket. A csomagolás általános célja a termék védelme az oxidációs folyamatoktól vagy a sérülésektől. A csomagolást követően a terméket tovább fagyasztják, amíg a termék el nem éri legalább a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot, de ideálisan -25 -és $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ közötti értéket. A gyors fagyasztás előnyös, ugyanis a lassú fagyasztás nagyobb jégkristályok kialakulásához vezethet, ami rontja a termék állományát és olvadási tulajdonságait (Goff és Hartel, 2013).

A fagyasztás során még a mixben maradt ki nem fagyott víztartalmat (kb. 30-70%) a keményítés szakaszában fagyasztják meg. A habosítást, adagolást és csomagolást követően a masszát legkésőbb 1 órán belül $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ra lehűtik (Csapo, 2014). A kész fagyalt értékesítésig a Magyar Élelmiszerkönyv szabályozása alapján a terméket $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on, de ipari gyakorlatban ennél alacsonyabb hőmérsékleten, $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on tárolják.

3. Alkalmazott módszerek

3.1 Mintaelőkészítés

A méréseimhez felhasznált natúr ToTu Ital tojásfehérje készítményt és homogénezett, pasztörözött tojásfehérjelevet a Capriovus Kft. biztosította. A szigetcsépi tojásfeldolgozó üzemben előállított ToTu Ital készítmény tojásfehérje, ételecet, étkezési só és proteáz enzim együttes alkalmazásával készült. A felhasznált tojásfehérjelé ketreces tartásból származó „A” osztályú, M méretű tyúktojásból készült a tojássárgája elválasztásával, homogénezéssel és pasztörözéssel. A minták elkészítéséhez felhasznált cukrot, dextrózt, guar gumit, 3,5% zsírtartalmú tejet, valamint a kókuszpasztát kiskereskedelmi üzletláncból szereztem be. A felhasznált kókuszpaszta laktóz-, illetve tojásmentes alapanyag. A minták előkészítését és a méréseket a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Budai Campusán az Állattermék és Élelmiszer-tartósítási Technológia Tanszék laboratóriumában végeztem el. A felhasználást megelőzően a hűtést igénylő alapanyagokat a laboratóriumi hűtőszekrényben 2-4°C hőmérsékleten tároltam.

A diplomamunkámhoz 4 féle fagylaltot készítettem 1-1 kg mennyiségben az előkísérletek során meghatározott receptek (2. táblázat) alapján. A minták összetétele azonos volt, egyedül a tej alapanyagot cseréltem le 3 esetben, kókuszitalra, ToTu Italra, illetve tojásfehérjelére.

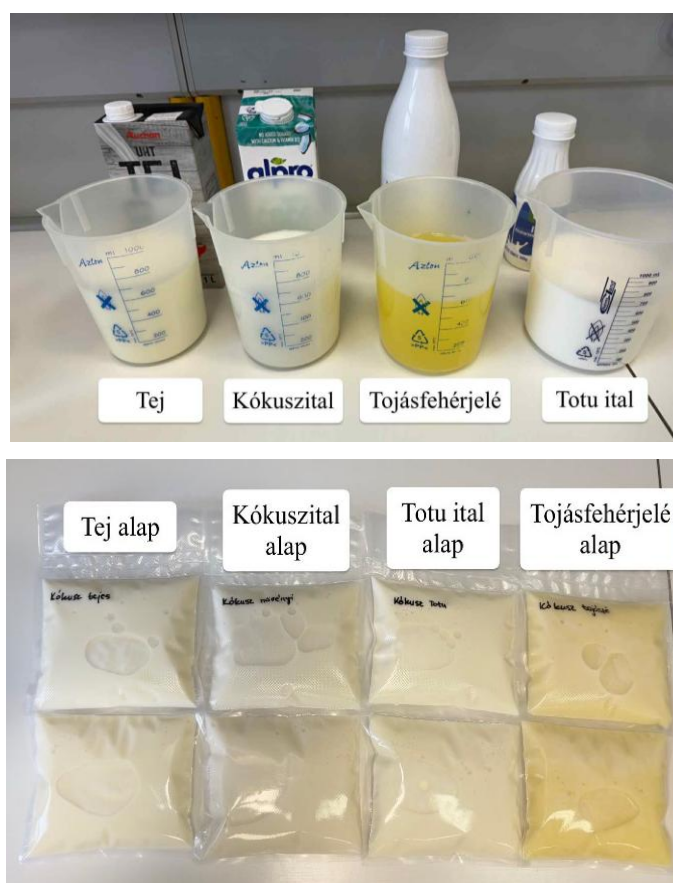
2. táblázat: A fagylaltok receptje
(Forrás: Saját)

	Tejet tartalmazó	Kókuszitalt tartalmazó	ToTu Ital tartalmazó	Tojásfehérjelevet tartalmazó
Összetevő	Mennyiség (g)			
3,5% tej	683	-	-	-
Kókuszital	-	683	-	-
ToTu natúr Ital	-	-	683	-
Tojásfehérjelé	-	-	-	683
Kókusz paszta	150	150	150	150
Cukor	110	110	110	110
Dextróz	55	55	55	55
Guargumi	2	2	2	2

A fagylaltkészítés első szakasza a fagylaltalapok előkészítése. A munka során a száraz alapanyagokat (cukor, dextróz, guar gum) két tizedes pontosságú táramérlegen kimértem külön-külön főzőpohárba, majd összekevertem. A folyékony hozzávalókat (tej, kókuszital, ToTu Ital, tojásfehérjelé, kókusz paszta) szintén két tizedes pontossággal mértem ki, majd egy

kézi homogenizátor (Robot Coupe Mini MP 160 V.V.) segítségével 5-ös fokozaton 2 percig kevertem a száraz alapanyagokkal a csomómentes állag elérése érdekében. A homogénezést követően 8x500 g mintát mértem ki táramérleg segítségével, amit PA-PE (poliamid-polietilén) tasakokba (90 µm: 20 µm PA + 70 µm PE; AMCO Kft, Budapest, Magyarország) töltöttem, majd fóliahegesztővel zártam. A fagylaltalapok előkészítési szakaszát az 6. ábrán szemléltetem.

6. ábra: A fagylaltalapok előkészítése
(Forrás: Saját)



A tasakokat 55°C hőmérsékletű vízfürdőbe helyeztem 30 percre, majd jégágyon hűtöttem. Az érlelési szakasz során a fagylaltalapokat 24 órán át érleltem 2-4°C hőmérsékleten a laboratóriumi hűtőszekrényben. A fagylaltalapokat két részre osztottam, melynek során minden mintából 500 g-nyi mennyiséget átszűrtem háztartási rozsdamentes acélszűrő segítségével, annak érdekében, hogy eltávolítsam a nagyobb kókusz darabokat, amelyek befolyásolhatják az elvégzett műszeres méréseket.

A fagylaltkészítés utolsó szakaszában a mintákat fagyasztva habosítottam Andretti CRM Gel5 hagyományos fagylaltkészítő berendezésben (7.ábra) 8-8 percig.

7. ábra: Andretti CRM fagylaltgép
(Forrás: Saját)



A fagylalt mintákat zárható műanyag tégelyekbe helyeztem, majd -18°C hőmérsékleten laboratóriumi fagyasztószekrényben tároltam a mérések elvégzéséig.

3.2 Módszerek

3.2.1 pH-érték meghatározása

A fagylalt alapok pH-értékének meghatározására szűrőelektrodás (Testo 206-pH2) pH mérőt használtam (8.ábra).

8. ábra: Testo 206-pH2 típusú pH mérő
(Forrás: Saját)



A mérések megkezdése előtt a készüléket kalibráltam az ehhez szükséges 4,01 és 7,01 pH-jú gyártói puffer oldatokkal. A mérést a fagylalt alapok bekeverése után, még érlelés előtt, valamint a 24 órás érlelés után végeztem el. A mintát minden alkalommal főzőpohárba öntöttem, majd a fagylaltalapba helyeztem a mérőelektrodát. A pH mérést a 4 féle mintán 4°C

hőmérsékleten végeztem 3 párhuzamossal. A mérések között az elektródát desztillált vízzel öblítettem és szárazra töröltem. Az eredményeket diagramon ábrázoltam.

3.2.2 Színmérés

A szín a termékek egyik legfontosabb érzékszervi tulajdonsága, amely alapján a fogyasztó elvárásokat alakít ki a termék valószínűsíthető ízével kapcsolatban (Spence, 2015). A termékfejlesztések során különösen jelentős szereppel bír, ugyanis a termék kezdeti elfogadása fontos szempont egy új termék bevezetése során.

A tejet helyettesítő alapanyagok színre gyakorolt hatásának vizsgálatát a szín mérésével végeztem. A méréshez reflexiós színmérésre alkalmas Konica Minolta CR400 színmérőt (9. ábra) használtam. A műszer segítségével a CIELAB színingertérben mérhető az L^* világossági tényező, a^* pozitív előjel esetén vörös, negatív előjel esetén zöld színezet, valamint a b^* pozitív előjel esetén sárga, negatív esetén kék színezet (Hidas és mtsai., 2022).

9. ábra: A Konica Minolta CR400 típusú színmérő berendezés
(Forrás: Saját)



A mérések megkezdése előtt a műszert a minták csomagolásához felhasznált polietilén csomagoláson keresztül fehér etalon segítségével kalibráltam. A szín mérését több alkalommal végeztem: érlelés előtt, érlelés után, kifagyasztás után és három hónapos tárolás utáni állapotában is. Minden minta esetében 5-5 párhozamos mérést végeztem. A színtényezőkből a ΔE^* színkülönbséget számoltam a fagyasztott és tárolt minták egymással, valamint a tejet tartalmazó mintákkal történő összehasonlítása során. A ΔE^* színkülönbséget az 1. egyenlet segítségével számítottam ki, majd a 3. táblázat alapján értékeltem két minta színének különbségét.

$$\Delta E^* = \sqrt{L^{*2} + a^{*2} + b^{*2}} \quad (1)$$

3. táblázat: Az emberi szem által érzékelhető színekülönbségek értékei
(Forrás: Cserhalmi és mtsai., 2006 alapján)

ΔE^* érték	Érzékelt színekülönbség
0-0,5	nem észrevehető
0,5-1,5	enyhén észrevehető
1,5-3,0	észrevehető
3,0-6,0	jól látható
6,0-12,0	nagy

3.2.3 Szárazanyag-tartalom meghatározása

A szárazanyag-tartalom meghatározását egyaránt elvégeztem a szűrt és a szűretlen mintákon is. A szűrt minták szárazanyag-tartalmának meghatározása a differenciális pásztázó kalorimetria és a részecskeméret meghatározás szempontjából, a szűretlen minták mérése pedig a késztermék szárazanyag-tartalmának meghatározása érdekében volt szükséges.

A méréshez az előre kiszárított Petri-csészéket és fedelüket analitikai pontossággal lemértem, majd analitikai mérlegen 1-1,5 g mennyiségű mintát mértem az üres mérőedényekbe. A 105°C hőmérsékletre előmelegített szárítószekrénybe helyeztem a mintákat nyitott fedéllel, tömegállandóságig szárítottam, majd szobahőmérséklet eléréséig szilikagélt tartalmazó exikkátorba helyeztem fedelükkel lezárva a visszanedvesedés meggátolása érdekében. Miután a minta a megfelelő hőmérsékletre visszahűlt, analitikai mérlegen 0,0001 pontossággal visszamértem a mintát tartalmazó Petri-csészéket. A méréseket 3 párhuzamossal végeztem. A mérések végeztével a 2. egyenlet alapján kiszámoltam a szárazanyag-tartalmat.

$$\text{szárazanyag – tartalom [\%]} = \frac{m_{\text{szm+me}} - m_{\text{me}}}{m_{\text{m}}} * 100 \quad (2)$$

Ahol:

$m_{\text{szm+me}}$: a szárított minta és a mérőedény tömege [g]

m_{me} : a mérőedény tömege [g]

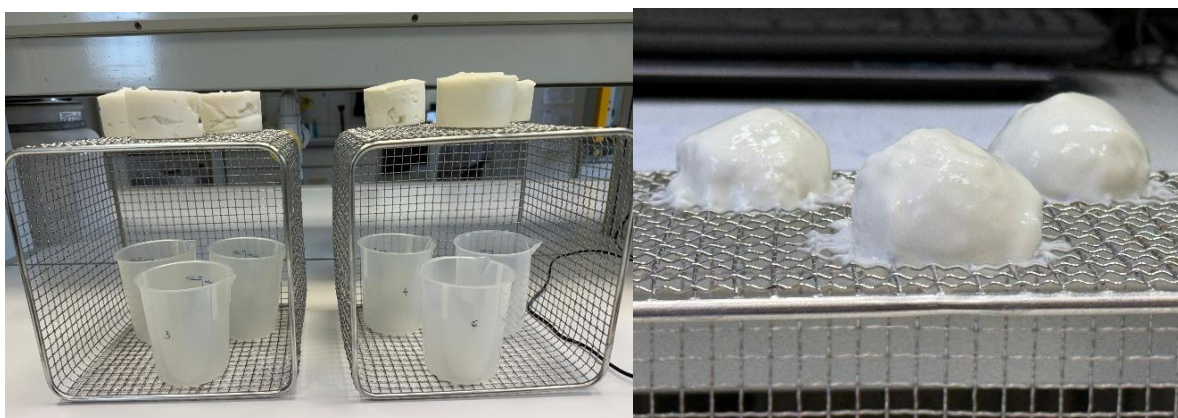
m_{m} : a szárítás előtt bemért minta tömege [g]

3.2.4 Az olvadékonyság vizsgálata

A fagylalt olvadási sebessége az egyik legfontosabb tulajdonsága. A fejlesztési folyamat fontos része a minták olvadékonyságának vizsgálata a pozitív fogyasztói élmény elérése érdekében.

A minták olvadákonyságának vizsgálatát 3 párhuzamos méréssel végeztem. A méréshez szilikon formába 85-90 g mennyiségű fagylalt mintát mértem be, majd 24 óráig -18°C-on keményítettem. Az így kapott mintákat fém rácstra tettem (10.ábra), alájuk előre lemért műanyag főzőpoharat helyeztem. A vizsgálat során a főzőpoharak és ezáltal a lecsöpögött fagylalt tömegét 5 percenként mértem és feljegyeztem. A mintákat 23°C hőmérsékleten 100%-ig hagytam elolvadni, majd az eredményekből olvadási görbét vettem fel.

