

SZAKDOLGOZAT

Szabó Dóra

2025



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

Hozzáadott fehérjével készült italok és krémek
emészthetőségének és techno-funkciós tulajdon-
ságainak vizsgálata

Belső konzulens: Dr. Vargáné Tóth Adrienn (tudományos munkatárs)
Dr. Tormási Judit (egyetemi adjunktus)

Belső konzulens intézete/tanszéke: Állattermék és Élelmiszertartósítási
Technológia Tanszék
Élelmiszerkémia és Analitikai Tanszék

Készítette: Szabó Dóra

Budapest

2025

Tartalomjegyzék

1.Bevezetés, célkitűzés.....	1
1.1. Bevezetés.....	1
1.2.Célkitűzés.....	2
3.Irodalmi feldolgozás.....	4
3.1.Fehérjék szerepe az élelmiszerben.....	4
3.1.1. A fehérjék főbb táplálkozás-élettani jellemzői.....	4
3.1.2. Technológiai és funkcionális tulajdonságok.....	5
3.2. Állati és növényi eredetű fehérjék.....	8
3.2.1. Tejsavó-fehérje.....	8
3.2.2. Tojásfehérje.....	9
3.2.3. Borsófehérje.....	9
3.2.4. Kenderfehérje.....	10
3.2.5. A fehérjék emészthetőségének vizsgálata.....	11
3.2.6. Állati és növényi eredetű fehérjék emészthetőségének összehasonlítása.....	12
3.3. Fehérjével dúsított italok és krémek.....	13
3.4. A kakaó élettani és technológiai jelentősége.....	14
3.4.1. A kakaó összetétele és feldolgozása.....	14
3.4.2. A kakaó értékes hatóanyagai (polifenol, teobromin, koffein).....	15
3.4.3. A kakaó hatása a fehérjék emészthetőségére.....	16
4. Anyagok és módszerek (Alkalmazott módszerek).....	18
4.1. Kakaók elkészítése.....	18
4.2. In vitro emésztésszimuláció.....	21
4.2.1. Minta fehérjetartalmának kiszámítása a vizsgálathoz.....	21
4.2.2. Minta előkészítése.....	22
4.2.3. Enzimek előkészítése.....	22
4.2.4. A pH mérése.....	22

4.2.5. Enzimes emésztés.....	23
4.3. Fehérjeemészthetőség vizsgálata Kjeldahl-módszerrel.....	24
4.3.1. Kénsavas roncsolás.....	24
4.3.2. Desztillálás (NH ₃ felszabadítása NaOH oldattal és elnyeletése gyenge savban).....	25
4.3.3. Titrálás.....	25
4.3.4. Felülúszó korrekció.....	25
4.3.5. IVPD.....	25
4.4. Szárazanyag-tartalom mérés.....	26
4.5. pH-mérés.....	26
4.6. Színmérés.....	26
4.7. Reológiai vizsgálat.....	26
5. Eredmények és értékelésük.....	27
5.1. Előkísérletek.....	27
5.1.1. Összegzés.....	29
5.2. Kjeldahl-módszer eredményei.....	30
5.2.1. Fehérjetartalomból számolt IVPD.....	30
5.3. Szárazanyag-tartalom mérés eredményei.....	31
5.4. A pH-mérés eredményei.....	31
5.5. Színmérés eredményei.....	32
5.6. Reométeres vizsgálat.....	32
5.7. Érzékszervi minősítés.....	34
6. Következtetések és javaslatok.....	35
7. Összefoglalás.....	37
8. Irodalomjegyzék/Felhasznált irodalmak.....	39
9. Ábrák és táblázatok jegyzéke.....	43
9.1. Ábrajegyzék.....	43
9.2. Táblázatjegyzék.....	43

10. Nyilatkozatok.....	45
------------------------	----

1.Bevezetés, célkitűzés

1.1. Bevezetés

A fehérjével dúsított élelmiszerek napjainkban egyre nagyobb figyelemben részesülnek a fogyasztók és az élelmiszeripar részéről. A fehérjék kiemelt szerepet játszanak az élelmiszereinkben, tápanyagként szolgál és egyben funkcionális összetevő is. Jelentősen befolyásolják az élelmiszerek állagát, szerkezetét és érzékszervi tulajdonságait. A szakdolgozatom központi témáját olyan kakaó italok és krémek vizsgálatát képezi, amelyekhez különböző eredetű állati és növényi fehérjéket adunk hozzá. Az ilyen italok és krémek nemcsak táplálkozás-élettani szempontból értékesek számunkra, hanem alkalmasak ezen felül olyan kísérletek elvégzésére is, melyek megmutatják, milyen módon befolyásolják ezek a fehérjék az élelmiszer emészthetőségét és techno-funkciós tulajdonságait. A kakaót azért választottam a vizsgálataim alapjául, mert széles fogyasztói rétegek körében kedvelt és gyakran fogyasztott ital, így alkalmasnak találtam a vizsgálataim elvégzéséhez.

A kakaót már az ókori közép-amerikai civilizációk, a maják és az aztékok is ismerték, ők a kakaóból készített italt az „istenek italaként” tartották számon a 3. és 10. évszázad között. Európába viszont csak a 16. században jutott el, de hamar népszerűvé vált a különleges íze és élénkítő hatása miatt. A kakaó a mai napig az egyik legkedveltebb élelmiszer-alapanyag, amely nemcsak a különleges ízvilága, hanem számos jótékony élettani hatása miatt is kiemelkedő. A kakaóban jelenlévő jótékony vegyületek közé tartoznak a flavonoidok, polifenolok és metilxantinok (ilyen például a teobromin és a koffein), ezek együttesen járulnak hozzá az antioxidáns védelemhez, támogatják a szív- és érrendszer működését, valamint kedvezően hatnak a hangulatra és a koncentrációra. A teobromin és koffein azok a vegyületek, melyek élénkítik az agyműködést, viszont másképp hatnak a szervezetre. A kakaóban a teobromin egy gyengébb vegyület, de hosszabb és kíméletesebb hatása van, mint a kávéban a koffein, ami erősebb, gyorsan hat, de rövidebb ideig tart. Emellett a teobromin a kakaó polifenoljaival együtt segíti a sejtek védelmét az oxidatív stressz ellen. A kakaó gazdag ásványi anyagokban is, jelentős mennyiségű magnéziummal, cinkkel és vassal rendelkezik, így mérsékelt fogyasztása pozitív hatású lehet.

A kakaót az élelmiszeripar széles körben alkalmazza ízesítőként és funkcionális összetevőként. Elsősorban csokoládék, kakaós italok, desszertek, péksütemények és cukrászati termékek alapanyagaként használják, mivel jellegzetes, gazdag aromát és kellemes ízt ad a termékeknek. Emellett a kakaó por formájában is gyakran kerül élelmiszerekbe, például müzlikbe,

proteinporokba vagy energiaszeletekbe, hogy növelje a termék tápanyag- és antioxidáns-tartalmát.

A növekvő számú érzékenységek és allergiák miatt a fogyasztói igények egyre inkább az olyan innovatív termékek felé tendálnak, melyek magas fehérjetartalmúak, allergénmentesek és kedvező textúrával rendelkeznek. Az egészségtudatos táplálkozás elterjedésével egyre nagyobb szerepet kapnak az úgynevezett alternatív fehérjeforrások, amelyek nemcsak tápanyagtartalmukban, hanem technológiai tulajdonságaikban is megfelelnek a modern fogyasztói elvárásoknak. A TOTU ital, mint tojásfehérje-alapú termék, ötvözi a magas biológiai értékű fehérjét, alacsony zsírtartalmat és kedvező fogyasztói tulajdonságokat egy termékben. A változatos felhasználása miatt szolgál a TOTU ital a vizsgálataim alapjául. A TOTU ital és a kakaó kombinációja olyan egymást erősítő hatást eredményez, ami egyszerre növeli a tápanyagértéket, javítja a textúrát és ízelményt, valamint megfelel a modern fogyasztói elvárásoknak. Ez az általam kifejlesztett kakaó ital tökéletes alanyként szolgál a vizsgálataim elvégzéséhez.

1.2. Célkitűzés

A méréseim során összetett vizsgálatokat fogok végezni az elkészített kakaó italommal, ahol nyomon fogom követni a termékem érzékszervi és szerkezeti változásait. A méréseim előtt recept alapján elkészítem a TOTU alapú kakaómat, amelyekhez fehérjét is adok. A vizsgálatok során arra törekedtem, hogy feltárjam, milyen hatással van a fehérje hozzáadása a TOTU alapú kakaó biológiai értékére, emészthetőségére és antioxidáns-tartalmára, valamint, hogyan befolyásolja ezek érzékszervi és technológiai jellemzőit.

Az emészthetőség vizsgálata során a minták fehérjetartalmának és fehérjehasznosulásának alakulását fogom tanulmányozni. Ennek részeként *in vitro* emésztési kísérleteket végzek el, hogy meghatározzam, milyen mértékben bomlanak le és hasznosulnak a fehérjék, amiket a kakaó italomhoz adtam. Ez a vizsgálatom a szakdolgozatom kiemelkedő mérése, mert a termék tápértéke szempontjából fontos megállapítani, hogy a fehérjetartalom milyen arányban hasznosul a fogyasztó szervezetében. Ezen indok miatt is széles körben alkalmazott az élelmiszeriparban ez a mérés. A fehérjetartalmat Kjeldahl-módszerével fogom megmérni, ami szoros összeköttetésben van az emészthetőségi vizsgálattal.

A techno-funkciós tulajdonságok vizsgálata során a minták fizikai és kémiai jellemzőit fogom elemezni. Ezen méréseim közé fog tartozni a viszkozitás meghatározása reométerrel,

színmérés Konica Minolta színmérővel, pH mérés, illetve szárazanyag-tartalom meghatározás egyszerű szárítószekrény alkalmazásával. Ezek az adatok lehetővé teszik majd a termék ipari feldolgozhatóságának, stabilitásának és fogyasztói szempontból fontos állagának értékelését. Emellett fel tudom majd mérni a hozzáadott fehérje hatását a készítmények szerkezetére és állagára is.

Az érzékszervi vizsgálatok keretében a termék ízét, állagát, illatát és összebenyomását fogjuk értékelni, a fogyasztók preferenciáinak feltérképezésére. A céлом itt az lesz, hogy meghatározzam a bírálók döntései alapján, a TOTU alapú termékeim mennyire felelnek meg a fogyasztói elvárásoknak és mely tényezők növelik a termék élvezeti értékeit. A közvélemény kutatás kiegészíti majd a méréseimet és lehetővé teszi az íz, aroma és textúra összefüggéseinek értékelését. Ezek a vizsgálatok és mérések kombinált eredményei átfogó képet fognak nekem adni a TOTU alapú termékeim tápanyag- és funkcionális tulajdonságairól. A célkitűzés így lehetővé teszi, hogy a termék fejlesztése során figyelembe vegyük mind a tápértéket, mind az érzékszervi tulajdonságokat, hozzájárulva egy magas fehérjetartalmú, egészségtudatos és innovatív termék kialakításához.

3. Irodalmi feldolgozás

3.1. Fehérjék szerepe az élelmiszerben

A fehérjék az emberi test alapvető építőkövei, amelyek aminosavakból épülnek fel. A húszféle aminosav különböző kombinációi és szerkezetei révén más és más fehérjéket alkotnak, amelyek számos fontos funkciót látnak el a szervezetben.