10. ábra: Az olvadákonyság vizsgálata
(Forrás: Saját)



3.2.5 Habosodás vizsgálata

A habosodás (overrun) az a folyamat a fagyasztás során, amikor a keverés hatására levegő épül be a fagylaltkeverékbe. A fagyasztás során a mixbe beépülő levegő mennyisége a jégkristályok méretét befolyásolja, ami alapján elmondható, hogy nagyobb jégkristályok esetében kisebb overrun figyelhető meg (Sofjan & Hartel, 2004).

A méréseim során azonos térfogatú műanyag mérőedényt analitikai pontossággal lemértem. A mérőedény maximális űrtartalomig töltöttem a folyékony fagylaltmixet, majd az edény és a minta együttes tömegét analitikai pontossággal megmértem. A folyékony mixek kifagyasztása után az ismert tömegű mérőedényeket ismét megtöltöttem a már kifagyasztott fagylalttal és szintén tömeget mértem. A fagylaltok habosodási százalékát a 3. egyenlet alapján meghatároztam a folyékony fagylaltmix és a kihabosított fagylalt tömegéből, majd ezt követően diagramon ábrázoltam.

$$\text{Overrun [\%]} = \frac{\text{folyékony fagylaltmix tömege} - \text{habosított fagylalt tömege}}{\text{folyékony fagylaltmix tömege}} * 100 \quad (3)$$

3.2.6 Reológiai vizsgálatok

A fagylalt minták reológiai viselkedésének és tulajdonságainak méréséhez Anton Paar MCR 92 típusú reométert (11.ábra) használtam. A mérések során a minták oszcillációs viszkoziméteres jellemzőit vizsgáltam. A vizsgálatokat lap-lap mérőrendszerrel, homokfúvott felületű PP50/S, 50 mm átmérőjű mérőfejjel és PTD200 sima felületű mérőlappal, 1 mm-es laptávolsággal végeztem el. A méréseimhez amplitúdó söprés módszerét alkalmaztam, amely során az amplitúdót 0,005 és 40%-a között változtattam, 10 1/s szögsebesség mellett 30 mérési ponttal, -8°C hőmérsékleten. A méréseket 3 párhozamossal végeztem. A mérések között a mérőlapot -2°C hőmérsékletűre fűtöttem vissza a könnyebb mintacsere érdekében. A mérésekkel meghatároztam a minta nyugalmi állapotára jellemző rugalmassági (G_0') és veszteségi (G_0'') modulust, a lineáris viszkoelasztikus tartomány végét. Meghatároztam a komplex viszkozitás (η_M) értékét a rugalmassági és a veszteségi modulus metszéspontjából.

11. ábra: Anton Paar MCR 92 típusú reométer
(Forrás: Saját)



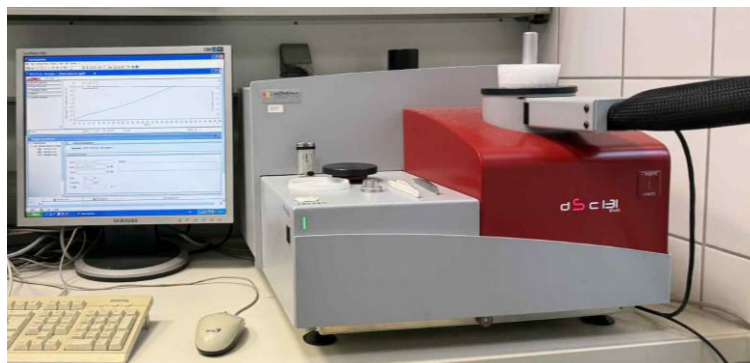
3.2.7 Hőfizikai tulajdonságok meghatározása

A Differenciális Pásztázó Kalorimetria (DSC) olyan hőanalitikai módszer, amelynek segítségével az anyagokban hőmérséklet hatására bekövetkezett átalakulási folyamatok hőáramát méri. A minták hőfizikai tulajdonságainak meghatározására SETARAM DSC 131 evo típusú mérőberendezést használtam, amit a 12.ábrán szemléltetek. A mérések során a

fagylaltok intenzív olvadásának kezdeti hőmérsékletét, ki nem fagyasztható víztartalmát és üvegesedési hőmérsékletét mértem.

12. ábra: A SETARAM DSC 131 evo típusú berendezés

(Forrás: Saját)



A mérésekhez a vizsgálni kívánt, kiolvasztott fagylaltból 120 µl-es alumínium mintacellába analitikai pontossággal 30-40 mg mennyiséget mértem ki. A méréshez üres, lezárt referenciacellát alkalmaztam. A mintaelőkészítés után a mérőegységbe helyeztem a minta és referencia cellákat. A mérőberendezés a mintákat +30° C kezdeti hőmérsékletűre felmelegítette, majd -50°C-ra hűtötte 5°C/perc sebességgel. A mérési program második szakaszában a berendezés 15 percen keresztül -50°C hőmérsékleten tartotta a mintát. A program felfűtési szakaszában a berendezés 2°C/perces fűtési sebességgel melegítette -50°C-ról +30°C hőmérsékletre a mintákat. A mérések során rögzítettem a minta hőmérsékletének függvényében a hőáramváltozást. A kiértékeléshez a Calisto Processing 1.076 szoftvert alkalmaztam. A szoftver segítségével a fűtési szakaszban felvett hőáram görbékre „Tangenciális szigmoid” típusú alapvonalat illesztettem, ami segítségével a görbe alatti területet meg tudtam határozni. Ez a terület mutatja a minta felolvasadáshoz szükséges hőmennyiséget. A program által az intenzív oladási szakaszra illesztett egyenes és az alapvonal metszéspontjaként az intenzív oladás kezdeti hőmérsékletét határoztam meg. A ki nem fagyó víztartalmat a 4. egyenlet alapján számítottam ki.

$$UFW[\%] = 100 - \left[\frac{\Delta H_{\text{minta}}}{\Delta H_{\text{víz}} \cdot \frac{W}{100}} \cdot 100 \right] \quad (4)$$

Ahol:

UFW %: a ki nem fagyó víztartalom [% az összes víztartalomra vonatkoztatva]

W: a minta víztartalma [%]

ΔH_{minta} : a minta olvadáshője [J/g]

$\Delta H_{\text{víz}}$: a víz olvadáshője [J/g]

3.2.8 Részecskeméret vizsgálata

A fagylaltok részecskeméret eloszlását jellemzően lézerdiffrakciós műszerekkel vagy mikroszkóppal vizsgálják (Méndez-Velasco & Goff, 2012). A fagylaltok részecskeméret-eloszlásának meghatározására lézeres diffrakciós elven működő Bettersize 2600 mérőberendezést (13.ábra) alkalmaztam nedves mintabevitelével.

13. ábra: Bettersize 2600 mérőberendezés
(Forrás: Internet 5)

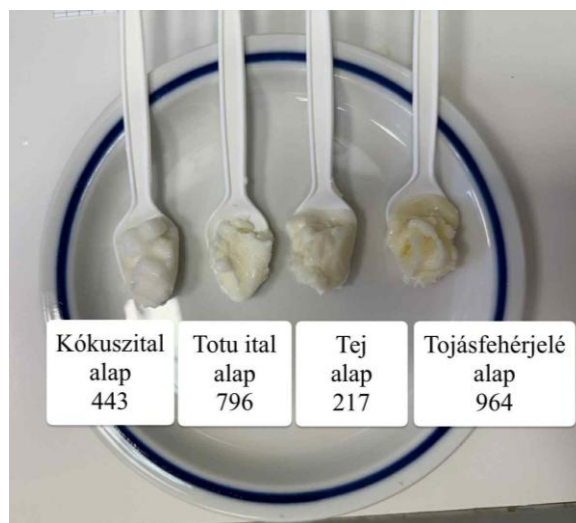


A méréshez a fagylaltokat felengedtettem és szobahőmérsékleten homogenizáltam, annak érdekében, hogy a minta egynemű, aggregátumoktól mentes legyen. A készülék nedves egységének tartályát desztillált vízzel feltöltöttem. A mintaelőkészítést követően elindítottam a szivattyút és a keverést, majd ezt követően az ultrahangos cirkulációt. Ezt követően desztillált vízzel elindítottam a háttérmerést a háttérspektrum rögzítése érdekében. A minta hozzáadása során pipettával kis mennyiségű fagylaltmintát adagoltam a tartályba, majd elindítottam az adatgyűjtést a szoftverben. A mérőműszer automatikusan rögzítette a mérés során az intenzitáseloszlást, majd számította a részecskeméret-eloszlást.

3.2.9 Érzékszervi minősítés

A fagylaltok érzékszervi minősítését (14. ábra) az egyetem hallgatói végezték. A minták bírálatát 15 fő végezte. A sorrend felállításának elkerülése érdekében a mintákat háromjegyű véletlenszerű kódokkal láttam el. A mintákat a bírálók egy 1-9-ig terjedő skálán pontozták, ahol az 1 pont azt jelentette, hogy egyáltalán nem kedveli a minta tulajdonságait és 9 pont a nagyon kedveli a minta tulajdonságait értékelést. A fagylaltokat az alábbi 6 szempont szerint pontozták a bírálók: szín, íz, illat, állomány, krémesség, olvadási sebesség. Az érzékszervi minősítés végén a bírálóknak két kérdésre kellett válaszolniuk, azzal kapcsolatban, hogy melyik terméket vásárolná meg biztosan, illetve melyik terméket nem vásárolnák meg. A minták kóstolása a fagylaltok ideális fogyasztási hőmérsékletén, -10°C-on történt.

14. ábra: A fagylalt minták az érzékszervi minősítés során
(Forrás: Saját)



3.2.10 Fogyasztói megkérdezés

A fogyasztói igények felmérése érdekében kérdőíves felmérést végeztem a kutatást megelőzően, illetve a méréseimet kövözően. A kérdőívet a Google Űrlapok segítségével készítettem el.

A kérdéssor összeállítása során először demográfiai adatokra vonatkozó kérdéseket tettem fel (nem, életkor, legmagasabb iskolai végzettség, lakóhely) majd érdeklődtem a kitöltő fagyalt fogyasztási szokásai iránt (milyen rendszerességgel fogyaszt jégkrémet, amennyiben nem fogyaszt, ennek mi az oka, milyen típusú jégkrémet fogyaszt szívesebben). Kitértem továbbá a tojás, valamint a fehérjével dúsított élelmiszerek fogyasztásának gyakoriságára, élelmiszervásárlási szokásokra (milyen gyakran vásárol fehérjével dúsított terméket), és a tojásfehérét tartalmazó fagylaltok vásárlási hajlandóságára is. A kérdéssor összeállítása után, azt online, az interneten kezdtem el terjeszteni és a válaszolók is elektronikus úton töltötték ki. A kérdőív kitöltésére 2025. április 3. és május 3., valamint július 10. és augusztus 10. közötti időszakokban volt lehetőség. A kérdőívet kitöltő 180 fő válasza képezték a kvantitatív elemzésem alapját.

3.2.11 Statisztikai értékelés

Az eredmények statisztikai értékeléséhez egytényezős varianciaanalízist alkalmaztam az IBM SPSS Statistics szoftvert segítségével 5%-os szignifikancia szint mellett. A szóráshomogenitás ellenőrzésére Levene's tesztet végeztem, a hibatagok normális elosztását Shapiro-Wilk teszttel ellenőriztem. Abban az esetben, ha az ANOVA szignifikáns eredményt

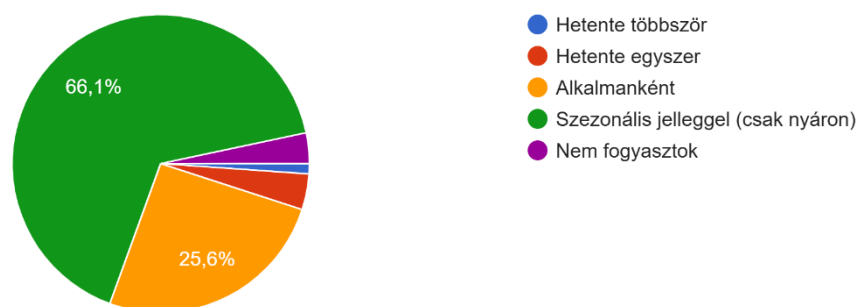
mutatott és a szóráshomogenitás feltételei teljesültek, akkor Post Hoc vizsgálatok közül Tukey tesztet végeztem, ha nem teljesültek, akkor Games-Howell tesztet végeztem. Az eredmények ábrázolása során az oszlopdiagramokon feltüntettem a szórásokat, melyeken kis betűk jelölik a szignifikánsan különböző csoportokat.

4. Eredmények és értékelésük

4.1 A kutatást megelőző fogyasztói megkérdezés eredményei

A kutatást megelőzően kérdőíves fogyasztói megkérdezést végeztem a piaci igények, valamint a fogyasztói szokások felmérése érdekében. A kérdőív célja a fogyasztók fagylalt, fehérje és tojás fogyasztási szokásainak felmérése, megismerése volt.

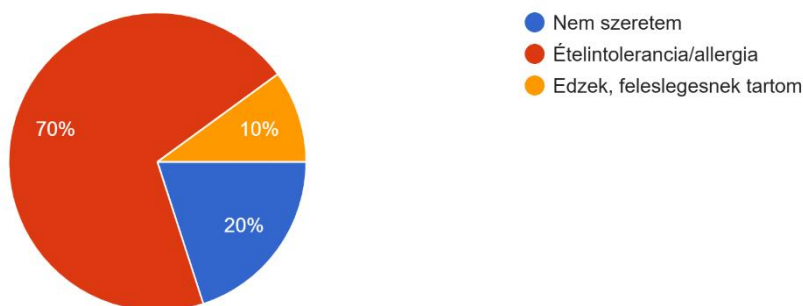
15. ábra: A jégkrémfogyasztás gyakorisága a fogyasztói megkérdezés alapján
(Forrás: Saját)



A 15. ábra alapján látható, hogy a kérdőívet kitöltők több, mint fele csak szezonális jelleggel, tavasztól ősziig fogyaszt jégkrémet, ami annak is köszönhető, hogy a fogyasztó a melegebb hónapokban találkozik bőséges termékkínálattal. Ezzel szemben vannak olyan fogyasztók is, akik egész évben fogyasztanak jégkrémet, így akár hetente is választják és vásárolják.

A kérdőív jégkrémfogyasztási szokásokkal foglalkozó részében a kitöltőktől azt kérdeztem, hogy abban az esetben, ha nem fogyasztanak jégkrémet, annak mi az oka. A felmérés alapján (16. ábra) elmondható, hogy egyes fogyasztók intolerancia miatt kerülik a fagylalt fogyasztását, így a vásárlásra ösztönzően hathat a tejfehérje mentes kókuszital vagy tojásfehérje alapú fagylaltok piacának bővítése.

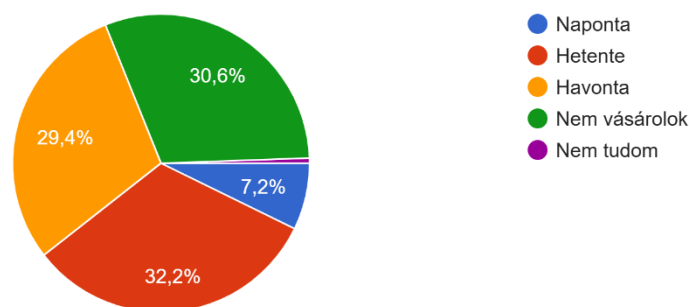
16. ábra: A fagylalt kerülésének oka a fogyasztói megkérdezés alapján
(Forrás: Saját)



Arra a kérdésre, hogy milyen típusú jégkrémet fogyasztanak szívesebben a fogyasztók a válaszok alapján egyértelműen megállapítható, hogy a megkérdezettek a szorbé jellegű, vizes jégkrémek helyett a tej alapú fagylaltokat preferálják. Korábbi kutatások (López-Martínez és mtsai., 2021) bebizonyították, hogy a tej alapú fagylaltra jellemző, kedvelt krémes állomány tojásfehérje alkalmazásával is biztosítható.

A kérdőív alapján a fehérjefogyasztási szokásokra vonatkozó válaszokat a 17. ábrán mutatom be. A kitöltőktől azt kérdeztem, hogy milyen gyakran vásárolnak fehérjével dúsított terméket. A válaszadók kevesebb, mint egyharmada nem fogyaszt fehérjével dúsított termékeket, míg van olyan válaszadó, aki akár naponta is vásárol és fogyaszt ilyen jellegű termékeket. A válaszok alapján elmondható, hogy a fogyasztók 68%-a legalább havonta vásárol ilyen jellegű terméket, így a fagylaltok fehérjével való dúsítása piaci potenciállal rendelkezik.

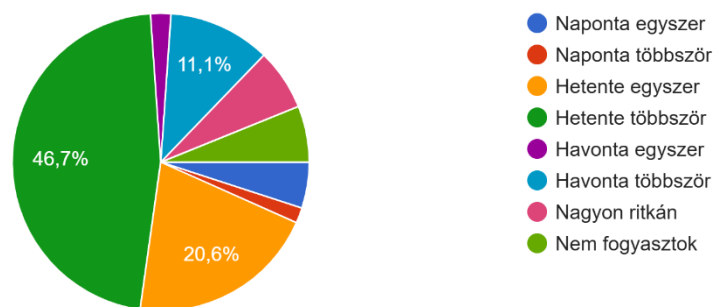
17. ábra: A fehérjével dúsított élelmiszerek fogyasztásának gyakorisága a fogyasztói megkérdezés alapján
(Forrás: Saját)



Az általánosan elfogadott ajánlások alapján a fehérje ajánlott napi beviteli értéke 0,8 g/ testtömeg kilogramm (Johansson és mtsai., 2025). Ez azonban változik különböző életkorban, illetve fizikai aktivitás hatására. A fehérjefogyasztási szükségletek kielégítésének elsődleges forrása az állati eredetű fehérjék étrendbe való beépítése (Giuseppe és mtsai., 2025).

A testmozgás fontosságának előtérbe kerülésével a fogyasztók étkezési szokásai is átalakultak. A fehérjével dúsított élelmiszerek fogyasztása a fogyasztók körében igen gyakorivá vált (Reitano és mtsai., 2024).

18. ábra: A tojás fogyasztásának gyakorisága a fogyasztói megkérdezés alapján
(Forrás: Saját)

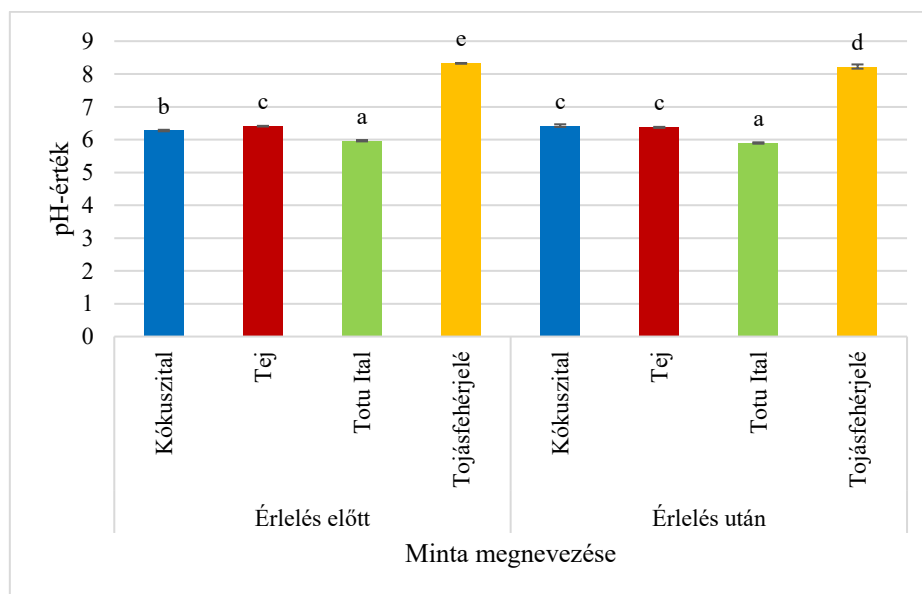


A tojás fogyasztásának gyakorisága (18. ábra) igen sokféle a válaszadók körében. A válaszadók csupán 13%-a nem fogyaszt tojást, míg 47%-a akár hetente többször is választja azt, vagy az abból készített ételt fogyasztja, ami háttérében a könnyű hozzáférhetősége és gasztronómiai sokszínűsége is áll.

4.2 A pH-mérés eredményei

A fagylalt mintákon érlelés előtti és utáni állapotban elvégzett párhuzamos méréseim átlag és szórás eredményeit a 19. ábrán mutatom be.

19. ábra: A fagylalt minták pH-értékének változása érlelés előtt és érlelés után
(Forrás: Saját)



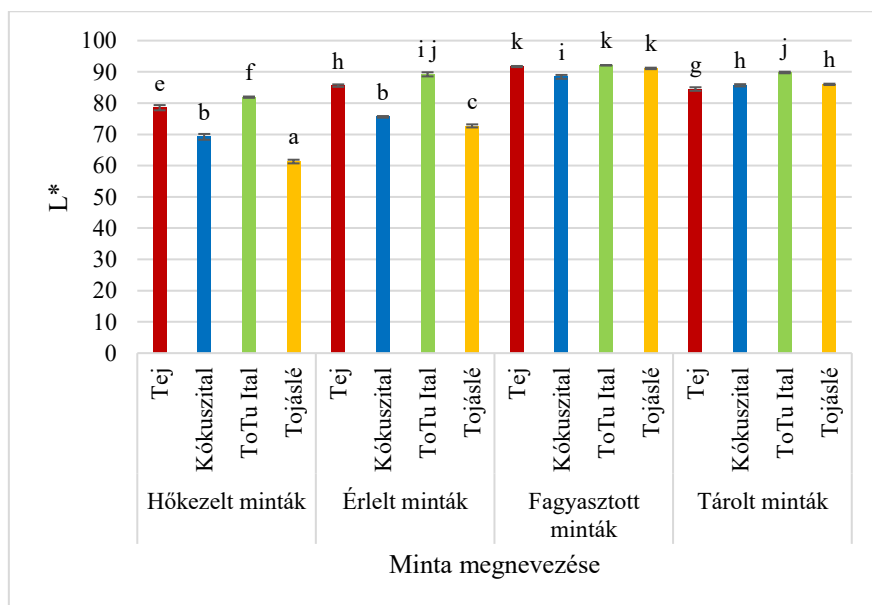
A fagylaltok pH-értéke az alapanyag tulajdonságai miatt eltérően alakultak. Mégis a tojásfehérjével készített fagylalt pH-értéke emelkedik ki leginkább a minták közül. A friss tojásfehérje pH-értéke jellemzően 7,6-7,9, de a tojás öregedésével ez az érték nőhet (Tiefenbacher, 2019). A dolgozatomban használt tojásfehérjélé kiindulási pH-értéke magasabb

volt, ez a tojásfehérjelé frissességével magyarázható. A kókuszital és a tojásfehérjelé alapú fagylaltok pH-értéke érlelés hatására statisztikai vizsgálat alapján szignifikánsan változott az eltérő szórásértékeknek köszönhetően. Összességében elmondható, hogy a pH-érték nem változott jelentősen az érlelés hatására, amit Masurovsky (1923) is alátámasztott a kutatásában, melyben kimutatta, hogy a normál érlelési hőmérsékleten tárolt fagylaltok pH-értéke 24-28 órás érlelés hatására nem változik.

4.3 A színmérés eredményei

A fagylalt minták színének mérését elvégeztem a mix hőkezelését követően, 24 órás érlelés után, fagyasztva habosítást követően, valamint a 90 napos tárolás leteltét követően. Az L^* világossági tényező változását a 20. ábrán mutatom be.

20. ábra: A fagylalt minták L^* világossági tényezőjének változása a gyártás és tárolás különböző szakaszaiban
(Forrás: Saját)

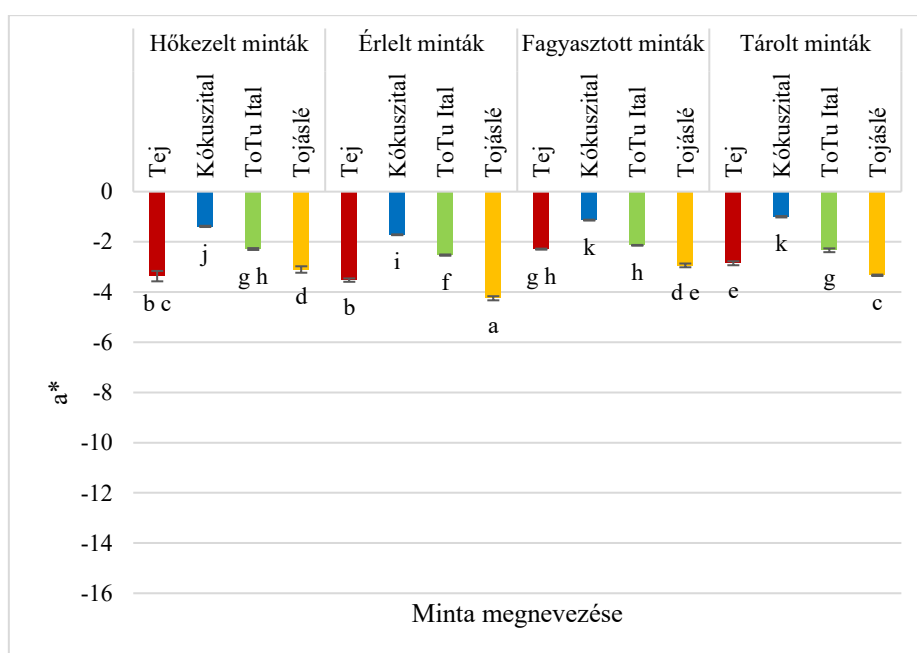


A világossági tényező vizsgálata alapján látható, hogy a tej alapú minták világosodtak mind az érlelés, mind pedig a fagyasztás hatására. A kókuszital alap L^* értéke érlelés hatására nem változott, fagyasztás hatására viszont szignifikáns növekedést mutatott. A ToTu Itallal készített minta világossága enyhén nőtt érlelés, valamint fagyasztás hatására. A tojásfehérjelével készített minta világossági tényezőjének értéke volt ugyan a legalacsonyabb a gyártástechnológia kezdeti szakaszában, de a statisztikai értékelés alapján a tejjel és a ToTu Itallal készített fagylaltok fagyasztást követő állapotban azonos világossági tényezővel rendelkeztek.

Elmondható, hogy a fagyaltok fagyasztás hatására világosodtak, ami magyarázható a fagyaltmixbe fagyasztva habosítás során belekevert levegőbuborékok eltérő fényszórásával (Clarke, 2012). A tárolás hatására a fagyalt szerkezetében bekövetkezett jégkristálynövekedés hatására a világossági tényező értéke csökkenést mutathat (Park és mtsai., 2015). A fényvisszaverő képesség csökkenésével a szín intenzitása is csökkent a tárolás hatására.

A 21. ábra illusztrálja a fagyaltok vörös-zöld tényezőjének változását a gyártás és a tárolás különböző szakaszaiban.