Főbb funkciók:

- Antitestek (immunglobulinok) – Ezek a fehérjék a vírusos és bakteriális fertőzések ellen dolgoznak.
- Enzimek – Kémiai reakciókat hoznak létre a sejtekben, segítve az új molekulák kialakulását.
- Hírvivő fehérjék (inzulin, glukagon) – Hormonok formájában jeleket továbbítanak a szervezetben.
- Szerkezeti fehérjék – Biztosítják a sejtek és szövetek felépítését. Ezek alkotják az izmokat, haját, bőrt, körmöket, inakat, enzimeket és hormonokat.
- Szállító fehérjék (hemoglobin, albumin) – Nyomelemeket és molekulákat szállítanak a szervezetben. (Institute of Medicine, 2005)

Az aminosavak két csoportra oszlanak, az esszenciális és a nem esszenciális aminosavakra. Az esszenciális aminosavakat a szervezet nem képes előállítani magától, ezt táplálkozás útján kell pótolni. Kilenc aminosavat nem képes előállítani a szervezetünk, ezek a fenilalanin, izoleucin, lizin, metionin, treonin, triptofán, valin, valamint a gyermekeknél a hisztidin. A nem esszenciális aminosavakat a szervezet az elfogyasztott fehérjéből állítja elő.

Továbbá két csoportra oszthatók a fehérjék aminosavtartalom szempontjából. A teljes értékű fehérjék, amelyek állati eredetűek, megfelelő arányban és mennyiségben tartalmazzák az összes esszenciális aminosavat. Ezzel szemben a nem teljes értékű fehérjék, a növényi fehérjék, ezek nem tartalmazzák az összes szükséges aminosavat, de teljes értékű fehérjéssel párosítva tökéletes kombináció az összes aminosav bevitelére. (Allowances, 1989)

3.1.1. A fehérjék főbb táplálkozás-élettani jellemzői

A nemzetközi ajánlások szerint a fehérje szükséglet minimuma 0,8 g/testsúly kg naponta, tehát ha 60 kg-os ember fehérjebevitelét nézzük, az 48 g fehérje elfogyasztását jelenti naponként a nitrogén-egyensúly fenntartása érdekében.

Ezt a szükségletet tovább befolyásolhatja az étvágy szabályozása is. A fehérjében gazdag étkezés telítőbb hatású, és közreműködhet az energia-bevitel kontrolljában. A nap folyamán elosztott, kisebb adagokban fogyasztott fehérje hatékonyabb lehet az izomfehérje-szintézis serkentésében, mint ugyanennyi fehérje egyszeri nagy adagként. (Lonnie és mtsai., 2018)

Egy 2012-ben megjelent kutatásban megvizsgálták a fehérje bevitelének hatását közvetlenül lefekvés előtt a fehérje emésztésére és felszívódására, valamint a fehérje anyagcserére egyetlen ellenállás típusú edzés utáni éjszakai regeneráció során. A kutatásban 16 férfi vett részt, akik az esti edzést követően, 30 perccel lefekvés előtt egy 40 g kazeinfehérjével dúsított italt kaptak, majd az éjszaka folyamán intravénásan vér és izommintákat gyűjtöttek az értékelésre. Alvás közben a kazein fehérje hatékonyan emésztődött és szívódott fel, ami gyorsan megnövelte a keringő aminosav szinteket, és a nap hátralevő részében is magas szinten maradt. Ez a tanulmány bizonyítja, hogy lefekvés előtt közvetlenül bevitt fehérje hatékonyan emésztődik és szívódik fel, ezáltal stimulálva az izomfehérje-szintézist és javítva a teljes test fehérjeegyensúlyát a testmozgás utáni éjszakai regeneráció során. (Res és mtsai., 2012)

3.1.2. Technológiai és funkcionális tulajdonságok

A fehérjék a legtöbb élelmiszer elengedhetetlen funkcionális komponensei, melyek meghatározzák azok texturális, érzékszervi, illetve táplálkozás-élettani jellemzőit. A különböző fehérjék eltérő szerkezeti, fizikai, kémiai és funkcionális tulajdonságokkal rendelkeznek, valamint különböző mértékben érzékenyek a hőre és más kezelésekre.

A fehérjék funkcionális tulajdonságai azok a fizikai-kémiai tulajdonságok, amelyek befolyásolják a fehérjék viselkedését az élelmiszer rendszereiben az előkészítés, feldolgozás, tárolás, illetve fogyasztás során. A legfontosabb jellemzők közé tartoznak a hidrofil (fehérje oldhatósága, duzzadóképesége, vízmegkötő képessége, habképző és zselésítő tulajdonságok), a hidrofil-hidrofób (emulgeáló és habképző képesség), valamint a hidrofób tulajdonságok (zsírkötő képesség).

A fehérjék funkcióinak molekuláris alapja a szerkezetükhöz és a többi élelmiszerösszetevővel való kölcsönhatási képességükhöz kapcsolódik. Ami befolyásolhatja a funkciót: molekulatömeg, alak, konformáció és töltéseloszlás. Például a globuláris fehérjék felületén több polarizált, töltött aminosav található, ami gyorsítja az oldódást, a duzzadást és a hidratációt. Nagy arányú hidrofil oldallánc a felületen magas vízmegkötő képességet eredményez. (Zayas, 1997c)

A fehérjék habzóképesége

Számos élelmiszer előállításában fontos szerepet játszik a fehérjék stabil habalkotó képessége. A hab kétfázisú rendszer: levegőbuborékokból és azokat elválasztó vékony folyadékrétegből áll. Az egyenletesen eloszló levegőbuborékok sima, könnyű és testes szerkezetet adnak az ételeknek, amit a fehérjék képesek stabilizálni.

A fehérjealapú habképzők közül a leggyakrabban használtak a tojásfehérje, zselatin, kazein, más tejfehérjék, a szójafehérjék és a glutén. A különböző fehérjék habképző tulajdonságai jelentősen eltérnek egymástól, a szérumalbumin kiváló habképző anyag, míg a tisztított ovalbumin gyenge habképző. A jó habképzők gyorsan és kis koncentrációban is képesek stabilizálni a habot, hatékony marad változó pH-értékeknél, illetve zsírok alkoholok vagy aromák jelelétében is. A fehérjék habképző jellemzőit befolyásolja a fehérje forrása, az előállítás hőmérséklete és módja, a keverési idő és habosítási mód. A habképző kapacitásukat (FC-foaming capacity) nagymértékben a használt berendezés típusa és keverés módja határozza meg. (Zayas, 1997a)

A fehérjék vízmegkötő és vízmegtartó képessége

A vízmegkötő képesség megmutatja nekünk, mennyi vizet képes a fehérje megkötni (adszorbeálni vagy abszorbeálni) külső nyomás vagy mechanikai hatás nélkül. Ezt WBC-vel jelöljük, „water binding capability”.

A globuláris fehérjék a legrosszabb vízkötő fehérjék, velük ellentétben, a kazein-fehérjében lévő kazein-micellák viszonylag nagy mennyiségű víz megkötésére képesek. Ez részben a micella szerkezetében található kalcium-foszfátnak, részben a K-kazein hidrofil természetének köszönhető. Ha további hőkezelést is alkalmazunk, akkor a fehérje szerkezete feltekeredett állapotból kinyílik, vagyis denaturálódik, növekedését eredményezhet a vízmegkötő képességben. (Kneifel, 1993)

A vízmegtartó képesség szorosan kötődik a vízmegkötő képességhez. Angol rövidítése WHC, „water binding capability”. Ez a tulajdonság meghatározza, hogy a fehérje a megkötött vizet mennyire tudja megtartani a különböző külső hatások alatt. A képesség függ a fehérje szerkezetének stabilitásától, pH-jától és ionerősségétől.

Például a tejtermékekben bizonyos típusú kazeinok, kazeinátok és savófehérjék beépíthetők egyes élelmiszeripari termékekbe, és nemcsak növelik azok vízmegtartó képességét, hanem

javítják egyéb tulajdonságaikat is, a tápértéket, oldhatóságot, emulgeáló képességet, viszkozitást és érzékszervi jellemzőket is. (Kneifel és mtsai., 1991)

A fehérjék zsírkötő tulajdonságai

Számos élelmiszer-tulajdonság a fehérjék és lipidek kölcsönhatásán alapul. A fehérjék zsírkötő képességét befolyásolja az adalék összetétele, részecskeméret, hőmérséklet és az előállítás körülmények. A zsír megkötése szorosan kapcsolódik a komponens fehérjetartalmához, illetve a fehérje tömegnövelő tulajdonságából adódó fizikai zsírbefogadáshoz is. A fehérjeporok esetében a zsírmegkötést a porszemcsék mérete is befolyásolja, az apró szemcsék több olajat képesek adszorbeálni, mint a nagyobb szemcsék.

A fehérjemolekulák apoláris oldalláncai a lipid-fehérje kölcsönhatások elsődleges helyei. Az apoláris oldallánchoz erősen kötődnek az olajok és zsírok membránjai. Ez a kialakult fehérje-lipid komplex vesz részt az emulzió stabilitásában. A szérumfehérjék kölcsönhatása a zsírgömb membránjaival a tej homogenizálása során befolyásolja a tej és tejtermék tulajdonságait. A tej homogenizálásakor csak a kazeinek alkották az újonnan képződött zsírgömb felszínét. A szérumfehérjék (β -laktoglobulin és α -laktalbumin) csak akkor tapadnak a zsírgömb membránjához, ha a zsírgömböket 70 °C fölé hevítették. (Zayas, 1997d)

A fehérjék gélképző tulajdonságai

Az élelmiszerfehérjék gélképzése fontos tulajdonság az élelmiszeripar számára. Számos élelmiszer gél formában van, ahol a gélképző összetevők általában a fehérjék. Pektinekkel, keményítőkkel és zselésítő anyagokkal együtt erős géleket képeznek. A fehérjegélek egyedülálló tulajdonsága, hogy szilárd anyagként viselkedik, ugyanakkor folyadékra jellemző tulajdonságokat is mutat, ezt viszkoelasztikus tulajdonságnak hívjuk.

Külső hatások, mint például a hő, pH-változás, mechanikai erő, sók hozzáadása megbontják a fehérjék natív szerkezetét, denaturálódnak. Ezek a denaturált molekulák hidrofób kölcsönhatások révén összekapcsolódnak, majd háromdimenziós hálózatot alkotnak. A fehérjék hálójára képes vizet vagy más oldott anyagokat „csapdába ejteni”, így alakul ki a gél szilárd, de rugalmas állapota.

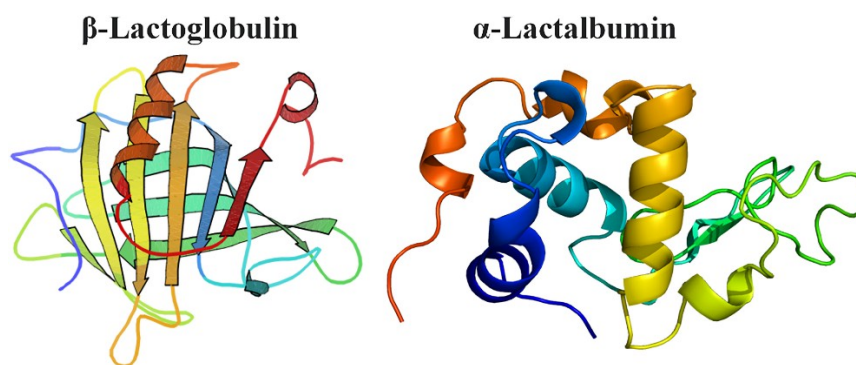
Nem minden fehérje mutat gélképző tulajdonságot. A bovin szérumalbumin gélképző fehérje a sajt savóban, míg az α -laktalbumin nem képez gélt. Azonban érdekes megemlíteni, hogy a bovin szérumalbumin gélképző képessége megnő, ha α -laktalbumint adunk hozzá. (Zayas, 1997b)

3.2. Állati és növényi eredetű fehérjék

3.2.1. Tejsavó-fehérje

A Magyar Élelmiszerkönyv két fontos definíciót is megfogalmaz a tejsavó-fehérjével kapcsolatban. A savó a tejnek a kazeinfehérje eltávolítása (kicsapása) után visszamaradó része, míg a savófehérje a kazein eltávolítása után a savóban visszamaradó fehérjék összessége. A tejsavófehérje-koncentrátum (WPC – whey protein concentrate) pedig egy nagy fehérjetartalmú, meghatározott funkcionális tulajdonságú termék, amely a fehérjéknek savóból való elkülönítésével és vízelvonással készül. (Magyar Élelmiszerkönyv, 2009)

A tejsavófehérjék nagy figyelmet kapnak a táplálkozástudomány területén a különleges kémiai összetétele és tulajdonságai miatt. Különböző fehérjemolekulák összetett keveréke, amelyek mindegyike eltérő tulajdonságokkal és potenciális előnyökkel rendelkeznek. A tejsavófehérje fő alkotói közé tartozik a β -laktoglobulin, α -laktalbumin, bovin-szérumalbumin, immunglobulinok, valamint a laktoferrin. (Tang és mtsai., 2025)



1. ábra A tejsavófehérje fő alkotói (Tang és mtsai., 2025)

Az ábrán a tejsavófehérje két alkotójának háromdimenziós szerkezetét láthatjuk. A β -laktoglobulin egy globuláris fehérje, amelynek jellegzetes hidrofób oldallánca lehetővé teszi a zsírban oldódó vitaminok és bioaktív vegyületek szállítását, 50-55%-át teszi ki a tejsavófehérjének. Az α -laktalbumin a tejsavófehérje 20-25%-a, amely kalciumkötő tulajdonságokkal rendelkezik, fontos szerepet játszik a laktóz szintézisében, gazdag triptofánban, ez a szerotonin előanyaga. A bovin-szérumalbumin 5-10%, nagyobb molekulákat (zsírok, hormonok) képes megkötni és szállítani, emellett hozzájárul bizonyos tápanyagok jobb biológiai hasznosulásához. A tejsavófehérje másik 10-15%-át az immunglobulinok (IgG, IgA, IgM) teszik ki, ezek az antitestek az immunrendszer normális működésében játszanak fontos szerepet. A laktoferrin, ami a legkisebb arányban, csupán 1-2%-ban van jelen a tejsavófehérjében, jelentősen bioaktív, számos potenciális egészségügyi előnyökkel jár. Antimikrobiális

hatású, képes a patogén mikroorganizmusokból elvonni a vasat, emellett antioxidáns és gyulladáscsökkentő tulajdonságokkal is rendelkezik. (de Wit, 1998)

3.2.2. Tojásfehérje

A tojásfehérje (EWP – egg white protein) kiváló minőségű fehérjeforrás, széles körben alkalmazzák az élelmiszeriparban a kiváló emulgeáló, gélesítő és habképző tulajdonságai miatt. (He és mtsai., 2021)

A tojásfehérje-por gyakran helyettesíti a friss tojást az élelmiszeriparban a tartóssága miatt. A szárítás fontos szerepet játszik a tojásfehérje-por feldolgozásában, ez a lépés elengedhetetlen a kiváló funkcionális tulajdonságok eléréséhez. Egy 2017-ben publikált tanulmányban a szárítás hatását értékelték a fizikokémiai tulajdonságok és az in vitro pepszines emésztés vizsgálatával. Az eredmények azt mutatták, hogy a száraz hőkezelés csökkentette a tojásfehérje hőstabilitását és triptofán-fluoreszcenciáját, miközben növelte a felszíni hidrofobicitást. A száraz hőkezelés alá vont tojásfehérje emészthetősége jobb volt, mint a kezeletlen tojásfehérjéé. Emellett a létfontosságú aminosavak és a peptidek mennyisége a hőkezelés idejének növelésével emelkedtek (Wang és mtsai., 2018). A 9-15 napig szárításnak kitett tojásfehérje minták in vitro emésztése kiváló antioxidáns tulajdonságokat mutatott.

3.2.3. Borsófehérje

A növényi fehérjék fenntartható forrást jelentenek a drágább állati fehérjék kiegészítésére a világ népességének növekedése és a fehérjehiány miatt. A borsó (*Pisum Sativum L.*) a világ egyik legnagyobb mennyiségben termesztett hüvelyes növénye, a teljes hüvelyes termelés 26%-át teszi ki. Ennek a hüvelyes növénynek a fehérjetartalma 20-25% körüli. (Shen és mtsai., 2022). Felhasználása korlátozott a kevésbé kedvező funkcionális tulajdonságai és jellegzetes mellékíze miatt. Enzimes, kémiai vagy fizikai módon ezeken lehet javítani, de nagy mértékben befolyásolják a fehérje kémiai szerkezetét, hidrofób/hidrofil egyensúlyát, és más élelmiszerösszetevőkkel való kölcsönhatását.

A borsófehérje olyan emulgeáló tulajdonságokkal rendelkezik, hogy megfeleljen a növényi eredetű fehérjeforrások iránti fogyasztói igényeknek. Ez a képesség függ a borsó fajtájától, szerkezetétől, izolált fehérje összetételtől, és fizikokémiai tulajdonságaitól. A borsófehérjében jelen lévő bioaktív vegyületek antioxidánsak, rákellenesek, és gyulladáscsökkentő hatásuk is van, viszont érzékeny sok külső tényezőre, ez korlátozhatja felhasználásukat az élel-

miszertermékekben. A probléma megoldására az enkapszuláció ígéretes technikának bizonyul, erre három fő technológia alkalmazható: spray-szárítás, emulzióképzés és komplexek kialakítása. (Shanthakumar és mtsai., 2022)

3.2.4. Kenderfehérje

A kender (*Cannabis sativa L.*), egy egynyári növény, mely Közép-Ázsiából származik és magas gyógyászati értékeiről, valamint textilipari alkalmazásairól ismert, ezek felfedezése több mint 12000 évre nyúlnak vissza. A kendermagban található nagy mennyiségű tetrahid-rokannabinol (THC) hosszú ideig gátolta a kender felhasználását az élelmiszeriparban, mivel neurológiailag befolyásolhatja az érzékelést és a pszichológiai élményeket. Körülbelül 20 évvel ezelőtt olyan ipari kender vált elérhetővé, melynek THC-tartalma 0,3% alatti, ez elősegítette a kendermagot tartalmazó élelmiszerek kereskedelmi forgalomba kerülését.



2. ábra Kendermagból előállított fehérjeitípusok (Chen és mtsai., 2023)

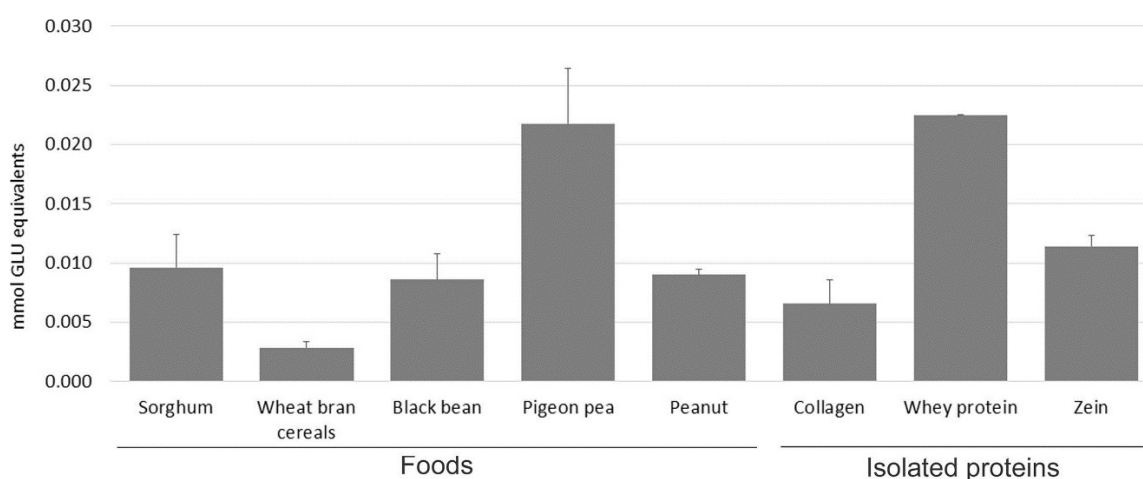
Az ábra bemutatja nekünk, hogy a kendermagból feldolgozási módszerek segítségével milyen koncentrátumú kenderfehérje-por állítható elő.

A borsóhoz hasonlóan a kender is 20-25% fehérjét tartalmaz, a magból származó fehérje magas arginin tartalommal is rendelkezik (12%), ami hozzájárul a vérnyomás csökkentéséhez. Kutatások szerint ellentétben más növényi fehérjékkel, a kendermagfehérje nagyon alacsony mennyiségben tartalmaz tápanyag-felszívódást gátló anyagokat, ezért jobban emészhető, mint más növényi fehérjék. (Chen és mtsai., 2023)

3.2.5. A fehérjék emészthetőségének vizsgálata

Az emészthetőségi vizsgálatok alapvető eszközének számítanak az „in vitro” emésztési rendszerek, melyek segítenek nekünk megérteni az élelmiszerek lebontásának összetett folyamatát, illetve nyomon követhetjük vele az emésztési szakaszokat. Bár egyetlen in vitro módszer sem képes teljes visszaadni az in vivo emésztés összetettségét, az in vitro modellek hasznos alternatívának bizonyultak az állati és emberi modellekkel szemben. Ezeket szűrőként alkalmazzák olyan étrenddel kapcsolatos kérdések vizsgálatára, mint például az emészthetőség, biológiai hasznosulás, bioaktív vegyületek felszabadulása és az élelmiszerek szerkezeti változásai az emésztés során.

Egy 2020-ban publikált kutatás során a fehérjék hidrolízisét követték végig 3 fehérjeizolátumon (kollagén, zein és tejsavófehérje), valamint 5 teljes élelmiszer esetében (cirkaliszt, búzakorpás gabonapehely, földimogyoró, feketebab és galambborsó). Továbbá az élelmiszerek fehérjei folyadék kromatográfiás (HPLC) vizsgálatok alá is ki voltak téve, megvizsgálva az egyéni aminosav összetételüket.