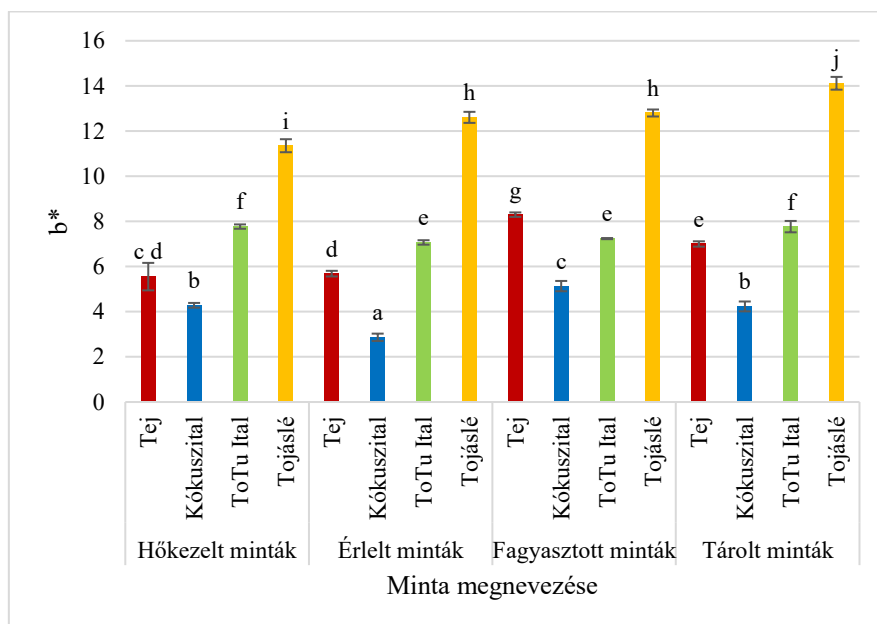
21. ábra: A fagyalt minták a^* vörös-zöld tényezőjének változása a gyártás és tárolás különböző szakaszaiban
(Forrás: Saját)



A fagyalt minták vörös-zöld szintényszíne a negatív értéket vett fel, ami alapján a mintákat az enyhe zöld színezet jellemzi. Érelést megelőzően a tej alappal készített minták zöld színezete bizonyult a legintenzívebbnek, ami érlelés hatására nem változott, azonban fagyasztás és tárolás hatására enyhén csökkent. A kókuszital alapú fagyalt a^* értékének abszolút értéke volt a legkisebb, vagyis a gyártás és tárolás során a legalacsonyabb szintelítettséget jelezte. A ToTu Italt tartalmazó fagyalt zöld szintényszíne változása elhanyagolható a gyártás és tárolás során, a kis szóráserőterek okán bizonyult szignifikánsnak a statisztikai elemzés során. A tojásfehérjével készített hőkezelt fagyaltok a^* értéke szignifikáns növekedést mutatott az érlelés hatására, majd csökkenést a fagyasztást követően, ami esetlegesen a fehérjék strukturális átalakulásainak is köszönhető.

A fagyalt minták b^* sárga-kék színezeti tényezőjét a 22. ábrán szemléltetem.

22. ábra: A fagylalt minták b* sárga-kék tényezőjének változása a gyártás és tárolás különböző szakaszaiban
(Forrás: Saját)



A b* sárga-kék szintényező a vizsgálatok alapján pozitív irányba mutat, ami sárga színezetre utal. A mintákban bekövetkezett sárga színezeti növekedés leginkább fagyasztás hatására volt észlelhető, de az értékek kismértékű változása miatt elhanyagolhatónak tekinthető. A különböző fagylaltalapokat egymáshoz hasonlítva észrevehető, hogy a tojásfehérjélé sárga színezete kiemelkedik a többi minta közül.

A tej, mint kontroll mintához számított színinger különbséget (ΔE_{ab}^*) fagyasztást, valamint a tárolást követően vizsgáltam (4. táblázat), majd a fagyasztott és a tárolt mintákat is összehasonlítottam (5. táblázat), ebben az esetben már nem a tejjel készített fagylalthoz, hanem önmagához viszonyítva.

4. táblázat: A fagyasztott és tárolt fagylalt minták színinger-különbségei a tej alappal készített mintákhoz viszonyítva
(Forrás: Saját)

	ΔE_{ab}^*		
	Kókuszital alap	ToTu Ital alap	Tojásfehérjélé alap
Fagyasztást követően	4,68	1,17	4,6
Tárolást követően	3,56	5,3	7,27

5. táblázat: A fagylalt minták színinger-különbségei a fagyasztott és tárolt minták önmagukhoz való viszonyítása esetén
(Forrás: Saját)

	Tej alap	Kókuszital alap	ToTu Ital alap	Tojásfehérjélé alap
ΔE_{ab}^*	7,37	2,93	2,34	5,27

23. ábra: A fagyasztva habosított fagylaltminták
(Forrás: Saját)



24. ábra: A tárolt fagylaltminták
(Forrás: Saját)



A tejjel készült fagylalt mintákhoz képest fagyasztást követően a kókusztejjel és a tojásfehérjével készített fagylaltok esetében számoltam a legnagyobb (ΔE_{ab}^*) színinger különbséget (4. táblázat). Mindkét esetben az érzékelt színekülönbség jól látható tartományba esett, ami a 23. ábra alapján is elmondható. A ToTu itallal készült mintákkal a tejes fagylalt csak enyhén észrevehető színekülönbséget mutat.

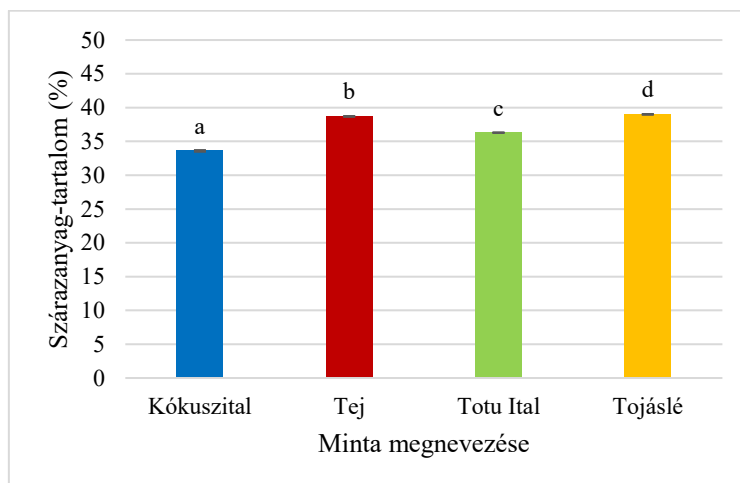
A tárolt minták színének összehasonlítását a 24. ábrán mutatom be. A tejjel készült fagylalt mintákhoz képest a fagyasztást követő állapottól eltérően alakultak az érzékelt színekülönbségek. Ebben az állapotban a ToTu Italos minták is jól látható színekülönbséget mutatnak. A tojásfehérjelé ΔE_{ab}^* értéke majd kétszeresére nőtt, így nagy színekülönbség állapítható meg.

A fagyasztott és tárolt minták összehasonlítása során a számolt ΔE_{ab}^* érték (5. táblázat) a tejet tartalmazó fagylaltok esetében lett a legmagasabb, ami nagy színekülönbséget jelent a minták között. Az előbbieken bemutatott L^* értéke (20. ábra) alapján is a minta „sötétedése” jellemző. A kókuszitalt, valamint ToTu terméket tartalmazó csak enyhén észrevehető a színváltozás. A tojásfehérjelét tartalmazó minták jól látható színváltozáson mentek keresztül, ami a minták sárga színezetének növekedése és világossági tényezőjének csökkenése alapján is látható. Ez a jelenség magyarázható a tojásfehérje fehérjéinek tárolás alatti szerkezetváltozásával, ami során a fényvisszaverés és a fényelnyelés is megváltozik.

4.4 A szárazanyag-tartalom mérés eredményei

A szárazanyag-tartalom vizsgálatának eredményeit a 25. ábrán mutatom be. A vizsgált fagylaltok szárazanyag-tartalom szempontjából szignifikánsan különböznek egymástól.

25. ábra: A fagylalt mintákon elvégzett szárazanyag-tartalom mérés eredményei
(Forrás: Saját)

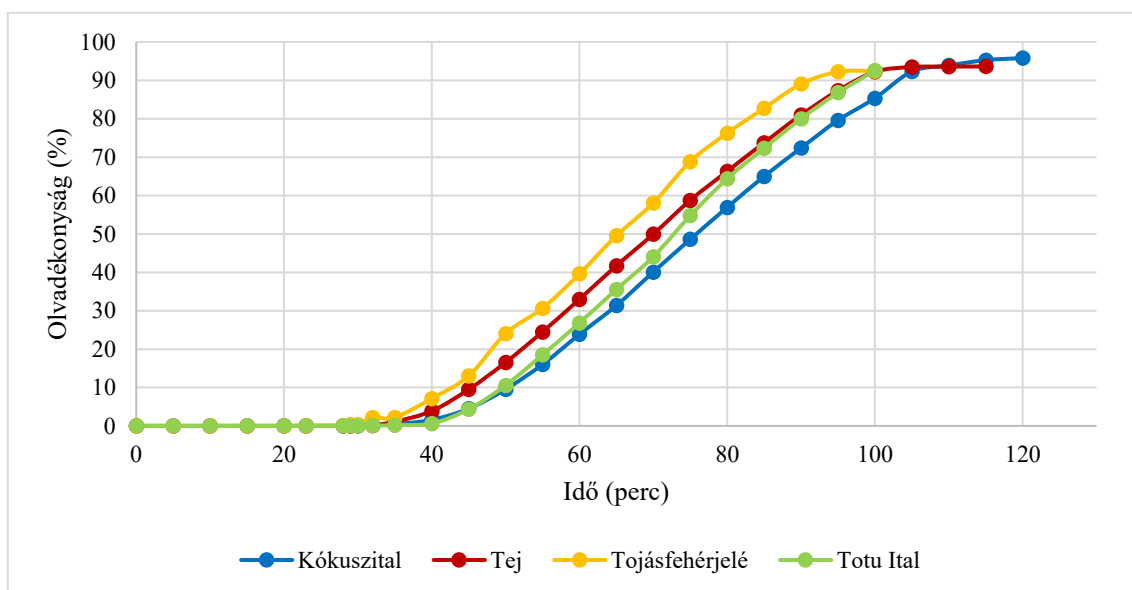


A szárazanyag-tartalom mérés eredményei az általam várt eredményekkel megegyezően alakultak. A felhasznált kókuszpaszta tápanyagtartalmán felül a tej vagy az ahelyett használt alapanyag szénhidrát-, fehérje- és zsírtartalma változtathatta meg a minták szárazanyag-tartalmát. A fagylaltok tápanyagtartalma alapján elmondható, hogy a legtöbb fehérjét, a tojásfehérjével, a legtöbb szénhidrátot pedig a tejjel készített fagylaltok tartalmazták, így összességében a szárazanyag-tartalmuk hasonlóan alakult. Mivel a ToTu Ital kevesebb fehérjét, zsírt és szénhidrátot tartalmazott, így szárazanyag-tartalma is kevesebb lett. A kókuszitalal készült fagylalt csupán 33,6%-os szárazanyag-tartalommal rendelkezett, ami a kereskedelemben kapható vegán fagylaltnál képest (Manna ice Kókusz VEGÁN Fagylalt) is alacsonyabb szénhidráttartalommal, így alacsonyabb szárazanyag-tartalommal rendelkezett.

4.5 Az olvadékonyság eredményei

Az olvadékonyság a fagylaltok egyik legfontosabb tulajdonsága. A fagylaltok olvadékonysági tulajdonságai függhetnek például a fagylalt szárazanyag-tartalmától, az alapanyagokban lévő emulgeáló- és stabilizálószer mennyiségétől, a zsír- és fehérjetartalomtól, valamint a jégkristályok méretétől is (Dara és mtsai., 2024). A fagylaltok oladási görbéit a 26. ábrán mutatom be.

26. ábra: A fagylaltok olvadási görbéi
(Forrás: Saját)



A fagylalt olvadási profilja általában egy szigmoid görbével írható le, ami három szakaszt foglal magában: egy kezdeti késleltetési fázist (vagyis az első csepp megjelenése előtti időszakot), ezt követően egy gyors olvadási fázist, majd egy platófázist, ahol az olvadás megáll (Freire és mtsai., 2025). Ez az olvadási viselkedés minden vizsgált minta esetében megfigyelhető.

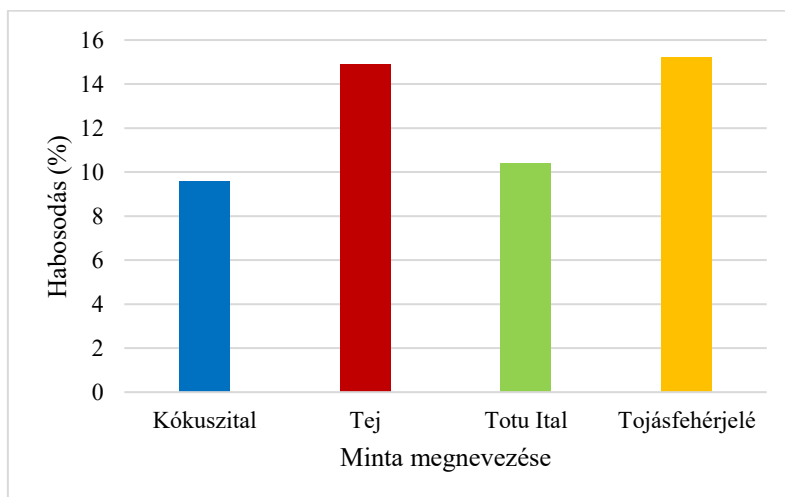
A fagylaltokat az első csepp megjelenése alapján 2 csoportba oszthatjuk, ugyanis szignifikáns különbség mutatkozott a kókuszital és ToTu Ital alappal készített, valamint a tojásfehérjelevet és a tejet tartalmazó fagylaltok kezdeti olvadási időpontja között. A tojásfehérjelevet tartalmazó fagylalt 24 perc, a tejet tartalmazó 26 perc után kezdett el olvadni. Az első csepp megjelenése a ToTu Itallal készült mintánál 30 perc, míg kókuszitalal 31 perc. A tojásfehérjét tartalmazó fagylaltok átlagosan 100 perc alatt olvadtak el teljesen, míg a tejet és a kókuszitalt tartalmazó fagylaltok 120 percig csepegtek.

A tejet tartalmazó fagylaltok hosszú olvadási ideje összefüggésbe hozható a magasabb zsírtartalmával. A kókuszitalal készült fagylalt szerkezeti stabilitását a kókuszitalban lévő emulgeáló- és stabilizálószerrek adták meg, melyet a többi alapanyag nem tartalmazott. A tojásfehérje emulgeáló képessége enzimek alkalmazásával javítható (Dong és mtsai., 2023), ennek tudatában az enzimkezeléssel előállított ToTu Ital tojásfehérje készítmény javíthatja a fagylalt stabilitását, amely az olvadás kezdeti pontján is megmutatkozik.