3. ábra Glutaminsav értékek in vitro emésztés után (Sousa és mtsai., 2020)

Az oszlopdiagram ábrázolja az eltérő glutaminsav értékeket a különböző mintáknál. A mintákat 0,04 g fehérje bevitellel normalizálva, először Kjeldahl-módszerrel elemezve kapták meg a glutaminsav ekvivalenseket. Ezt az értéket használták fel a különböző fehérjeforrások fehérje hidrolízisének összehasonlítására. Az izolátumok közül a tejsavófehérje-izolátumnak volt a legmagasabb glutaminsav értéke, a teljes élelmiszereknél pedig a galambborsónak. Az in vitro emésztési vizsgálat eredményeként a legnagyobb aminosav-felszabadulás a tejsavófehérjénél és a galambborsónál voltak megfigyelhetők. (Sousa és mtsai., 2020)

3.2.6. Állati és növényi eredetű fehérjék emészthetőségének összehasonlítása

Számos kutatás is alátámasztja, hogy az emberi táplálkozásban a növényi eredetű fehérjék valódi emészthetősége általában alacsonyabb, mint az állati fehérjéké. Viszont mind az állati, mind a növényi fehérjék emészthetősége megváltoztatható a feldolgozás típusától és körülményeitől függően. Az egyesült Nemzetek Élelmezésügyi és Mezőgazdasági Szervezete (FAO) szerint a fehérjéket a DIAAS értékük alapján lehet osztályozni. Ez az érték megmutatja nekünk, hogy a limitáló esszenciális aminosav mennyisége a teljes napi szükséglethez képest milyen arányban vannak jelen, valamint, hogy az aminosavak milyen mértékben szívnak fel a vékonybélben. (FAO, 2013)

- Kiváló minőségű fehérje: DIAAS \geq 100
- Magas minőségű fehérje: DIAAS 75-99
- Nem minősíthető jó fehérjének: DIAAS $<$ 75

1. táblázat Emészthető esszenciális aminosav értékek a DIAAS alapján, és limitáló aminosavak különböző állati és növényi fehérjetípusokra (Kaur és mtsai., 2022)

Élelmiszer	DIAAS (%)	Hiányzó limitáló aminosav
Főtt vörösbab	88	Lizin
Főtt mungóbab	86	Leucin
Főtt csicseriborsó	76	Lizin
Főtt borsó	68	Lizin
Főtt adzuki bab	64	Leucin
Főtt lóbab	60	Leucin
Kukorica	36	Lizin
Főtt rizs	59	Lizin
Búza	48	Lizin
Kender	54	Lizin
Főtt zab	54	Lizin
Szója	91	Metionin + Cisztein
Burgonya	100	-
Tej	116	-
Tojás	101	-
Sertés	117	-
Csirke	108	-
Marha	112	-
Rovar fehérje	75	Lizin + Triptofán

Az ábrán a zölddel jelölt fehérjék bírnak a legjobb DIAAS értékkel, ezek a legemészthetőbbek. A piros, illetve sárga színnel jelölt fehérjék már kevésbé jól emészthetők.

Egy részletes kutatás alapján kiderült, hogy a növényi fehérjékben az alacsonyabb emészthetőséget a tápanyag-felszívódást gátló anyagok (ANF) jelenléte okozza (Kaur és mtsai., 2022). Viszont megfelelő feldolgozási lépésekkel, mint például főzés vagy forralás, inaktívalhatják vagy csökkenthetik ezeknek az anyagoknak a jelenlétét.

Az élelmiszer-fehérje tápértékét nemcsak az emészthetőség, hanem az emészthető esszenciális aminosavak mennyisége is korlátozza. A növényi fehérjék gyakran egy-két esszenciális aminosavban hiányosak, ezért alacsony táplálkozási értékű fehérjének tekinthető. Ezzel ellentétben az izomfehérjék tartalmazzák az összes esszenciális aminosavat, amelyre a szervezetnek szüksége van, így magasabb a biológiai hasznosulásuk.

3.3. Fehérjével dúsított italok és krémek

A magas tápértékű italok iránti kereslet világszerte növekszik, különösen az egészségtudatos életmódot folytató emberek körében. A fehérjében gazdag étrend hozzájárulhat a jóllakottság érzéséhez, az étvágy szabályozásához és az egészséges testtömeg megőrzéséhez.

A fehérjeitalok kategóriája különféle termékeket foglal magába, legyenek azok instant porok, fogyasztásra kész italok vagy étkezés-helyettesítő italok. A hosszú eltarthatóságú tejalapú fehérjeitalokat két fő kategóriába sorolják: magas savtartalmú/savanyított italok ($\text{pH} \leq 4,6$), valamint alacsony savtartalmú ($\text{pH} < 4,6$).

Egy tanulmány alátámasztotta, hogy a magas savtartalmú italok esetében a hőkezelési igény eltarthatóság szempontjából alacsonyabb, míg az alacsony savtartalmú italok esetében jóval nagyobb hőterhelésre van szükség (Singh és mtsai., 2022). A felhasznált fehérjeforrás is kulcsfontosságú, ez határozza meg a termék stabilitását és fogyasztói elfogadottságát.

Az alacsony savtartalmú italokhoz a kazeinben gazdag alapanyagok a legmegfelelőbbek, mivel semleges pH-n stabil a szerkezetük. A magas savtartalmú italokhoz viszont a tejsavófehérjék az ideális választás, mivel jó a hőstabilitásuk és alacsonyabb pH-n is oldható aggregátumokat képeznek.

Az utóbbi években sok fogyasztó növényi alapú kezdett el beépíteni az étrendjébe különböző okokból. Az emberiség nagy százaléka szenved laktóz-érzékenységekben vagy intoleranciában, ezért megoldást nyújthat számukra a növényi alternatíva. Emellett az alacsonyabb árak és kisebb környezeti terhelésük miatt is vonzóak. A növényi fehérjék kivonása és növényi alapú italok dúsítására való felhasználása merül fel megoldásként ezen termékek fehérjehiányának pótlására. Ugyanakkor továbbra is problémát jelent a gyenge oldhatóság, kellemetlen

mellékíz, tápanyag-felszívódás gátló anyagok jelenléte. Mint ahogy egy szabadalmi leírásban kiderült, az ipari feldolgozás minden lépése jelentős hatással bír a termék táplálkozási, érzékszervi és funkcionális tulajdonságaira (Arbach és mtsai., 2021). Összességében a megfelelő technológia alkalmazásával a növényi fehérjék ígéretes alapanyagot jelentenek a magas minőségű, környezetbarát és etikus italok előállításához. Mindeközben elősegítik az állatjólétet és az élelmszerbiztonságot is.

3.4. A kakaó élettani és technológiai jelentősége

3.4.1. A kakaó összetétele és feldolgozása

A kakaó, vagyis a kakaóbabból (*Theobroma cacao*) származó szárított és erjesztett mag a világ egyik legfontosabb mezőgazdasági exportcikke, a csokoládégyártás alapvető összetevője.

A kakaó döntően fejlődő országokban kerül előállításra, de főként az iparosodott országokba exportálják és ott fogyasztják. Az export mennyisége alapján a két legnagyobb kakaótermelő ország Elefántcsontpart és Ghána, amelyek az éves globális termelés mintegy 60 %-át teszik ki. 2008-ban Nyugat-Afrika önmagában a világ kakaóellátásának körülbelül 71 %-át biztosította. (ICCO, 2007)

A friss kakaóbab megközelítő összetétele a következő: 32-39% víz, 30-32% zsír, 8-10% fehérje, 5-6% polifenol, 4-6% keményítő, 4-6% pentozán, 2-3% cellulóz, 2-3% szacharóz, 1-2% teobromin, 1% savak és 1% koffein.

A kakaóbab feldolgozása két fő lépésből áll: erjesztésből (fermentálásból) és szárításból. A



kakaóültetvényeken ezeket a folyamatokat érlelési eljárásként tekintik, melynek célja a friss babok stabilizálása. Itt a babok mikrobiális lebontása, majd később szárítása valósul meg (Gu és mtsai., 2013). A kakaópor elkészítése ezután az alábbi folyamatok alapján valósul meg.

A kakaó zsírtartalma attól függ, milyen mértékben távolítják el a kakaóvaját a kakaómasszából gyártás során. A tisztítási szakasz után a babokat pörkölnek és leörlik, ekkor a kakaómassza körülbelül 50-55% zsírt tartalmaz. Ezután hidraulikus

préssel nyerik ki a kakaómasszából a kakaóvaját. Minél tovább tart ez a művelet, annál kevesebb zsír marad a visszamaradt anyagban. Őrlés és szitálást követően megkapjuk a végterméket, ami a boltok polcain is megtalálható kakaópor. A sovány kakaóporok kb. 8-12% zsírt tartalmaznak, míg a teljes zsírtartalmú kakaóporok 20-24% zsírt is tartalmazhatnak. (Diána, 2023)

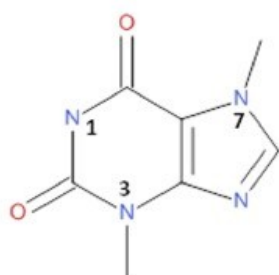
3.4.2. A kakaó értékes hatóanyagai (polifenol, teobromin, koffein)

Polifenolok:

A kakaóbab feldolgozási szakasza a fermentáció, nemcsak az aroma- és ízanyagok kialakulását határozza meg, hanem hozzájárul az egészségre jótékony hatású bioaktív vegyületek képződéséhez is. Ilyen bioaktív vegyületnek minősülnek a kakaóban található különböző polifenolok. (Domínguez-Pérez és mtsai., 2020)

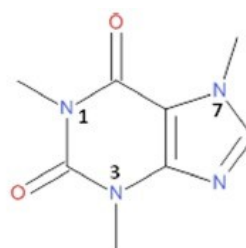
A sötét csokoládé és a polifenolokban gazdag (500-1000 mg) kakaókivonatok többféle módon is előnyösek lehetnek az emberi egészségre. A kakaó polifenoljai antioxidáns tulajdonságokkal rendelkeznek, szív- és érrendzseri betegségek, gyulladós folyamatok és daganatok ellen is kiváló hatóanyagok. Egy 2012-es kutatás kimutatta, hogy ezek a polifenolok koszorúér-tágulatot idéznek elő, ezáltal javítják az érfal rugalmasságát és csökkentik a vérlemezék tapadását (Andújar és mtsai., 2012). Továbbá gyulladós bélbetegségek ellen is hatásosak, mivel gátolják a citokininek aktivitását. Ezek a hatások hozzájárulnak a daganatmegelőző hatáshoz is, például a különböző ráksejtvonalak növekedésének gátlásával.

Teobro-



Theobromine
(3,7-dimethylxanthine)

min és koffein



Caffeine
(1,3,7-trimethylxanthine)

A kakaó igazolt pszichoaktív hatásain túl a koffein és a teobromin jelenléte részben vagy egészben hozzájárulhat a termék kedveltségéért. Ez a két metilxantin vegyület eltérő mennyiségben található meg a kakaóban. 50 g étcsokoládéban 19 mg koffein és 250 mg teobromin van jelen. A koffein kedvező hatásai az éberség fokozásától a neurodegeneratív betegségek kockázatának csökkentéséig terjed, viszont mellékhatásként felsorolható az emelkedett szívverés, ingerlékenység, illetve alvászavar. Továbbá ennek a vegyületnek a rendszeres fogyasztása függőséget is okozhat. A kakaó önmagában nem tartalmaz akkora mennyiségű koffeint, hogy elérje ezt a hatást, ugyanakkor a teobromin jóval magasabb koncentrációban van jelen. A kakaóban található koffein és teobromin kombinációja biztosítja a metilxantinelkhoz köthető kedvező hatásokat, anélkül, hogy a koffeinre jellemző mellékhatásokat okozna. A teobromin daganatellenes, gyulladáscsökkentő, szív- és érrendszervédő hatással lehet az emberi szervezetre. Hatásmechanizmusai közé tartozik a foszfordiészterázok gátlása és az adozinreceptorok blokkolása, emellett csökkenti a sejtes oxidatív stresszt (Martínez-Pinilla és mtsai., 2015). Ebből a szempontból a teobromin biztonságos és természetes alternatívának tekinthető bizonyos emberi betegségek kezelésében és kiindulási vegyületként szolgálhat új gyógyszerek fejlesztéséhez.

3.4.3. A kakaó hatása a fehérjék emészthetőségére

A flavonoidok nagy mennyiségben megtalálhatók növényi eredetű élelmiszerekben, mint például a kakaóban is. Ezek a vegyületek kölcsönhatásba léphetnek az élelmiszermatrixban jelen lévő fehérjékkel, illetve a gyomor-bélrendszeri emésztésben részt vevő proteolitikus enzimekkel.

Egy 2023-as kísérletben a flavonoidok a fehérjeemészthetőségre gyakorolt hatását egy egyszerű csokis tej modell segítségével értékelték. A modellhez tejsavófehérjét és katchein flavonoidokat is adtak. Az *in vitro* emésztésszimuláció eredményei azt mutatták, hogy a katcheinek jelenléte nem módosította a tejsavófehérjék emészthetőségét, viszont az emésztési folyamatot sem gátolta. Ez arra utal, hogy a flavonoidokban gazdag élelmiszerekben a fehérjék tápértéke nem csökken. (Accardo és mtsai., 2023)

Egy másik kísérlet több élelmiszer emésztés befolyásoló tényezőit is vizsgálta. 2007-ben két sorozat egyensúlyi kísérleteket végeztek növekvő patkányokon annak vizsgálatára, hogy a fekete tea, zöld tea, kávé és kakaó hogyan befolyásolja a fehérje- és energiahasznosulásukat.

Az egyik vizsgálat alapértrendje a szójabab-liszt volt, a másikban pedig az árpa. Mindkét kísérletben a kétfajta tea és kávé negatívan befolyásolta a fehérje valódi emészthetőségét és biológiai értékét. A kakaó egyik kísérletben sem befolyásolta a fehérje- vagy energiahasznosulást, emellett megállapították, hogy a kakaóban található fehérje nagymértékben emészthetetlen volt. (Eggum és mtsai., 1983)

Összességében elmondható, hogy a kakaó nem változtat szignifikánsan az élelmiszerek fehérjéinek emészthetőségében. A kakaó fehérjéi csak részben, 30-40%-ban emészthetőek.

4. Anyagok és módszerek (Alkalmazott módszerek)

4.1. Kakaók elkészítése

A kísérletek során a pontosan kimért hozzávalókkal elkészített kakaóikat fehérjével dúsítottuk, adott hőfokon és ideig kezeltük a megfelelő állomány kialakítása érdekében. Hagyományos tej helyett TOTU italt használtunk, amely egy kifejezetten laktózérzékenyek, sportolók és egészségtudatos emberek számára kifejlesztett tojásfehérje készítmény. A minták elkészítéséhez 11%-os zsírszegény kakaóport használtunk. A hozzávalókat grammra pontosan kimértük egy asztali mérlegen. Minden mérés kezdeténél kontroll mintát is készítettünk, amely nem tartalmazott fehérjét. A mérés végeztével, tehát amint a kakaók lehültek a jégfürdőben, mindegyik mintát megkóstoltuk és kiértékeljük. Egy kisméretű hőkezelőben végeztük el a kívánt hőkezelést, mindegyik mintát 85 °C-on 45 percig hagytuk a berendezésben.

5. ábra LAUDA hőkezelő



Első vizsgálatunk során megadott recept alapján készítettünk kontroll és fehérjével dúsított kakaó mintákat, amelyeket cukorral vagy mesterséges édesítővel (eritrittel) édesítettünk meg. A választott fehérjénk ennél a mérésnél egy állati fehérje, a tejsavófehérje (WCP) volt. Így összesen 4 mintát kellett hőkezelni a vizsgálat során.

Recept 100 g termékhez (cukorral édesített)

2. táblázat Első vizsgálat cukorral édesített kakaóminták receptje (saját táblázat)

Kontroll minta	Fehérjével dúsított minta
85 g TOTU ital	80 g TOTU ital
12 g cukor	12 g cukor
3 g kakaópor	3 g kakaópor
	5 g tejsavófehérje

Recept 100 g termékhez (eritrittel édesítve)

3. táblázat Első vizsgálat eritrittel édesített kakaóminták receptje (saját táblázat)

Kontroll minta	Fehérjével dúsított minta
85 g TOTU ital	80 g TOTU ital
12 g eritrit	12 g eritrit
3 g kakaópor	3 g kakaópor
	5 g tejsavófehérje



6. ábra Első méréshez felhasznált száraz összetevők (saját fénykép)



7. ábra Első méréshez felhasznált nedves összetevő-TOTU (saját fénykép)

Vizsgálat menete

A mintáink receptjét hőálló befőttesüvegekben összeállítjuk, elkevertetjük, ezután elhelyezük őket a hőkezelő berendezésben. A hőkezelési idő végeztével kivesszük a mintákat és jégágyra helyezük. Amint kellően lehültek, az elkészített kakaókat kóstoljuk és kiértékeljük íz, textúra, illat és megjelenés alapján.



8. ábra Minták jégágyon történő hűtése (saját fénykép)

A második vizsgálat során az állati helyett a növényi fehérjékkel dolgoztunk. A választott fehérjéink ennél a mérésnél a borsófehérje és kenderfehérje voltak. A hozzáadott anyagok mennyisége a receptben nem változott. Kontroll mintákat ugyanúgy készítettünk, mindegyiket cukorral és eritrittel is édesítettük. Összesen 6 mintát hőkezeltünk a második vizsgálat során.

Recept 100 g termékhez (cukorral édesített)

Kontroll minta	Borsófehérjével dúsított	Kenderfehérjével dúsított
85 g TOTU	80 g TOTU	80 g TOTU
12 g cukor	12 g cukor	12 g cukor
3 g kakaópor	3 g kakaópor	3g kakaópor
	5 g borsófehérje	5 g kenderfehérje

4. táblázat Második vizsgálat cukorral édesített kakaóminták receptjei

Recept 100 g termékhez (eritrittel édesített)

Kontroll minta	Borsófehérjével dúsított	Kenderfehérjével dúsított
85 g TOTU	80 g TOTU	80 g TOTU
12 g eritrit	12 g eritrit	12 g eritrit
3 g kakaópor	3 g kakaópor	3g kakaópor
	5 g borsófehérje	5 g kenderfehérje

5. táblázat Második vizsgálat eritrittel édesített kakaóminták receptjei



9. ábra Eritrit



10. ábra Alaprecept és borsófehérje



11. ábra Kenderfehérje

Vizsgálat menete

A mintákat receptjeit hőálló befőttesüvegekben összeállítottuk, elkevertettük, majd a hőkezelőbe raktuk 85 °C-on 45 percre. Amint lejárt a hőkezelési idő, a mintákat jégágyra helyeztük, és megvártuk amíg teljesen kihűlnek. Kóstolás után kiértékeltek a növényi fehérjékkel dúsított kakaókat.



12. ábra Növényi fehérjékkel dúsított kakaók



13. ábra Második vizsgálat kóstolása és kiértékelése hűtése jégágyon

4.2. In vitro emésztésszimuláció

Az enzimes emésztési vizsgálatunkat megelőzően újra elkészítettük a mintát és a kontroll terméket, ami az 5% hozzáadott fehérjét tartalmazó TOTU kakaónk volt. A vizsgálat lényege, hogy az emberi emésztési szakaszokat modellezi adott időben, adott hőmérsékleten. A kiértékelésnél megállapíthatjuk a mintánk emészthető és nem emészthető fehérjetartalmát.

4.2.1. Minta fehérjetartalmának kiszámítása a vizsgálathoz

Kontroll mintánkban minden összetevővel együtt 5,1g/100g fehérjét számoltunk, a fehérjével dúsított mintában 7,8g/100g-ot.

Az enzimes kezeléskor összesen 40 mg fehérjét tartalmazhat 1 g minta, tehát a kontrollból összesen 0,784 g-ot, míg a mintából 0,513 g-ot szükséges bemérni a követelményhez. Ezt 1 g-ra kell kiegészíteni, hogy elkezdhesük a vizsgálatot, így a desztillált vizet adunk a mintákhoz, pontosabban 0,216 g-ot a kontrollhoz és 0,487 g-ot a mintához.

4.2.2. Minta előkészítése

Kontrollból és mintából is kimértük a feljebb leírt tömegeket, előkészítettünk 4-4 mintát mindkettőből, emellett készítettünk egy vakmintát is, egyfajta kekszdarából, amiben nincsen hozzáadott fehérje. Kimérésük után az összes mintát kiegészítettük 1 g-ra desztillált vízzel.

4.2.3. Enzimek előkészítése

Ezalatt a vizsgálat alatt két különböző enzimmel dolgoztunk, amelyek az emberi szervezet emésztési folyamatainak különböző szakaszaiban lezajló folyamatokat modellezi. A pepszint a gyomor szakaszához, a pankreatint a vékonybél szakaszához kötjük. Emellett epe kivonatot is használtunk a vékonybél szakaszban. A modell három részből áll, először a szájban, utána a gyomorban és a legvégén a vékonybélben eltöltött időt és hőmérsékletet szükséges újraalkotni, hogy sikeres legyen a vizsgálat.

Kiszámoltuk 1 g-ra bemért mintához összerakott táblázat alapján az enzimeknek a vizsgálat-hoz szükséges tömegeit. Majd megfelelő térfogatú szimuláns oldatban feloldottuk őket, amelyek segítik az ion-koncentráció fenntartását. A pepszint gyomor szimuláns oldatban (SZGY), a pankreatint és az epét pedig vékonybél szimuláns oldatban (SZV). Az epe enzimmel plusz egy pH mérést is beiktattunk ezért kettővel több mintára volt szükségünk belőle.

6. táblázat *Enzimek összetétele (saját táblázat)*

	Pepszin	Pankreatin	Epe
Kiszámolt szükséges tömeg 1 g mintához	29,9 mg	371,1 mg	7,92 mg
Minták száma	7 db	7 db	9 db
Hozzáadott szimuláns oldat térfogata	2,45 ml SZGY	7,7 ml SZV	5 ml SZV

4.2.4. A pH mérése

Ezt a mérést előre elkészítettük, hogy tudjuk mennyi anyagra lesz szükségünk az emésztéshez. Így könnyebb lesz az enzimes emésztésben szereplő mintákhoz hozzáadni a megfelelő mennyiségű lúgot (NaOH) vagy savat (HCl). A mérés ugyanúgy zajlik, mint az enzimes emésztés, csupán enzimek nélkül hajtjuk végre.

Ezekre a mintákra tovább nem volt szükségünk, csak a pH megfelelő értékeinek beállításához szükséges anyagoknak a pontos kimérésére használtuk fel őket. A többi mintához így már tudjuk mennyi sósavat vagy NaOH-t adunk.

4.2.5. Enzimes emésztés

Hasonlóképpen 3 részre tagolódik az enzimes emésztés itt is, száj gyomor és vékonybél szakaszra. A maradék mintákat (3 fehérjés, 3 kontroll és 1 vak) használtuk fel az emésztéses vizsgálathoz.

A száj szakaszban az 1 g mintához 0,8 ml SZNY-t, 6 µl kalcium-kloridot és 0,195 ml desztillált vizet adtunk, így 2 ml mintánk lesz a végén. A 2 perc inkubáció 37 °C-on elhanyagolható, tehát folytathatjuk a mérést a gyomor szakasszal.

Ezután a gyomor szakaszban a szájból érkező 2 ml emésztményhez hozzáadtunk 1,28 ml SZGY-t, a fehérjés mintához 10 µl, a kontrollhoz 11 µl 6 mólos HCl-t. Mindegyik mintát utána 0,32 ml pepszinnel egészítettük ki. A legvégén szintén desztillált vizet adtunk a mintákhoz, kontrollokhoz 0,388 ml-t, fehérjésekhez 0,389 ml-t, így 4 ml-re egészültek ki. 2 órára 37°C-ra berakjuk az inkubátorba.