4.6 A habosodás eredményei

A fagyasztás során a fagylaltba beépülő levegő mennyiségét a habosodás (overrun) adja meg (Dong és mtsai., 2023). A fagylaltok habosodásának mértékét a 27. ábrán mutatom be.

27. ábra: A fagylaltok habosodásának mértéke
(Forrás: Saját)



A fagylaltmixbe beépülő levegő mennyisége a habszerkezet stabilitásával együtt egy fontos minőségi tényező, ami a fagylalt állagát is meghatározza, valamint befolyásolja a termék olvadási viselkedését és érzékszervi tulajdonságait is (Liburdi és mtsai., 2025).

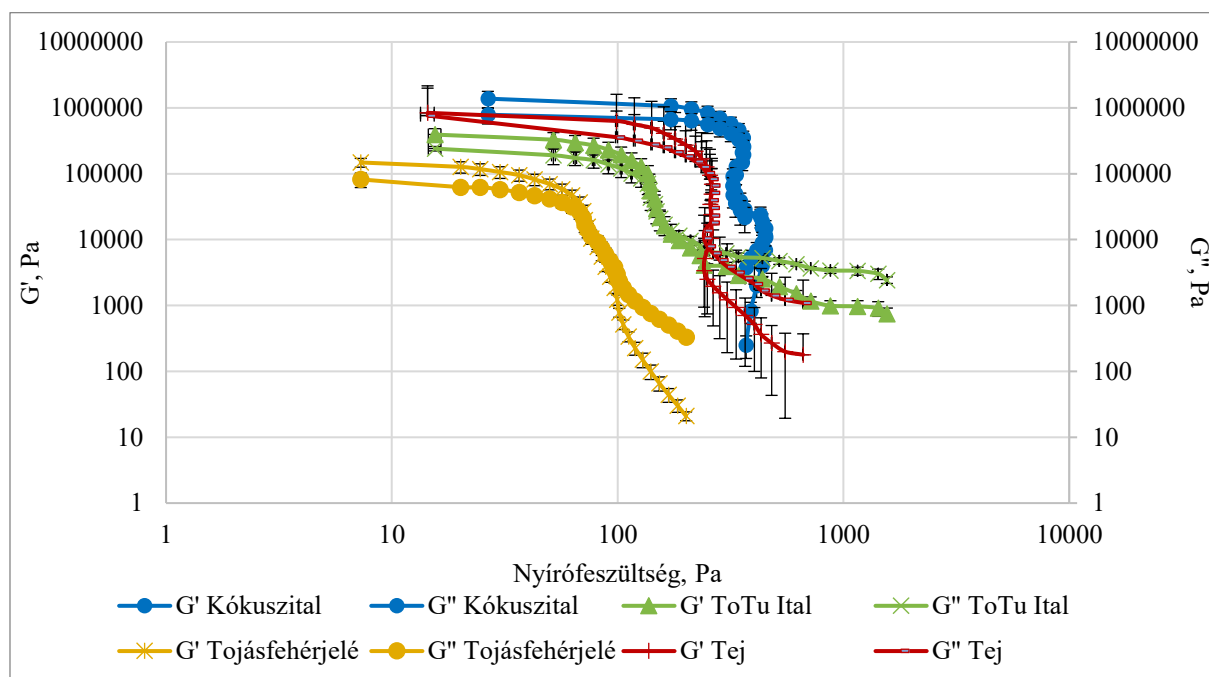
A tojásfehérjével készített fagylaltok habosodása figyelhető meg a legnagyobb mértékben (15,2%) a magasabb fehérjetartalom habképző technofunkciós tulajdonságának köszönhetően. A tej, valamint a ToTu Ital alapú fagylaltok szerkezetébe több levegő épült be a fagyasztva habosítás során, mint a kókuszitallal készített fagylaltéba, amely az elkészített minták közül a legalacsonyabb fehérjetartalommal rendelkezett.

Az ipari gyakorlatban használatos fagyasztóberendezésekkel gyakran 80-120%-os habosodás érhető el (Liburdi és mtsai., 2025), míg az általam alkalmazott laboratóriumi fagylaltgép nem képes ilyen mennyiségű levegő bekeverésére a fagylaltmixbe. Ezenkívül megjegyzendő, hogy a laboratóriumi fagylaltgép optimális kihasználtsága a keverőtégely 70-80%-os fagylaltmixel történő feltöltéssel érhető el, amely kísérleteim során 50%-os érték volt.

4.7 A reológiai vizsgálat eredményei

Az alábbiakban az oszcillációs mérési módban végzett amplitúdó söprés módszerének eredményeit mutatom be. A mérési módszer segítségével a fagylaltok állománya vizsgálható. A fagylaltok reogramjait a 28. ábrán mutatom be.

28. ábra: A fagylaltok amplitúdó söprés reogramjai
(Forrás: Saját)



Az ábra alapján megfigyelhető, hogy a fagylalt alapanyag változtatásával eltérő lefutású görbéket kaptam a tojásfehérjét tartalmazó, valamint a tojásfehérje hozzáadása nélkül készített fagylaltok esetében. A ToTu Itallal, valamint a tojásfehérjével készített minták reogramja hasonlít egymáshoz a leginkább.

6. táblázat: A fagylaltok amplitúdó söprés paramétereit
(Forrás: Saját)

Minta	G_0' (Pa)	G_0'' (Pa)	τ_{LVE} (Pa)	τ_M (Pa)
Kókuszital fagylalt	$1,14 \cdot 10^6 \pm 3,99 \cdot 10^5$	$9,81 \cdot 10^5 \pm 2,18 \cdot 10^5$	$1,29 \cdot 10^6 \pm 2,36 \cdot 10^5$	$1,23 \cdot 10^5 \pm 1495$
ToTu Ital fagylalt	$3,93 \cdot 10^5 \pm 9 \cdot 10^4$	$2,40 \cdot 10^5 \pm 1,89 \cdot 10^4$	$3,73 \cdot 10^5 \pm 8,55 \cdot 10^4$	$1,16 \cdot 10^4 \pm 143$
Tojásfehérjelé fagylalt	$1,71 \cdot 10^5 \pm 2,25 \cdot 10^4$	$1,02 \cdot 10^5 \pm 2,03 \cdot 10^4$	$1,41 \cdot 10^5 \pm 2,13 \cdot 10^4$	$1,17 \cdot 10^4 \pm 201$
Tej fagylalt	$8,41 \cdot 10^5 \pm 1,32 \cdot 10^6$	$7,64 \cdot 10^5 \pm 1,23 \cdot 10^5$	$7,72 \cdot 10^5 \pm 2,42 \cdot 10^4$	$1,12 \cdot 10^5 \pm 1987$

A 6. táblázatban foglaltam össze a fagylaltok amplitúdó söprés paramétereit. Megfigyelhető, hogy a tej alapanyag változtatásával a tojásfehérjelé, valamint a ToTu Ital esetében a kezdeti rugalmassági modulus (G_0') értéke és a veszteségi modulus (G_0'') értéke is csökkent. A minták közül kizárólag a kókuszitallal készített fagylalt G_0' és G_0'' értékei nőttek egyaránt.

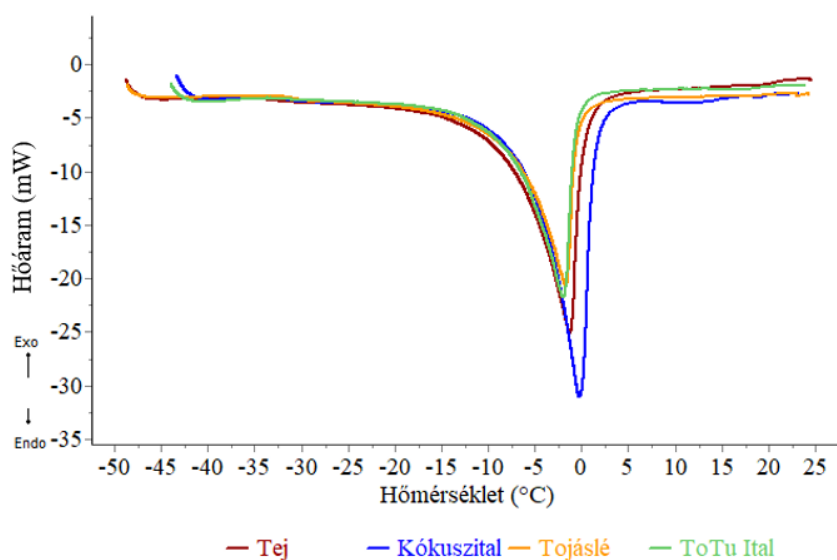
A veszteségi és rugalmassági modulus hányadosából a fagylaltok szerkezeti állapota állapítható meg. Ezen értékek alapján az összes vizsgált fagylaltmintára a szilárd halmazállapot volt jellemző ($G_0' > G_0''$) -8°C -on. A tejjel készített fagylalt értékeihez képest a ToTu Ital, majd a tojásfehérjé hozzáadásával csökkenő tendenciát mutatnak, vagyis a fagylaltok állománya lágyabb lett, míg a kókuszital hozzáadása keményítette a fagylaltok állományát.

A G' és G'' görbék metszéspontjában figyelhető meg a minták folyáshatára (τ_M). Megfigyelhető a nyírófeszültség csökkenése a tejjel készített mintához képest a tojásfehérjét tartalmazó minták esetében, ami alapján megállapítható, hogy kisebb erő is elegendő ahhoz, hogy a mintákat folyásra kényszerítsük, lágyabb, krémesebb tulajdonságú mintákat kaptunk. A kókusztejjel készült fagylalt esetében ennek az ellenkezője mondható el, nagyobb erő szükséges a minták folyósítására, mint a tejet tartalmazó mintánál.

4.8 A DSC mérés eredményei

A fagylaltok hőfizikai tulajdonságainak vizsgálatát DSC méréssel végeztem. A mérések során regisztrált hőáram görbéket összesített formában a 29. ábrán mutatom be.

29. ábra: A fagylaltok hőáramgörbéi
(Forrás: Saját)



A fagylaltok termogramjai hasonló lefutással rendelkeznek. Egyetlen endoterm csúcs megfigyelhető minden minta esetében -10 és 0°C között. Ez az endoterm csúcs az élelmiszer kifagyasztható víztartalmának fázisváltozásait tükrözi (Alvarez és mtsai, 2005, Hidas és mtsai,

2023). A kifagyasztható víztartalom fázisváltozásának entalpiájának ismeretében kiszámítható a minta ki nem fagyasztható víztartalma.

A fagylaltok olvadási entalpiáját és a számított ki nem fagyasztható víztartalmát a 7. táblázatban mutatom be.

7. táblázat: A fagylaltok hőfizikai paraméterei és ki nem fagyasztható víztartalma
(Forrás: Saját)

Minta	Olvadás entalpiája (J/g)	Intenzív olvadás kezdeti hőmérséklete (°C)	Üvegesedési hőmérséklet (°C)	Ki nem fagyasztható víztartalom-UFW (%)
Tej	135,38±6,58	-9,31±0,54	-32,37±2,32	33,07±3,26
Kókuszital	152,90±7,61	-7,24±0,14	-30,93±0,36	30,22±3,48
ToTu Ital	123,42±8	-8,66±0,87	-31,08±1,6	41,28±3,8
Tojásfehérjélé	140,41±6,55	-7,64±0,08	-30,21±0,23	30,24±3,25

A ToTu Itallal készített fagylaltok ki nem fagyasztható víztartalma eltér a többi fagylaltétól. Az alacsony olvadási entalpia érték alapján a minta ki nem fagyasztható víztartalma is magasabb lett. Ennek a mintának az olvadási sebessége az olvadási vizsgálat alapján gyorsabb volt, mint a többi mintáé. A nagyobb ki nem fagyasztható víztartalom és a gyorsabb olvadás közötti összefüggést mutatták ki Hidas és munkatársai (2023) is korábbi kutatásukban.

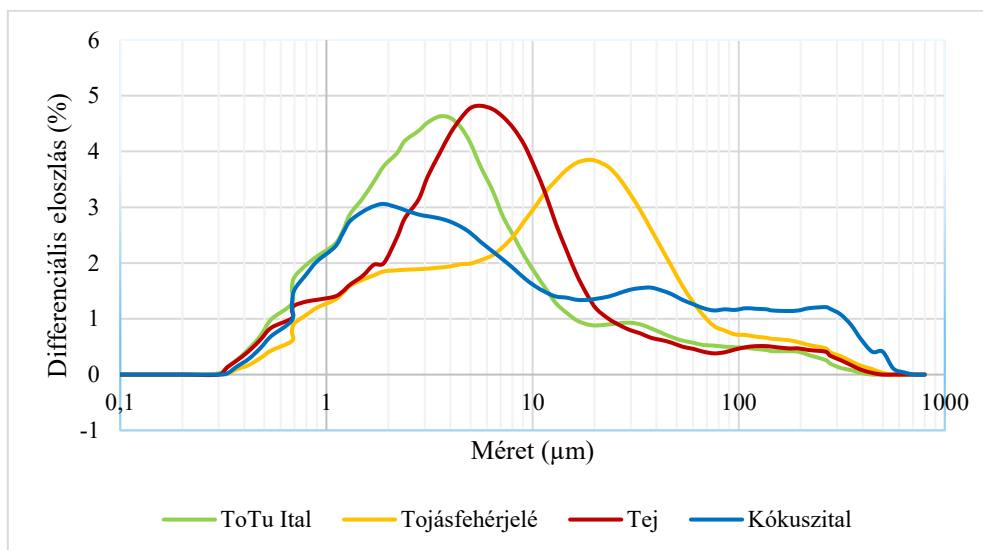
A nagyobb ki nem fagyasztható víztartalommal párhuzamosan a ToTu Itallal készített minta intenzív olvadásának kezdeti hőmérséklete kisebb értéket mutatott, ami azt jelenti, hogy ez a minta kisebb hőmérsékleten kezd el olvadni, mint a többi.

Az élelmiszerek, köztük a fagylaltok is a szilárd összetevőkhöz kötődő víztartalommal rendelkeznek. Ennek a kötött víztartalomnak egy része olyan mértékben kapcsolódik az összetevőkhöz, hogy nagyon kis hőmérsékleten üvegesedési állapotban kerül (Hidas, 2022). Ezen a ponton a ki nem fagyasztható víztartalom dermedése következik be. A termogramokon megfigyelhető a minták üvegesedési hőmérséklete, amely a minták esetében -30,21°C és -32,37°C hőmérséklet között alakult (7. táblázat).