Végül a vékonybél szakaszban a gyomor szakaszból érkező 4 ml emésztményhez 1,70 ml SZV-t adunk hozzá, a fehérjével dúsított mintáinkat 5 µl, a kontrollokat 10 µl 1 mólos NaOH-al egészítettük ki. A mintáinkhoz 1 ml pankreatint és 0,5 ml epét adagoltunk. Inkubálás előtt hozzáadtunk a kontroll mintákhoz 0,782 ml és a fehérjés mintákhoz 0,787 ml desztillált vizet, majd 2 órára ismét beraktuk a 37 °C-os szimuláló szekrénybe.

Az inkubálási folyamatot követően a mintáinkhoz 32 ml metanolt adtunk, hogy az emészthető és nem emészthető fehérjéket elválasszuk egymástól.

Következő lépésként a mintáinkat ülepitettük egy centrifuga berendezés segítségével. Összesen 3 kört csináltunk ebből, a centrifugát 4000 fordulat/percen és 4 °C-on üzemeltettük, egyszer 20 percig és kétszer 10 percig ülepitettük. Ezt megelőzően a mintákból 25 ml-t lepipettáztunk és külön csövekbe töltöttük, ezek lesznek a felülúszóink (SN), amelyeket majd a kiülepitett mintákkal párhuzamosan viszünk el a további mérésekre. Az első kör ülepités után szemmel láthatóan jól kiváltak a nem emészthető fehérjék a centrifugacső aljára. Óvatosan leöntöttük a folyadékot a kiülepedett mintákról, majd újra feltöltöttük 5 ml metanollal, ez mossa át a csapadékunkat, hogy elváljon az emészthető és nem emészthető fehérje. Vortex-

ben homogenizáljuk a mintákat, majd kétszer megismételtük a 10 perces ülepítést, mindegyik kör előtt leöntöttük a folyadékot és pótoltuk 5 ml metanollal. A mérések végén ismét leöntöttük a metanolt és a kiülepedett mintákat behelyeztük a -80 °C-os fagyasztóba. A fehérjeemészthetőségi vizsgálatot Kjeldahl-módszerrel végeztük.

4.3. Fehérjeemészthetőség vizsgálata Kjeldahl-módszerrel

A Kjeldahl-módszerrel meghatározhatjuk a mintáink tényleges nitrogéntartalmát és ezzel együtt számolással a fehérjetartalmat és emészthetőségüket %-os formában. A folyamat több összetett lépést is igényel ezért fontos, hogy pontosan végezzük el a mérést, a hibák elkerülése érdekében.

4.3.1. Kénsavas roncsolás

A Gerhardt Kjeldaterm berendezést felmelegítettük 50 °C-ra, ami a mérés kezdeti hőmérséklete. Négy szakaszból áll a roncsolás, egyre magasabb hőmérsékleteken roncsoljuk a mintákat az idő elteltével.

7. táblázat Kénsavas roncsolás szakaszai

Fűtési szakasz	Hőmérséklet	Temperálási idő
1.	50 °C	5 perc
2.	150 °C	20 perc
3.	250 °C	20 perc
4.	370 °C	120 perc

Az emésztőcsöveket először lemértük, majd a mintákat állagtól függően celofánba csavarunk, ezeket is lemértük. Mindegyik mintához hozzáöntöttünk 20 ml kénsavat (H₂SO₄) és bedobunk egy Kjeldahl-tablettát, ami réz-szulfátot (katalizátor) és kálium-szulfátot (forráspont-emelő) tartalmaz. A csövek tartalma fekete színűvé változtak, ez a szerves anyagok gyors bomlását mutatta. Ez a reakcióhő felszabadulásával jár, ezért a csövek forróak lettek a minta körül. Ezt követően beillesztettük a berendezésbe a csöveket összefogó tartóelemet, és elindítottuk a mérést. A berendezés felmelegítette a mintákat 50 °C-ra, ezt a hőmérsékletet 5 percig kellett tartanunk. Az idő leteltével felemeltük a hőmérsékletet a következő szakaszhoz szükséges kezdeti pontra, majd itt is mértük az időt. Ezt az összes szakasznál megismételtük. Az utolsó 370 °C-os felmelegítés lejárata után hagytuk a mintákat kihűlni körülbelül fél óráig, amikor már biztonságosan hozzáérhettünk a tartóelemhez.

4.3.2. Desztillálás (NH_3 felszabadítása NaOH oldattal és elnyeletése gyenge savban)

A desztillálást egy *Gerhardt Vapodest 45 s* nevű berendezésben végeztük, ami egy félauto-mata rendszer. Bekapcsolást követően megvártuk, amíg felmelegszik a berendezés, ezután kerül csak mérésre kész állapotba. Mielőtt behelyeztük az emésztőcsöveket, mindegyikhez 40 ml desztillált vizet adtunk, és felráztuk, hogy az anyagok teljes mértékben elkeveredjenek.

A mérést mintánként végeztük el. A folyamat közben 3 vegyszert is adagolt a rendszer a mintákhoz, mindet különböző időkben. Ezeket a vegyszereket használja fel a berendezés: bórsav (H_3BO_3), nátrium-hidroxid (NaOH) és kálium-hidrogén-karbonát ($KHCO_3$). Ezek a vegyszerek viszik véghez a desztillálást és elnyeletést. A berendezésbe ezen kívül egy titrálólombikot is elhelyeztünk, ami felfogja a desztillátumunkat. Minden mérés után kicseréltük a lombikot és a csövet is.

A mérések végeztével titráljuk a mintáink desztillátumait.

4.3.3. Titrálás

Összesen 14 mintát titráltunk meg, ebből 7 a felülúszós, 7 pedig a pelletes. A bürettát jelre töltöttük 0,05 M-os 0,1 N-os és $f=1,000$ H_2SO_4 oldattal, ez a titrálóoldatunk.

A mintákhoz indikátort is adtunk. Az indikátorunk metilvörös/metilénkék keverékindikátor, ebből minden mintához 200 μ l-t pipettázunk. A mintáink színe halványkékről lilára változik a pontos titrálás elvégzése után.

4.3.4. Felülúszó korrekció

$$SN \text{ korrekció} = \frac{\Sigma SN}{\text{minta } SN}$$

A korrekciót a vak minta segítségével végeztük el.

4.3.5. IVPD

$$IVPD(\%) = \frac{SN(\text{fehérje})}{SN(\text{fehérje}) + \text{pellet}(\text{fehérje})} * 100$$

Ennek a képletnek a segítségével határoztuk meg az emészthetőséget.

4.4. Szárazanyag-tartalom mérés

A mérésünk célja, meghatározni az illékony, vagyis vízmentes komponensek hányadát a mintákban. Ez az értékünk közvetlenül befolyásolja a minőséget, stabilitást az eltarthatóságot és a feldolgozást.

A mintákból 3 párhuzamos mérést készítünk, ezeket petri csészékbe helyezük, lemérjük a tömegüket, a petri-csésze tömegét és a szárítás utáni tömegét analitikai mérlegen. A szárítószekrényben 105 °C-on több óráig tömegállandóságig szárítjuk a mintákat. A kontroll mintákat K- val jelöljük, a fehérjével dúsított mintákat pedig M- el, a tömegeket grammban adjuk meg.

4.5. pH-mérés

A pH-mérésünk célja, hogy meghatározzuk a mintáink savasságát vagy lúgosságát. Kézi digitális pH-mérőt használtunk a vizsgálat során, ez pontos értéket ad nekünk. Előtte kalibráltuk az eszközt pH 4,00 és pH 7,00 pufferoldatok segítségével. Három párhuzamos mérést végeztünk mindkét mintára, illetve minden mérés előtt desztillált vízzel lemostuk a készüléken elhelyezkedő elektródot.

4.6. Színmérés

A színmérés célja, hogy objektíven meghatározzuk a mintáink színét, ez egy fontos minőségi jellemző. A méréshez Konica Minolta típusú digitális színmérő műszert használtunk, mely a CIELAB színrendszer alapján adja meg a mintáink színparamétereit.

- L^* = világossági tényező (0-100)
- a^* = vörös-zöld tényező
- b^* = sárga-kék tényező

Ennél a vizsgálatnál 6 párhuzamos mérést készítettünk mind a kontrollból, mind a mintából.

4.7. Reológiai vizsgálat

Ezalatt a mérés alatt a célunk a vizsgált minta reológiai tulajdonságainak objektív meghatározása. A vizsgálat során a mintáink nyírófeszültség és nyírósebesség kapcsolatát elemezzük, mely információt ad arról, hogyan viselkednek különböző mechanikai igénybevétel alatt (keverés, szivattyúzás, tárolás). A mérést forgó reométerrel végeztük, amelyben a minta két felület között helyezkedik el: az egyik álló, a másik pedig forgó mozgást végez. A műszer meghatározza az ehhez szükséges nyomatókót, és kiszámítja belőle a viszkozitást vagy más

reológiai jellemzőt. A vizsgálatot szabályozott hőmérsékleten végeztük, és gondoskodtunk arról, hogy a minta homogén legyen, levegőbuborékoktól mentesen kerüljön a mérőtérbe.

Először a mintatartóba nagyjából 30 ml-t öntünk a mintánkból, feltöltjük a jelölésig, majd behelyezzük a szerkezetbe. A kiválasztott mérőfejet felhelyezzük (CC27), középső állásba helyezzük a gépet (5 mm), majd, ha elérte a kívánt hőmérsékletet (15°C), akkor alsó állásba helyezzük (0 mm). Ezek után indítható csak el a mérés. Minden mérés körülbelül 5 percig tart és minden mérés előtt kitisztítottuk a mintatartó edényünket.

5. Eredmények és értékelésük

5.1. Előkísérletek

A recepttel való kísérletek végén szóban értékeltük az elkészített mintákat állag, íz, textúra, szín és személye benyomás alapján.

Kontroll minta cukorral

Ez a kakaó kellően sűrű lett, jó volt az állaga, a TOTU ital miatt piskótás mellékíze volt.

Kontroll minta eritrittel

Hasonló állaga és textúrája volt, mint az első kontrollnak, viszont az édeskés íz kevésbé maradt meg, hamar eltűnt. Keserű mellékíz a mesterséges édesítő miatt.

Tejsavófehérjével dúsított minta cukorral

A minta a hőkezelés hatására puding állagot vett fel, íze olyan, mint a cukorral elkészített kontroll mintáé. Az állaga kedvező, igaz nem folyékony, de fogyasztásra teljesen alkalmas, krémes a textúrája.

Tejsavófehérjével dúsított minta eritrittel

A textúrája lisztesebb volt, mint a többi mintának, de állaga szintén pudingos. Kevésbé édes, erőteljes tojás íze lett.



14. ábra Tejsavófehérjés eritrites minta állaga balra, jobbra a cukros verziója (saját fénykép)

Borsófehérjével dúsított minta cukorral

Mérési hiba miatt kimaradt a cukor, így keserű és ehetetlen lett a minta.

Borsófehérjével dúsított minta eritrittel

Ennek a kakaónak is keserű volt az íze, az ember szájában ottmaradt a kellemetlen utóíz. Pár kóstoló szerint tápszer íze volt.

Kenderfehérjével dúsított minta cukorral

A kender miatt a mintának száraz fű, föld íze volt. Ez a minta is inkább keserűre sikerült, mint édesre.

Kenderfehérjével dúsított minta eritrittel

A kakaóban lerakódott a fehérje, nem keveredett el rendesen a minta többi hozzávalójával. Elő-, és utóízzel is rendelkezett, ami nem kedvező. A kísérletek során megállapíthattuk, hogy a növényi fehérjékkel dúsított minták keserűbbek, mint az állati fehérjéből készültek, utóízt hagynak a szájban. Állaguk kevésbé volt homogén, ipari felhasználásnál kedvezőtlen a növényi fehérjék használata.



15. ábra Kenderfehérje lerakódása (saját fénykép)

Tejsavófehérjével dúsított minta cukorral (5% fehérje)

Teljesen jó állag íz és textúra, az első kísérletben is ilyen koncentrációval mértünk.

Tejsavófehérjével dúsított minta cukorral (7,5% fehérje)

A magasabb fehérjetartalom miatt keserűbb lett, mint az 5%-os, állaga is lisztesebb. Keserű íz, nem kellemes a szájban.

Tejsavófehérjével dúsított minta cukorral (10% fehérje)

Ez a minta már túlságosan töményre sikerült, állaga teljesen lisztes, darabos lett. Kóistolás elmaradt, már a 7,5%-os minta is túl keserű volt.



16. ábra 10% tejsavófehérjés cukros minta állaga balra, jobbra a 7,5%-os minta (saját fénykép)

5.1.1. Összegzés

A recepttel való kísérletezés során kiderült, hogy a legalkalmasabb fehérje a három kipróbált fehérje közül a tejsavófehérje. A többi nem felelt meg a fizikai követelményeknek, nem oldódtak fel, mellékízük volt.

Édesítés szempontjából a cukrot választottuk, mivel nem rendelkezett mellékízzel az eritrit-hez képest.

Az 5%-nál töményebb koncentrációjú minták már túl keserűek és lisztesek voltak, ezért a három kísérlet alapján az 5% fehérjetartalmú minta bizonyult továbbra is a legkedvezőbb állagú, ízű és textúrájú kakaónak.

A tervezett emészthetőségi vizsgálatra tehát az 5% tejsavófehérje tartalmú cukorral édesített kakaókat vittük tovább a következő vizsgálatokra.

5.2. Kjeldahl-módszer eredményei

Az egyik célunk a fehérje hozzáadásának fehérje tápértékére gyakorolt hatásának vizsgálata volt. Ehhez elvégeztük a termékek emésztésszimulációját az Infogest protokollt alkalmazva, majd metanolos izoláció után meghatároztuk az emészthető és a nem-emészthető frakciók fehérjetartalmát Kjeldahl-módszerrel. Az eredmények alapján in vitro fehérjeemészthetőséget számoltunk (IVPD% - In Vitro Protein Digestibility)

5.2.1. Fehérjetartalomról számolt IVPD

<i>TPK 1</i>	<i>TPK 2</i>	<i>TPK 3</i>	<i>TPP 1</i>	<i>TPP 2</i>	<i>TPP 3</i>
<i>17,750</i>	<i>19,582</i>	<i>16,414</i>	<i>20,852</i>	<i>25,196</i>	<i>21,843</i>
<i>96</i>	<i>56</i>	<i>23</i>	<i>89</i>	<i>35</i>	<i>27</i>

A csapadék fehérjetartalma mg mértékegységben:

- 3,28125; 4,15625; 3,5 = 3,6458 mg átlagolva

Ebből az összes fehérje:

- 17,751; 19,58256; 16,4142 = 17,91592 mg átlagolva

$$IVPD(\%) = \frac{17,91592}{17,91592 + 3,6458} * 100 = 83,1\%$$

A fehérje nélküli mintáinknak az emészthető fehérjetartalma **83,1 %**.

A tejsavó fehérjével dúsított mintánk emészthető fehérje tartalma 3 párhuzamos mérés átlagaként (%):

Csapadék fehérjetartalma mg mértékegységben:

- 1,75; 2,84375; 2,84375 = 2,47916 mg átlagolva

Ebből az összes fehérje:

- 20,8529; 25,1963; 21,8433 = 22,6308 mg átlagolva

$$IVPD(\%) = \frac{22,6308}{22,6308 + 2,47916} * 100 = 90,2\%$$

8. táblázat IVPD értékek (saját táblázat)

	TPK 1	TPK 2	TPK 3	TPP 1	TPP 2	TPP 3	p-érték
IVPD	84,40	82,49	82,42	92,26	89,86	88,48	0,005
Átlag		83,1			90,2		
Szórás		1,1			1,9		
Relatív szórás (%)		1,3			2,1		

A fehérjével dúsított mintánk emészthető fehérje tartalma 90,2%, a kontrollunké pedig 83,1%. Ez azt jelenti, hogy a tejsavófehérje jótékony hatással volt a mintákra, a TOTU ital fehérjei emészthetőbbé váltak, több fehérje hasznosult a mintából. Illetve elmondhatjuk, hogy szignifikáns különbség nem volt a kettő között, mert a p-érték kisebb volt 0,05-nél.

5.3. Szárazanyag-tartalom mérés eredményei

9. táblázat Szárazanyag-tartalom eredmények (saját táblázat)

	K1	K2	K3	M1	M2	M3
Petri csésze tömege (g)	13,8388	15,4459	13,8811	14,2841	15,5986	13,5832
Minta bemért tömege (g)	1,5516	1,8576	1,614	1,6733	1,3402	1,7769
Szárítás utáni tömeg (g)	14,1714	15,8531	14,2294	14,7262	15,9528	14,0489
Szárítás utáni tömeg (petri csésze nélkül)	0,33	0,41	0,35	0,44	0,35	0,47
Szárazanyag-tartalom (%)	21,44	21,92	21,58	26,42	26,43	26,21
Átlag		21,6	%		26,4	%
Szórás		0,2490			0,1249	

A szárazanyag-tartalom mérés eredményei alapján a fehérjével dúsított mintáknak várhatóan magasabb lett a szárazanyag-tartalma. A rendszerbe több szilárd anyagot vittem be, mint vizet, így a szárítás után több maradt vissza.

5.4. A pH-mérés eredményei

10. táblázat A pH-mérés eredményei (saját táblázat)

	K1	K2	K3	M1	M2	M3
pH	6,56	6,57	6,56	6,51	6,49	6,51
Átlag		6,6			6,5	

Szórás		0,0058			0,01155	
---------------	--	--------	--	--	---------	--

A mérés során a kontroll és fehérjével dúsított minta között nem volt jelentős különbség, a hozzáadott fehérje nem befolyásolta a kakaó pH értékeit. A tejsavófehérje olyan tulajdonsággal rendelkezik, hogy nem érzékeny a pH- ra, ezért nem is tolta el nagy mértékben a sav-bázis egyensúlyt.

5.5. Színmérés eredményei

11. táblázat Színmérés eredményei (saját táblázat)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6
L*	51,07	52,3	48,33	48,15	49,19	48,86
a*	11,07	10,7	10,44	9,92	9,92	10,35
b*	14,41	16,79	15,84	14,52	14,96	15,36
L* átlag		49,65				
a* átlag		10,4				
b* átlag		15,31				
L* szórás		1,6654				
a* szórás		0,4481				
b* szórás		0,8978				
	M1	M2	M3	M4	M5	M6
L*	43,47	43,57	43,52	44	43,69	43,47
a*	10,41	10,39	10,36	10,33	10,31	10,36
b*	15,89	15,88	15,78	15,7	15,53	15,79
L* átlag		43,62				
a* átlag		10,36				
b* átlag		15,76				

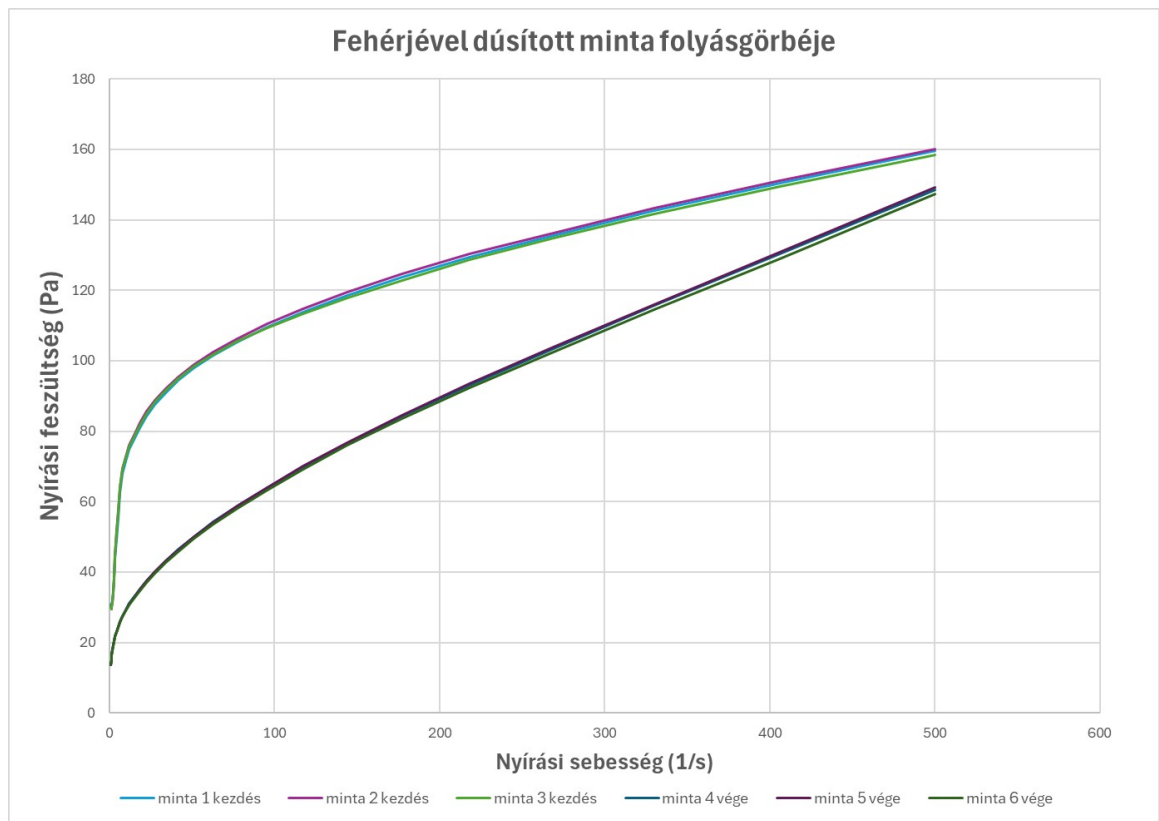
L* szórás		0,2034				
a* szórás		0,0369				
b* szórás		0,1335				

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	
L*	51,07	52,3	48,33	48,15	49,19	48,86	
a*	11,07	10,7	10,44	9,92	9,92	10,35	
b*	14,41	16,79	15,84	14,52	14,96	15,36	
L* átlag		49,65					
a* átlag		10,4					
b* átlag		15,31					
L* szórás		1,6654					
a* szórás		0,4481					
b* szórás		0,8978					

A színmérés alapján elmondható, hogy a fehérjével dúsított mintáim sötétebb árnyalatot mutattak a kontroll mintához képest. Sötétebb, mélyebb tónussal rendelkeznek, tehát kevesebb fényt vernek vissza. Az a* és b* esetében jelentős változás nem figyelhető meg.