4.9 A részecskeméret vizsgálat eredményei

A részecskeméret eloszlás vizsgálata során céлом volt a fagylaltok mikroszerkezetének megvizsgálása, annak érdekében, hogy megismerjem, milyen mértékben változtatják meg a fagylaltok szerkezetét és ezáltal azoknak egyéb tulajdonságait a tej alapanyag helyettesítése. A fejlesztett fagylaltok részecskeméret eloszlását a 30. ábrán mutatom be.

30. ábra: A fagylalt minták részecskeméret eloszlása
(Forrás: Saját)

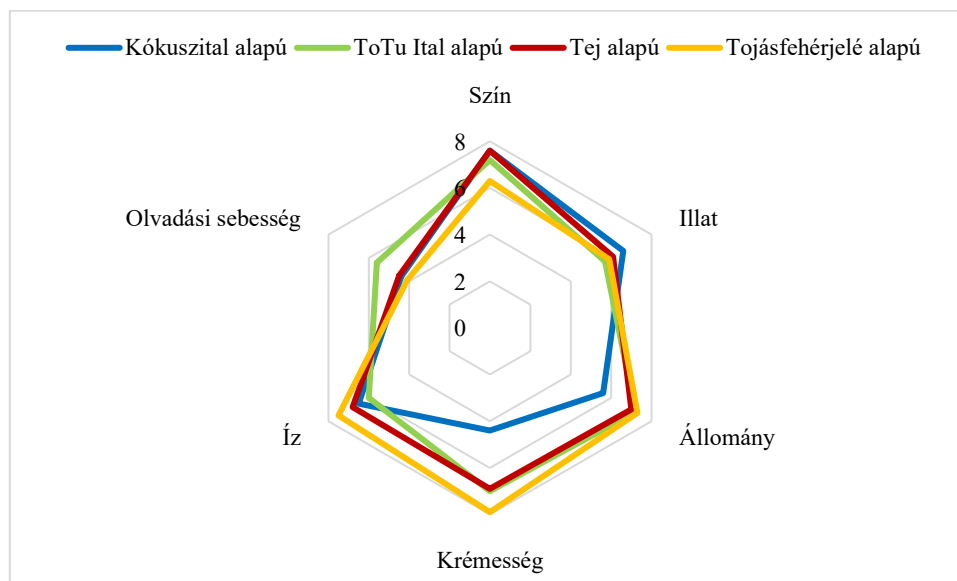


Az ábra alapján látható, hogy a kókuszital, valamint a tojásfehérjelé alappal készített fagylaltok által felvett görbe eltérő lefutású, mint a tej vagy ToTu Ital alapú minták. A minták részecske eloszlását 0,3-1000 µm mérettartományban vizsgáltam. Az eloszlás görbén leginkább a zsírok méretének eloszlását követhetjük nyomon. A ToTu Itallal készített fagylalt fő csúcsát 3-5 µm közötti mérettartományban a fagylaltban lévő zsírfázist mutatja. Ng és munkatársai (2023) kutatásukban igazolták, hogy a fagyasztás során a zsír destabilizálódása következhet be, ami aggregált zsírszerkezet kialakulásához vezet. Kimutatták, hogy növényi itallal készített fagylalt esetében a zsírok 40 µm részecskeméretnél csúcsosodhatnak ki. A tej alapú fagylaltban 1-10 µm közötti mérettartományban csúcsosodhatnak ki a zsírcseppek aggregátumai vagy a fehérje-zsír komplex (Smet és mtsai., 2010). A tojásfehérjelével készített fagylaltok 20 µm csúcsát fehérje vagy zsír aggregátumok okozhatják.

4.10 Az érzékszervi vizsgálat eredményei

Az érzékszervi vizsgálat során a bírálók a fagylaltokat 1-9-ig terjedő skálán pontozták szín, illat, állomány, íz, krémesség és olvadási sebesség alapján, amelynek összegzését a 31. ábrán mutatom be.

31. ábra: Az érzékszervi minősítés eredményei
(Forrás: Saját)



A szín kedveltségének vizsgálata során megfigyelhető, hogy a fogyasztók a tej, ToTu Ital és kókuszital alapú fagyaltokat kedvelték leginkább. A tojásfehérjéléből készített változat kedveltsége volt a legalacsonyabb. Az alacsonyabb fogyasztói elfogadottság fakadhat a tojásfehérjélé hatására bekövetkezett, a 18. ábrán bemutatott sárgás színezetből, ami eltér a kókuszos ízvilágú fagyaltok megszokott fehér színétől.

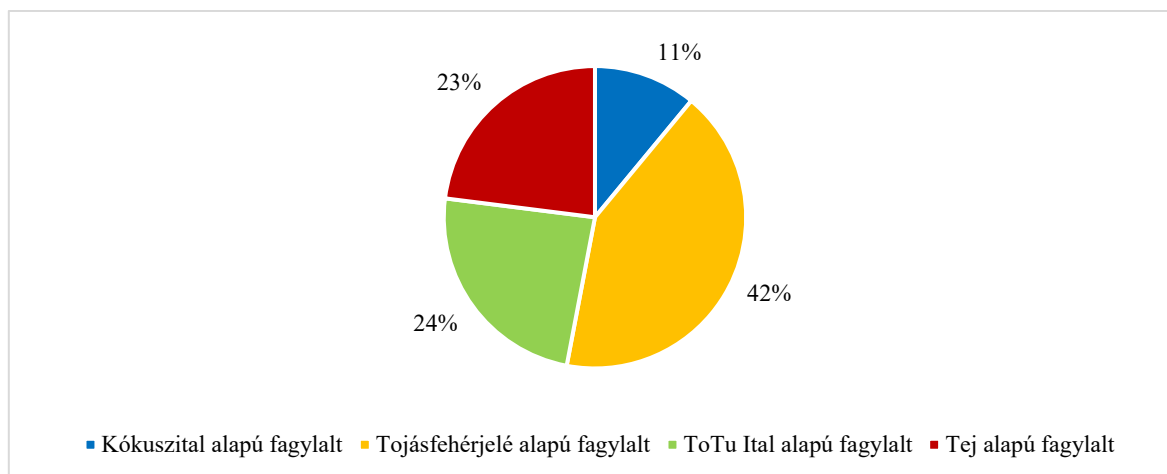
Az illat bírálata során a fogyasztók jelentős különbségeket nem tettek a minták között, ám mégis alacsonyabb ponttal jellemezték a tojásfehérjéléből, valamint a ToTu Italból készített fagyaltokat, az esetleges tojásos mellékillet miatt. A tej alapú fagyaltoknál kedvezőbben értékelték a fogyasztók a kókusztejjel készített fagyaltokat. A kókuszitalnak köszönhetően a fogyasztók bírálata alapján egzotikusabb, kókuszos illajegyű fagyalt készíthető a tej kókuszitalal való kiváltása során.

Az állomány, valamint a krémesség bírálata alapján jólátható, hogy ezen tulajdonságokban a kókuszitalos fagyaltot kedvelték a fogyasztók a legkevésbé. A tojásfehérjélét tartalmazó fagyalt krémessége kiemelkedik a többi fagyalt közül, ami a 4.6 fejezetben vizsgált habosodással is összefüggésben van. A tej alapú fagyaltok fogyasztása során a fogyasztók általánosan a fagyaltok krémes állományára asszociálnak, így a tojásfehérjélé alkalmas lehet ennek a tulajdonságnak a kialakítására.

Az íz elemzése során szintén a tojásfehérjélé hozzáadása bizonyult jó elgondolásnak, ugyanis a fogyasztók az ebből az alapanyagból készített mintákat preferálták leginkább. Az íz pontszámának kialakításához hozzájárulhatott az előbb bemutatott krémesség, valamint állomány tulajdonságának nagyobb kedveltsége is.

Az olvadási sebesség pontozása eltérően alakult az általam bemutatott adatokkal. A ToTu Ital alapú fagylaltok olvadását kedvelték a leginkább, feltehetőleg a tojásfehérjelé, valamint a tej alap kezdeti olvadásának gyors megjelenése miatt. Habár méréseim alapján a kókuszital alapú fagylaltok bizonyultak a legstabilabbnak olvadás szempontjából, a fogyasztók mégis azt preferálják, ha a fagylalt hamarabb olvadásnak indul.

32. ábra: A fagylaltok vásárlási hajlandósága
(Forrás: Saját)



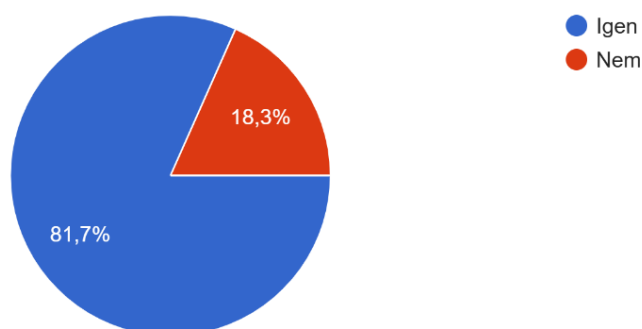
A bírálat során arra is kerestem a választ, ha a kereskedelmi láncokban a fagylaltok közül egyet kellene választani, melyiket vásárolnák meg a legszívesebben. A válaszok (32. ábra) alapján elmondható, hogy a bírálók 42%-a a tojásfehérjelé alapú fagylaltot vásárolná meg, feltehetőleg a pontozás során mutatott krémesség, állomány és íz kedveltsége alapján. Ugyanakkor elmondható, hogy nincs olyan fagylalt, amit valamelyik bíráló ne választott volna.

4.11 A kutatást követő fogyasztói megkérdezés eredményei

A méréseimet követően is elvégeztem a fogyasztói megkérdezéses felmérést, mely során az alábbi kérdésekre kerestem a választ: A kitöltő résztvevők vásárolnának-e olyan jégkrémet, amely a megszokottól eltérően tojásfehérje alapú (tejmentes), az alapanyag által több fehérjét tartalmazó, krémesebb állományú 1000 ml-es kiszerelésű jégkrém. Továbbá felmértem azt, hogy a válaszadó véleménye alapján a tojásfehérjéből készült jégkrém íze a megszokottól eltérő, vagy ahhoz hasonló ízzel rendelkezhet feltételezéseik alapján.

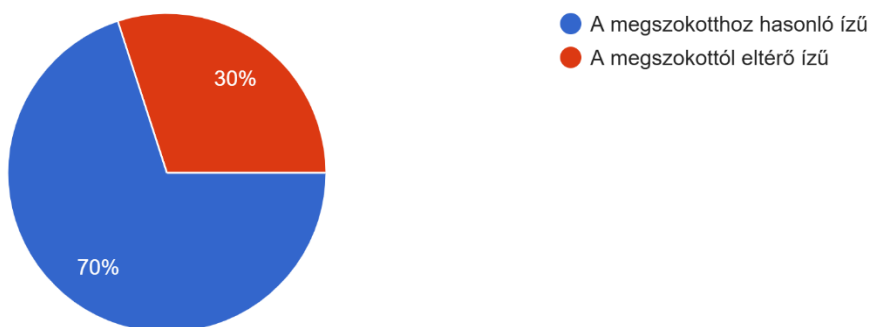
Arra a kérdésre, hogy vásárolna-e tojásfehérje alapú jégkrémet, ami az általam leírt tulajdonságokkal rendelkezik a válaszadók több, mint 80%-a igennel válaszolt (33. ábra).

33. ábra: A fogyasztói kérdőíves megkérdezés eredménye arra a kérdésre, hogy vásárolna-e tojásfehérjével készített fagyaltot
(Forrás: Saját)



A kutatást megelőző kérdőíves válaszok alapján (4.1 fejezet) már bebizonyosodott, hogy a fogyasztók a tej alapú, vagy ahhoz hasonló állományú krémes jégkrémeket preferálják, amit az érzékszervi minősítésben a tojásfehérjét tartalmazó fagyaltok krémességének kedveltsége során is alátámasztást nyert. A kitöltők azon részének, akik nemmel válaszoltak a vásárlási hajlandóságra irányuló kérdésre 30%-a tojással kapcsolatos ételintoleranciával küzd.

34. ábra: A fogyasztói kérdőíves megkérdezés eredménye arra a kérdésre, hogy mit gondol, milyen ízű lehet egy ízesített, tojásfehérjéből készült jégkrém
(Forrás: Saját)



A fagyalt ízére vonatkozó kérdésre (34. ábra) a válaszadók 70%-a azt a választ adta, hogy véleménye alapján egy tojásfehérjéből készített kókuszos fagyalt a megszokotthoz hasonló ízzel rendelkezik.

4.12 A fagyaltok tápanyag-összetétele

A fagyaltok tápanyagtartalmát az összetevők alapján számítással határoztam meg. A fejlesztett termékek átlagos tápértékét a 8. táblázatban mutatom be.

8. táblázat: A fagylaltok átlagos tápértéke 100 g termére vonatkoztatva
(Forrás: Saját)

	Tej alapú fagylalt	Kókusztej alapú fagylalt	Tojásfehérjelé alapú fagylalt	ToTu Ital alapú fagylalt
Energia	833 kJ/199 kcal	711 kJ/170 kcal	815 kJ/195 kcal	728 kJ/174 kcal
Zsír	10,5	8,6	8,1	8,1
Szénhidrát	25,1	23,9	22,5	22,1
amelyből cukrok	23,8	22	21,1	20,8
Rost	0,17	0,24	0,17	0,17
Fehérje	2,5	0,5	7,3	4,6
Só	0,1	0,1	0,3	0,3

A táblázat alapján látható, hogy a kókusztej és a ToTu Ital alapú termékek kisebb kalóriatartalommal rendelkeznek, mint a tej és a tojásle alapú fagylaltok, melyeknek az energiatartalma közel azonos. A zsír és szénhidrát mennyiségének elemzése során megállapítható, hogy a tej alapú fagylalt tartalmazza legnagyobb mennyiségben az említett makrotápanyagokat. A fagylaltok fehérjetartalma eltér egymástól. A tej alapanyag kicserélésével a fehérjetartalom nem minden esetben nőtt. A kókusztej fehérjetartalma alacsony, a fagylaltkészítés során a tejfehérje pótlására nem alkalmaztam egyéb alapanyagot (szójafehérje, borsófehérje), így a kókusztej alapú fagylaltok fehérjetartalma a legalacsonyabb. A számítások alapján legnagyobb fehérjetartalma a tojásfehérjelé alapú fagylaltnak rendelkezett. A magasabb fehérjetartalom azzal magyarázható, hogy a tojásfehérjelé fehérjéken kívül minimális zsír és szénhidráttartalommal rendelkezik, így a mixhez adott mennyiség közvetlenül megnöveli a fagylalt fehérjetartalmát.

Az 1924/2006/EK rendelet fehérjetartalomra vonatkozó szabályozása alapján a tojásfehérjével fejlesztett jégkrém „fehérjeforrásnak” nevezhető, ugyanis energiatartalmának 14,9%-át a fehérje biztosítja.

5. Következtetések és javaslatok

Az utóbbi időben a fagylalt a világ egyik legnépszerűbb desszertjévé vált, ezzel párhuzamosan a tej alapanyagra intoleranciát mutató fogyasztók igénye is megnőtt a tejet nem tartalmazó, alternatív alapanyagokkal készített fagylaltok iránt.

A tej a fagylaltgyártás során korábbi kutatások alapján kiváltható növényi eredetű italok alkalmazásával, valamint a fagylaltok fehérjetartalma dúsítható tojásfehérje, tejsavó hozzáadásával.

Összességében elmondható a vizsgálati eredményeim alapján, hogy a kókuszitallal, valamint a ToTu Itallal készített fagylaltok színe egyezik meg a leginkább fagyasztást és tárolást követően a hagyományos tejes fagylalttal. A reológiai mérések alapján egyértelműen látszik, hogy a tojásfehérjét tartalmazó fagylaltok állománya krémesebb, lágyabb, amit az érzékszervi vizsgálatok is alátámasztottak. Ugyanakkor ez a tulajdonság az olvadákonysági paraméterekben is látható, a tojásfehérjével készített fagylalt kezdett el a legrövidebb időn belül olvadni. A fogyasztói megkérdezéssel kapcsolatos kérdőív alapján egyértelműen látszik a piaci igény a tej mentes, tojásfehérjét tartalmazó fagylaltok iránt.

A kísérleti eredményeim alapján összességében elmondható, hogy a munkám során alkalmazott kókuszital, ToTu Ital és tojásfehérjéje egyaránt alkalmasak a tej helyettesítésére fagylaltgyártás során. Továbbá sikerült a fejlesztési munkám során tojásfehérjéje alkalmazásával fehérjeforrásként jellemezhető jégkrémet létrehozni.

A következő mérésekhez javasolnám a kókuszitallal készült fagylaltok fehérjetartalmának kiegészítését növényi eredetű fehérjével.

A jövőben szeretném kutatásomat jobban elmélyíteni a tojásfehérjét, mint alapanyagot tartalmazó fagylaltok vizsgálatában. Ezáltal létrehozni olyan tejmentes fagylaltokat, amelyeket jogszabályi előírások alapján „nagy fehérjetartalmú” jelzővel lehet ellátni. Fejlesztési munkámat folytatnám a fagylaltok cukor alapanyagának édesítőszerre cserélésével, ezáltal bővítve azon élelmiszerek számát, amelyek az egészségtudatos, sportoló vagy cukorbetegségben szenvedő fogyasztók számára alternatívát jelenthetnek. Továbbá célom a jövőben a kókuszpasztától eltérően, egy semlegesebb ízű ízesítő alkalmazása a fagylaltokban.

6. Összefoglalás

A fagylaltfogyasztás növekedésével, valamint a fogyasztói szokások változásával az alternatív élelmiszerek iránti kereslet megnőtt. A laktózintolerancia az egyik leggyakoribb emésztőrendszeri rendellenesség, amely világszerte a felnőttek 65%-át érinti. A növényi alapú tejhelyettesítők jó alternatívát biztosítanak ezen fogyasztók számára, de a tej kiváltásával a fehérjék pótlására is szükség van az élelmiszer komplex rendszerében. A tojást gyakran alkalmazzák az élelmiszeriparban a növényi alapú fehérjehelyettesítők mellett. Ezen élelmiszer könnyű hozzáférhetősége, magas biológiai értéke mellett kiváló habképző tulajdonságokkal rendelkezik, ami a fagylaltgyártás alapja.

Képzési szakirányomból és érdeklődési körömből fakadóan választottam a termékfejlesztési munkát, valamint már szakdolgozatom készítése során is a tojásfehérjé funkcionális tulajdonságait vizsgáltam, amely alapján alkalmasnak ítéltam a fagylaltban való alkalmazásra.

Célom a munkámmal olyan tejmentes fagylaltok létrehozása, amelyek megegyeznek a tej alapú fagylaltok funkcionális, érzékszervi tulajdonságaival, így alkalmasak a hagyományos fagylaltok kiváltására.

Az előkísérletek alapján meghatározott és kitapasztalt fagylaltreceptben a tej alapanyagot cseréltem ki kókuszitalra, tojásfehérjére és ToTu Ital tojásfehérje készítményre úgy, hogy a fagylalt egyéb összetevőinek mennyiségét változtatlanul hagytam.

A kutatást megelőző fogyasztói megkérdezés alapján bebizonyosodott, hogy a fagylaltot egyes fogyasztók intolerancia miatt kerülik. Továbbá a válaszok alapján egyértelművé vált, hogy a megkérdezett fogyasztók a szorbet típusú, vizes jégkrémek helyett a tej alapú, krémesebb állományú fagylaltokat preferálják. A fehérjefogyasztásra vonatkozó kérdések alapján elmondható, hogy a fogyasztók rendszeresen vásárolnak fehérjével dúsított termékeket.

A pH mérés eredménye alapján bizonyossá vált, hogy az 24 órán át tartó érlelés nincs hatással a fagylaltmix pH-értékére, amit előzetes kutatások is igazoltak.

A fagylaltok színére jelentős hatást gyakorolt az alapanyag. A tojásfehérjével készített fagylaltok színe szignifikánsan eltért a többi fagylalttól, magasabb b^* , alacsonyabb a^* és L^* értékei alapján. A ΔE_{ab}^* színinger különbség számítása alapján a ToTu Itallal készített fagylaltok csak enyhén észrevehető különbséget mutattak a hagyományos fagylalt színéhez viszonyítva.

A szárazanyag-tartalom mérés, valamint a számított tápérték adatok alapján egyértelművé vált a tojásfehérjével készült fagylalt magasabb szárazanyag-tartalma. A fehérjetartalomra vonatkozóan elmondható, hogy kiemelkedett a többi közül, háromszoros mennyiségű fehérjével rendelkezett, mint a tejjel készült változat. A fehérjetartalom növelésével sikerült létrehozni tojásfehérjével egy olyan jégkrémet, ami a szabályozás alapján fehérjeforrásnak nevezhető.

Az olvadékonyság mérésének eredménye rámutatott arra, hogy a kókuszital alapú fagylaltok 1 gombócos mennyisége szobahőmérsékletű tárolás alatt 120 perc alatt olvadnak el teljesen. A fagylaltok habosodási adatai alapján a tej alapú fagylalthoz hasonló mennyiségű levegőt vett fel a tojásfehérje tartalmú változat is.

A nagy műszeres mérések is alátámasztották azt a feltételezést, hogy a tojásfehérjét tartalmazó fagylaltok állománya lágyabb, krémesebb, míg a kókusztejjel készült fagylaltok keményebb állománnyal rendelkeznek, mint a hagyományos fagylalt.

A DSC mérések alapján elmondható, hogy ToTu Itallal készített fagylaltok ki nem fagyasztható víztartalma bizonyult a legmagasabbnak, valamint a minta kezdeti oladási hőmérséklete a legalacsonyabbnak. Az eredmények alapján elmondható, hogy a TuTu Itallal készített minta kisebb hőmérsékleten kezd el olvadni, mint a többi fagylalt.

Végül az érzékszervi minősítés is alátámasztotta azt a tényt, hogy a fogyasztók a krémesebb, lágyabb állományú fagylaltokat kedvelik leginkább, így a kutatást követő fogyasztói megkérdezéssel összevetve piaci igény lehet egy hasonló összetevőkkel rendelkező fagylalt iránt.

Összességében elmondható, hogy a dolgozatom elején kitűzött céljaimat teljesítettem, sikerült fejlesztenem olyan tejmentes fagylaltokat, amelyek a különböző fogyasztói igényeknek megfelelnek, valamint tulajdonságaiban is hasonlítanak a tejet tartalmazó hagyományos fagylaltokhoz. Azonban úgy vélem, érdemes lenne a kókuszitalal készített fagylaltok fehérjetartalmát pótolni, akár növényi eredetű fehérjével. Kísérleteimet tovább folytatnám a tojásfehérjével alapú fagylaltok fehérjetartalmának növelésével, azzal a szándékkal, hogy a jogszabályi előírásoknak megfelelően nagy fehérjetartalmú fagylaltot hozhassak létre.

7. Irodalomjegyzék

1. Alvarez, V. B., Wolters, C. L., Vodovotz, Y., & Ji, T. (2005). Physical Properties of Ice Cream Containing Milk Protein Concentrates. *Journal of Dairy Science*, 88(3), 862–871. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72752-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72752-1)
2. Bloquet-Maurras, J., Bentaleb, A., Laurichesse, E., Pecastaings, G., Bayard, M., & Schmitt, V. (2025). Effect of the stabilizers on partial coalescence occurring in cocoa butter-in-water emulsions: A comparative study between sunflower lecithin, buttermilk powder and sodium caseinate. *Food Hydrocolloids*, 169, 111593. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2025.111593>
3. Caponio, G. R., De Angelis, D., Mansueto, L., Vacca, M., Silletti, R., De Angelis, M., & Difonzo, G. (2025). Nutritional, rheological, and sensory effect of oat okara enrichment in plant-based ice cream. *LWT*, 233, 118490. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2025.118490>
4. Clarke, C., & Cox, A. (2024). *Science of Ice Cream*. Royal Society of Chemistry.
5. Cruz, C., Fonte, C. P., Simone, A. D., Oppong, F. K., Jeatt, W., & Rodgers, T. L. (2022). Effect of homogenisation on fat droplets and viscosity of aged ice cream mixes. *Chemical Engineering Science*, 260, 117857. <https://doi.org/10.1016/j.ces.2022.117857>
6. Csapó J. (szerk.) (2014): *Tejipari technológia*. Scientia Kiadó, Kolozsvár, ISBN 978 973-1970-80-6
7. Cserhalmi, Zs., Sass-Kiss, Á., Tóth-Markus, M., & Lechner, N. (2006). Study of pulsed electric field treated citrus juices. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 7(1), 49–54. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2005.07.001>
8. Dara, A., Naji-Tabasi, S., Feizy, J., Fooladi, E., & Rafe, A. (2024). Exploring the potential utilization of copigmented barberry anthocyanins in ice cream: Focusing on foaming aspects, and melting attributes. *Current Research in Food Science*, 9, 100811. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2024.100811>
9. Dong, W., Zhang, X., Ding, L., Liu, C., Ai, M., Jin, Y., Isobe, K., Handa, A., & Cai, Z. (2023). Enhancement of emulsification properties by modulation of egg white protein fibril structure with different heating times. *Food Hydrocolloids*, 135, 108203. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.108203>
10. Freire, D. O., Atik, D. S., Gladem, P. M., Rankin, S. A., & Hartel, R. W. (2025). Composition, microstructure, rheology, and meltdown behavior of commercial

- nondairy frozen desserts. *Journal of Food Science*, 90(1), e17633. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.17633>
11. Garcés-Rimón, M., Sandoval, M., Molina, E., López-Fandiño, R., & Miguel, M. (2016). Egg protein hydrolysates: New culinary textures. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 3, 17–22. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2015.04.001>
 12. Giuseppe, C., Sahar, A., Alba, B., Ilija, S., Pere, F.-P., & Rigamonti, L. (2025). Assessing the social risk of high-protein food alternatives using the social life cycle assessment. *Food Policy*, 134, 102894. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2025.102894>
 13. Goff, H. D., Hartel, R. W. (2013): *Ice cream* (7th edition). New York, NY, USA: Springer US DOI 10.1007/978-1-4614-6096-1
 14. Góral, M., Kozłowicz, K., Pankiewicz, U., Góral, D., Kluza, F., & Wójtowicz, A. (2018). Impact of stabilizers on the freezing process, and physicochemical and organoleptic properties of coconut milk-based ice cream. *LWT*, 92, 516–522. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.03.010>
 15. Harfoush, A., Fan, Z., Goddik, L., & Haapala, K. R. (2024). A review of ice cream manufacturing process and system improvement strategies. *Manufacturing Letters*, 41, 170–181. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2024.09.021>
 16. Hartel, R. W., Rankin, S. A., & Bradley, R. L. (2017). Százéves áttekintés: Mérföldkövek a fagyasztott desszertek fejlesztésében. *Journal of Dairy Science*, 100(12), 10014–10025. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13278>
 17. Hidas K. I., Nyulasné Zeke I. C., Vargáné Tóth A., Visy A., Barkó A., Horváth-Mezőfi Z., Majzinger K., Friedrich L. F., & Németh C. (2022). Teljes tojásle reológiai, kalorimetrikus és funkcionális tulajdonságainak változása a fagyasztás során. *A Hús*, 45–50. <https://doi.org/10.56616/meat.3354>
 18. Hidas, K. I. (2022). *A fagyasztás hatásai a tojáslevek minőségi jellemzőire* Doktori értekezés Élelmiszertudományi Doktori Iskola Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
 19. Hidas, K. I., Nyulas-Zeke, I. C., Szepessy, A., Romvári, V., Gerhart, K., Surányi, J., Laczay, P., & Darnay, L. (2023). Physical properties of hemp drink-based ice cream with different plant proteins guar gum and microbial transglutaminase. *LWT*, 182, 114865. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114865>
 20. Internet 1: 2025. 10. 10. <https://portal.nebih.gov.hu/informaciok/elelmiszer/lakossagi/elelmiszerbiztonsag/elet>

- [miszerbiztonsag-lakossagi/-/asset_publisher/kRRzga3BJMby/content/-fagylalt-vagy-jegkrem-tajekoztato-a-nyar-husito-kedvenceirol/maximized](https://portal.nebih.gov.hu/-/fagylalt-vagy-jegkrem-tajekoztato-a-nyar-husito-kedvenceirol/maximized)
21. Internet 2: 2025. 10. 10. <https://portal.nebih.gov.hu/-/fagylalt-vagy-jegkrem-tajekoztato-a-nyar-husito-kedvenceirol>
 22. Internet 3: 2025.10.10. <https://elelmiszerlanc.kormany.hu/download/5/4b/a2000/2-401%20J%C3%A9gkr%C3%A9m%20ir%C3%A1nyelv.pdf>
 23. Internet 4: 2025. 10. 12. <https://capriovus.eu/totu-ital-300-g/>
 24. Internet 5: https://www.labex.hu/bettersizer_2600_lezeres_reszecskekeret-elemzo_szaraz_es_nedves_diszperziok_1769 2025.10. 06.
 25. Internet 6: 2025. 10. 15. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:404:0009:0025:HU:PDF>
 26. Johansson, E., Carlsson, G., Grimberg, Å., Newson, W. R., Prade, T., Spendrup, S., & Svensson, S.-E. (2025). Plant proteins for human consumption – from local to global opportunities and challenges in a full value chain context. *Cleaner and Responsible Consumption*, 19, 100319. <https://doi.org/10.1016/j.clrc.2025.100319>
 27. 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 Hydrocolloids*, 160, 110743. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2024.110743>
 28. Liburdi, K., Crinò, A., Fabrizi, C., & Esti, M. (2025). Preparation and evaluation of sucrose-reduced ice cream: Optimization via physiochemical and sensory study. *International Dairy Journal*, 169, 106339. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2025.106339>
 29. López-Martínez, M. I., Moreno-Fernández, S., & Miguel, M. (2021). Development of functional ice cream with egg white hydrolysates. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 25, 100334. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2021.100334>
 30. Masurovsky, I. B. (1923). The acidity phase of the ice cream mix
 31. Méndez-Velasco, C., & Goff, H. D. (2012). Fat structure in ice cream: A study on the types of fat interactions. *Food Hydrocolloids*, 29(1), 152–159. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2012.02.002>
 32. Moshtaghian, H., Hallström, E., Bianchi, M., & Bryngelsson, S. (2024). Nutritional profile of plant-based dairy alternatives in the Swedish market. *Current Research in Food Science*, 8, 100712. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2024.100712>
 33. Németh, Cs., Lelbach, Á., Tóth, A., Sárközi, Sz., Surányi, J., Friedrich, L., (2020). Egészséges, biztonságos tojástermékek az időskori fehérje-pótláshoz (III.rész).

34. Ng F. S. K., Chiang J. H., Ng G. C. F., Lee C. S. H., & Henry C. J. (2023). Effects of proteins and fats on the physicochemical, nutritional and sensory properties of plant-based frozen desserts. *International Journal of Food Science and Technology*, 58(7), 3912–3923. <https://doi.org/10.1111/ijfs.16493>
35. Noppakun, M., Issara, U., Chuchird, P., Pattarathitiwat, P., Panklai, T., Chumkaew, K., & Pongprajak, A. (2025). Physicochemical and sensory characteristics of ice cream with different concentrations and replacement levels of cow's milk with avocado milk. *Food and Humanity*, 5, 100810. <https://doi.org/10.1016/j.foohum.2025.100810>
36. Park, S. H., Jo, Y.-J., Chun, J.-Y., Hong, G.-P., Davaatseren, M., & Choi, M.-J. (2015). Effect of Frozen Storage Temperature on the Quality of Premium Ice Cream. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 35(6), 793–799. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2015.35.6.793>
37. Razi, S. M., Fahim, H., Amirabadi, S., & Rashidinejad, A. (2023). An overview of the functional properties of egg white proteins and their application in the food industry. *Food Hydrocolloids*, 135, 108183. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.108183>
38. Reitano, M., Selvaggi, R., Chinnici, G., Pappalardo, G., Yagi, K., & Pecorino, B. (2024). Athletes preferences and willingness to pay for innovative high-protein functional foods. *Appetite*, 203, 107687. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2024.107687>
39. Roy, S., Hussain, S. A., Prasad, W. G., & Khetra, Y. (2024). Effect of kappa-carrageenan inclusion in the stabilizer blend on rheology, texture, and physical properties of high protein ice cream. *International Dairy Journal*, 159, 106052. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2024.106052>
40. Smet, K., Block, J. D., Meeren, P. V. D., Raes, K., Dewettinck, K., & Coudijzer, K. (2010). Influence of milk fatty acid composition and process parameters on the quality of ice cream. *Dairy Science & Technology*, 90(4), 431–447. <https://doi.org/10.1051/dst/2010006>
41. Sofjan, R. P., & Hartel, R. W. (2004). Effects of overrun on structural and physical characteristics of ice cream. *International Dairy Journal*, 14(3), 255–262. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2003.08.005>
42. Spence, C. (2015). On the psychological impact of food colour. *Flavour*, 4(1), 21. <https://doi.org/10.1186/s13411-015-0031-3>

43. Tagliamonte, S., De Luca, L., Donato, A., Paduano, A., Balivo, A., Genovese, A., Romano, R., Vitaglione, P., & Sacchi, R. (2023). A ‘Mediterranean ice-cream’: Sensory and nutritional aspects of replacing milk cream with extra virgin olive oil. *Journal of Functional Foods*, 102, 105470. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2023.105470>
44. Tiefenbacher, K. F. (2019). Chapter Ten—Glossary of Terms in Wafers, Waffles and Adjuncts. In K. F. Tiefenbacher (Szerk.), *The Technology of Wafers and Waffles II* (o. 325–411). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809437-2.00010-1>
45. Tulashie, S. K., Amenakpor, J., Atisey, S., Odai, R., & Akpari, E. E. A. (2022). Production of coconut milk: A sustainable alternative plant-based milk. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 6, 100206. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2022.100206>
46. Yuliarti, O., Elise, N. X. T., Megan, L. K. Y., Chng Wan Yi, A., & Min, K. W. (2025). Evaluation of the physicochemical and sensorial properties of coconut milk-soy protein-based ice cream. *Food and Humanity*, 4, 100557. <https://doi.org/10.1016/j.foohum.2025.100557>
47. Zaaboul, F., Tian, T., Borah, P. K., & Di Bari, V. (2024). Thermally treated peanut oil bodies as a fat replacer for ice cream: Physicochemical and rheological properties. *Food Chemistry*, 436, 137630. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.137630>
48. Zeke, I. Cs. (2015). Fagyasztott élelmiszer-emulziók stabilitásának vizsgálata. Doktori értekezés. Élelmiszertudományi Doktori Iskola, Budapesti Corvinus Egyetem DOI: 10.14267/phd.2015016

8. Táblázatok és ábrák jegyzéke

1. táblázat: A jégkrémek összetételi jellemzői a Magyar Élelmiszerkönyv 2-401 számú irányelv alapján	4
2. táblázat: A fagylaltok receptje	13
3. táblázat: Az emberi szem által érzékelhető színekülönbségek értékei	17
4. táblázat: A fagyasztott és tárolt fagylalt minták színínger-különbségei a tej alappal készített mintákhoz viszonyítva	29
5. táblázat: A fagylalt minták színínger-különbségei a fagyasztott és tárolt minták önmagukhoz való viszonyítása esetén.....	29
6. táblázat: A fagylaltok amplitúdó söprés paraméterei	34
7. táblázat: A fagylaltok hőfizikai paraméterei és ki nem fagyasztható víztartalma	36
8. táblázat: A fagylaltok átlagos tápértéke 100 g termére vonatkoztatva	41

1. ábra: A fagylalt szerkezete	5
2. ábra: A fagylalt átlagos összetétele	6
3. ábra: A ToTu Ital tojásfehérje készítmény.....	9
4. ábra: A fagylaltgyártás technológiai folyamatábrája	10
5. ábra: A kapart falú hőcserélő	12
6. ábra: A fagylaltalapok előkészítése	14
7. ábra: Andretti CRM fagylaltgép	15
8. ábra: Testo 206-pH2 típusú pH mérő.....	15
9. ábra: A Konica Minolta CR400 típusú színmérő berendezés	16
10. ábra: Az olvadákonyság vizsgálata	18
11. ábra: Anton Paar MCR 92 típusú reométer.....	19
12. ábra: A SETARAM DSC 131 evo típusú berendezés	20
13. ábra: Bettersize 2600 mérőberendezés.....	21
14. ábra: A fagylalt minták az érzékszervi minősítés során.....	22
15. ábra: A jégkrémfogyasztás gyakorisága a fogyasztói megkérdezés alapján	24
16. ábra: A fagylalt kerülésének oka a fogyasztói megkérdezés alapján.....	24
17. ábra: A fehérjével dúsított élelmiszerek fogyasztásának gyakorisága a fogyasztói megkérdezés alapján	25
18. ábra: A tojás fogyasztásának gyakorisága a fogyasztói megkérdezés alapján.....	26
19. ábra: A fagylalt minták pH-értékének változása érlelés előtt és érlelés után.....	26
20. ábra: A fagylalt minták L* világossági tényezőjének változása a gyártás és tárolás különböző szakaszaiban	27
21. ábra: A fagylalt minták a* vörös-zöld tényezőjének változása a gyártás és tárolás különböző szakaszaiban	28
22. ábra: A fagylalt minták b* sárga-kék tényezőjének változása a gyártás és tárolás különböző szakaszaiban	29
23. ábra: A fagyasztva habosított fagylaltminták	30
24. ábra: A tárolt fagylaltminták	30
25. ábra: A fagylalt mintákon elvégzett szárazanyag-tartalom mérés eredményei.....	31
26. ábra: A fagylaltok olvadási görbéi	32
27. ábra: A fagylaltok habosodásának mértéke	33
28. ábra: A fagylaltok amplitúdó söprés reogramjai.....	34
29. ábra: A fagylaltok hőáramgörbéi	35

30. ábra: A fagylalt minták részecskeméret eloszlása.....	37
31. ábra: Az érzékszervi minősítés eredményei.....	38
32. ábra: A fagylaltok vásárlási hajlandósága.....	39
33. ábra: A fogyasztói kérdőíves megkérdezés eredménye arra a kérdésre, hogy vásárolna-e tojásfehérjével készített fagylaltot.....	40
34. ábra: A fogyasztói kérdőíves megkérdezés eredménye arra a kérdésre, hogy mit gondol, milyen ízű lehet egy ízesített, tojásfehérjéből készült jégkrém.....	40

Köszönetnyilvánítás

Ezúton is szeretném köszönetemet kifejezni témavezetőimnek, Dr. Hidas Karina Ilonának és Vargáné dr. Tóth Adrienn-nek, akikhez bármikor fordulhattam szakmai segítségért, akik hittek bennem és értékes tanácsaikkal emelték a diplomamunkám szakmai színvonalát.

Szeretném megköszönni a Capriovus Kft-nek, hogy méréseimhez biztosította számomra a tojás alapanyagot.

Külön köszönettel tartozom a családomnak, hogy az egyetemi tanulmányaim és diplomadolgozatom megírása alatt végig mellettem álltak és bátorítottak.

Nyilatkozatok

MATE Szervezeti és Működési Szabályzat

III. Hallgatói Követelményrendszer

III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat

6.13. sz. függeléke: A MATE egységes szakdolgozat /
diplomadolgozat / záródolgozat / portfólió készítési útmutatója

4.2. sz. melléklete: Nyilatkozat a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió nyilvános
hozzáféréseiről és eredetiségéről (módosítva: 2025. október 16.)

NYILATKOZAT

a diplomadolgozat nyilvános hozzáféréseiről és
eredetiségéről

A hallgató neve:	Szilágyi Sára
A Hallgató Neptun kódja:	RYR10W
A dolgozat címe:	Nagy fehérjetartalmú, tojásfehérje alapú fagyaltok fejlesztése és vizsgálata
A megjelenés éve:	2025.
A konzulens intézetének neve:	Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet
A konzulens tanszékének a neve:	Állattermék és Élelmiszertartósítási Technológia Tanszék

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

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottnak 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.

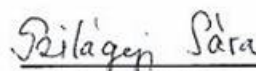
Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkor szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori 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 repozitori rendszerében.

Kelt: 2025. év október hó 28. nap


Hallgató aláírása

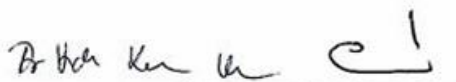
NYILATKOZAT

Szilágyi Sára (hallgató Neptun azonosítója: RYR10W) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy diplomadolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A diplomadolgozatot a záróvizsgán történő védeésre javaslom / nem javaslom¹.

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

Kelt: Budapest, 2025. 10. 28.


belső konzulens

¹ A megfelelő aláhúzendő.

² A megfelelő aláhúzendő.

Hallgatók, doktoranduszok nyilatkozata mesterséges intelligencia (MI) alkalmazásáról

1. Általános adatok

Hallgató neve:	Szilágyi Sára
Neptun-kódja:	RYR10W
Képzési szint (a megfelelőt jelölje X-szel):	☐ BSc/BA ☒ MSc/MA ☐ Doktori (PhD) ☐ Egyéb: TDK
Tantárgy neve/kódja*:	Diplomadolgozat
A munka címe:	Nagy fehérjetartalmú, tojásfehérje alapú fagylaltok fejlesztése és vizsgálata

* 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 korrektúra, ötletelés stb.)

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

A felhasználás célja	Alkalmazott MI-eszköz neve és verziója	Érintett rész (ha nem a szöveg egészére vonatkozik)
A témában publikált szakirodalmi források keresése	ChatGPT, GPT-5 modell	

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

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

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

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

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

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

Oktató vagy témavezető által előírt szabályok:

.....

.....

.....

.....

4. Minden hallgatóra vonatkozó nyilatkozat:

Kijelentem, hogy az MI által esetlegesen generált tartalmakat minden esetben kritikailag felülvizsgáltam, szerkesztettem és a munkába illesztettem. A leadott munka minden eleméért, annak eredetiségéért és tudományos 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. október hó 28. nap

Szilágyi Sára

Hallgató aláírása

Dr. Horváth Csaba

Konzulens/Témavezető aláírása