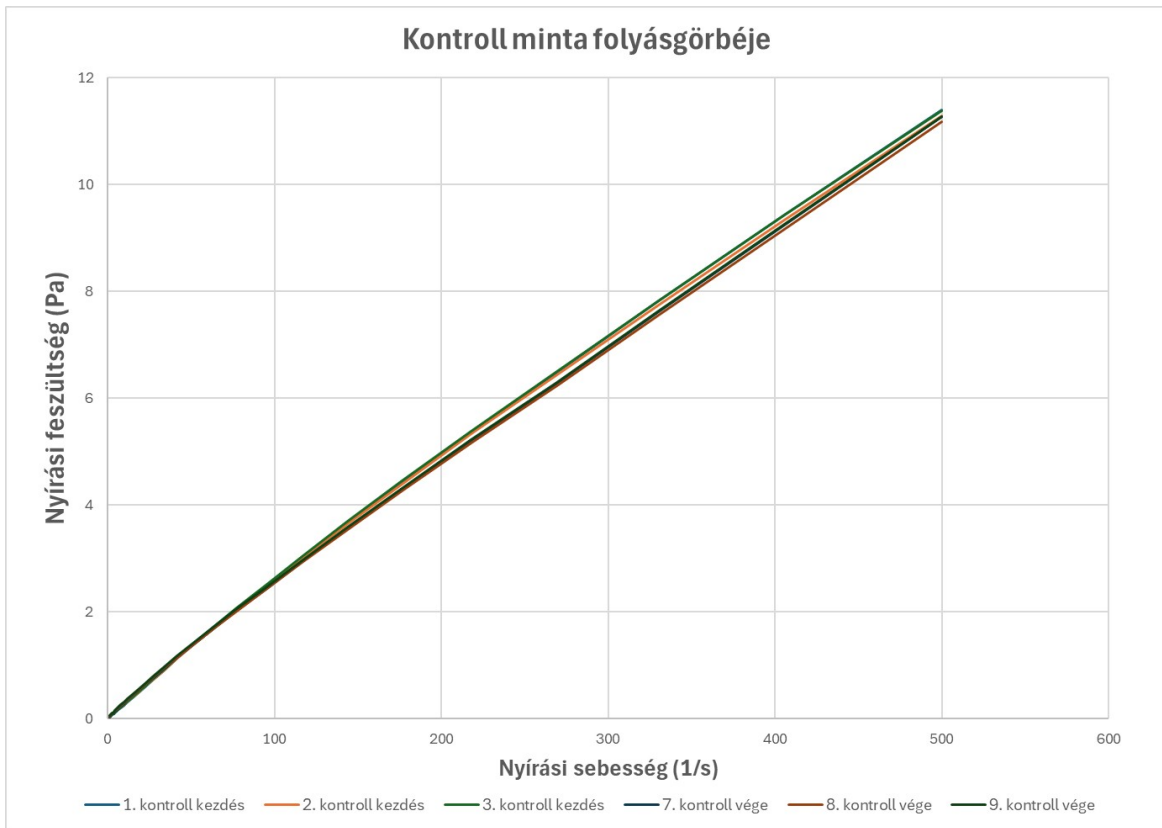
5.6. Reométeres vizsgálat

A kontroll mintáink és a fehérjés mintáink görbáját excelben ábrázoltam a nyírási sebesség és nyírási feszültség alapján. A fehérjével dúsított mintáról ez már kevésbé mondható el, itt láthatjuk, hogy amikor elindítottuk a mérést, a mérőfejnek nagyobb erőt kellett kifejtenie ahhoz, hogy a közeg megmozduljon, ezért nem 0-ról indult, hanem körülbelül 30 Pa- ról. Pudingszerű állaggal rendelkezett, a berendezés fokozatosan roncsolta a sejtszerkezetet, így a mérés végeztével a mintánk viszkozitása csökkent. Ez magyarázza a görbénk elhelyezkedését is.



17. ábra Fehérjével dúsított minta folyásgörbéje (saját ábra)

A kontrollok egyenese lamináris görbét mutat a mérés kezdetén és végén is, nem változott a vizsgálat alatt. Ez azt jelenti, hogy a kontroll mintánk, amelyben nem volt fehérje, newtoni közegként viselkednek, vízhez hasonlóan. A kontroll minta nyírásra vékonyodik, vagyis dilatáló tulajdonságot mutat a tojásfehérje jelenléte miatt.

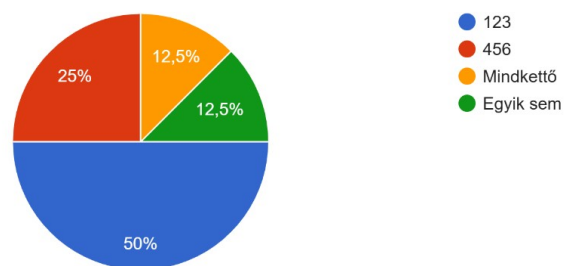


18. ábra Kontroll minta folyásgörbéje (saját ábra)

5.7. Érzékszervi minősítés

A kontroll és fehérjével dúsított mintáinkkal érzékszervi minősítést végeztünk 8 alannyal. A kérdőív több kérdése is a mintáink tetszetőségéről, illetve ízéről, utóízéről szólt.

Megvásárolná ezt a terméket? Ha igen, melyiket?
8 válasz



19. ábra Körcikk diagram a bírálók válaszairól (saját ábra)

A termékeink megvásárolhatóságát is megkérdeztük, amit egy körcikkdiagramban ábrázoltam. A kérdésünkre a válaszadók eldönthették megvásárolnák e ezt a terméket a jövőben. A diagramról kiderül, hogy a kontroll mintát a kérdezettek 50 %-a megvásárolná, míg a fehérjével dúsított kissé puding állagút csak 25 %-a. 12,5% semelyiket nem választaná, míg ugyanennyi kérdezett mindkettőt megvásárolná.

6. Következtetések és javaslatok

A vizsgálataim elvégzése után megállapítottam, hogy a mintám, amit elkészítettem, a tejsavó-fehérjével dúsított TOTU alapú kakaó, több szempontból is eltért a többi mintáimtól. A tejsavófehérje hozzájárult az érzékszervi, fizikai és emészthetőségi tulajdonságok változásához is.

A kakaó készítésénél próbálkoztam a cukormentes trendek követésével mesterséges édesítőszerrel használni, de észrevettem, hogy az eritrit nem állja helyét a termékben, mivel egy észrevehető, fanyar mellékízzel társult a kóstolás során. Helyette cukorral édesítettük a terméket, ami ugyan kevésbé egészséges, de finom lett tőle a minta. Érdeemes lehet más mesterséges édesítőszerekkel is kombinálni a termékemet, hogy találjunk egy olyat, aminek nincs mellékíze, és kóstolás után is szívesen fogyasztanánk.

A receptúrát ezen kívül más anyagokkal is ki lehetne egészíteni a jövőben, mint például stabilizátorokkal, emulgálószerekkel vagy természetes aromákkal, ami esetleg javíthatja a textúrát és a fogyasztói elfogadottságot.

A Kjeldahl-módszerrel meghatározott adataim rávilágítottak, hogy a fehérjével dúsított termékem emészthetősége 7,2% -al megemelkedett. Ez azt bizonyítja, hogy a tejsavó hozzáadása valóban javította a termékem biológiai értékét és fehérjehasználását. A jövőben más állati és növényi eredetű fehérje-koncentrátumokkal és fehérje-izolátumokkal is érdemes lehet elvégezni ezeket a méréseket a termékemhez adva, hogy megállapítható legyen, melyik fehérje adja a legjobb emészthetőséget.

A pH-mérés után levonhattam a következtetést, hogy a vizsgált mintáim kémiaiilag stabilak, nem változott az értékük a fehérje hozzáadásával. A kakaó is enyhén savas természetű, ez hozzájárulhatott a közeg kémhatásának stabilitásában.

A színmérés eredményeként elmondható, hogy a hozzáadott fehérje több fényt nyelt el, mivel a finom porszerkezetük és fehérjeaggregátumaik elnyelik a fényt.

A reométeres vizsgálatokat tekintve a fehérjével dúsított kakaó viszkozitása nőtt, nem newtoni folyadékként viselkedett. A denaturált fehérjék háromdimenziós hálószerkezetet alkotva csapdába ejtették a többi oldott anyagot a rendszerben, ezért a mintám, amelyhez fehérjét adtam, pudingos állagú lett. Ez a tulajdonság bizonyos termékkategóriákban előnyös lehet, mint például a desszertek és krémek, viszont ital formájában a túl nagy sűrűség csökkentheti a fogyasztói elfogadottságot.

A mintáim bírálása is arra utal, hogy a fogyasztók a hígabb mintámat, vagyis a fehérje nélküli kakaót kedvelték jobban. A fehérje sűrűvé és enyhén lisztessé tette a kakaót, ami érzékszervileg kedvezőtlen hatást jelent.

A növényi fehérjékkal készített kakaóim többnyire folyékony, de darabos halmazállapotot vettek fel, kevésbé homogenizálódtak a többi összetevővel, illetve kesernyés mellékízük megmaradt a hőkezelés után is. Ahogy a kutatások is alátámasztják, a növényi fehérjék alacsonyabb minőségű emészthetőségét a bennük található tápanyag-felszívódást gátló anyagok jelenléte okozza, amit hőkezeléssel javítani lehetne. A növényi fehérjével készített kakaóim fehérjeemészthetőségét is érdemes lehetne a jövőben in vitro módszerrel megvizsgálni, hogy bebizonyosodjon, tényleg javított-e ezen a tulajdonságon a hőkezelés.

Javaslataim közé tartozik a jövőben a növényi vagy állati fehérjével dúsított termékeimet aminosav összetétel vizsgálata alá vonni, hogy megállapíthassuk, mely esszenciális limitáló aminosavak voltak megtalálhatók a különböző termékeimben. Illetve ebből érdemes lehet egy DIAAS érték számolása, hogy megtudjuk a kakaóimban a limitáló esszenciális aminosavak milyen arányban vannak jelen, valamint ezek az aminosavak milyen mértékben szívódnak fel a vékonybélben.

7. Összefoglalás

A fogyasztók étkezési szokásai napjainkban egyre inkább a magas fehérjetartalmú és bizonyos allergénektől mentes élelmiszerek felé irányulnak. A növekvő számú egészséges életmódot követő, és érzékenység vagy intoleranciában szenvedő emberek megkövetelik az élelmiszerek magas tápértékét, ugyanakkor egészséges formáját.

A szakdolgozatomban fehérjével dúsított kakaókkal kísérleteztem a lehető legjobb tápértékkel bíró, laktózmentes ital felkutatása érdekében. Recept alapján a kakaókat elkészítettem különböző állati és növényi fehérjékkel, melyeknek az alapja a Capriovus által kifejlesztett laktózmentes és sportolónak kifejlesztett TOTU tojásfehérje-ital volt. Kiválasztottam a legmegfelelőbb érzékszervi tulajdonságokkal bíró fehérjével dúsított és hőkezelt kakaót, majd számos vizsgálat alá vettem, hogy megbizonyosodjak annak tápértékéről, emészthetőségéről és a benne található fehérjének a hasznosulásáról. A kiválasztott termékem, amit vizsgálatok alá vettem a cukorral édesített és tejsavófehérjével dúsított kakaóm volt, illetve annak a kontroll változata, amely nem tartalmazott hozzáadott fehérjét.

Elsősorban a minták emészthetőségét vizsgáltam *in vitro* rendszerben, ahol a kiválasztott kakaókból megadott tömeget mértem be, enzimekkel egészítettem ki, és végigkövettem az alakulásukat a három fő emésztési szakaszban. Az enzimes emésztést követően a minták fehérjetartalmát vizsgáltam meg Kjeldahl-módszerével. A módszer meghatározza a minták nitrogéntartalmát, amiből kiszámolhatjuk a valós fehérjetartalmat, illetve a fehérjék emészthetőségét, az IVPD-t (In Vitro Protein Digestibility). Számolásokat követően megállapíthatam, hogy a tejsavófehérjével dúsított mintám emészthetősége szignifikánsan növekedett a kontroll mintáéhoz képest.

Az emésztési vizsgálatot követően a két kakaómat pH, szín- és szárazanyagtartalom mérés alá vettem, hogy átfogóbb képet kapjunk a két termék különbségeiről, valamint hogyan hatott a hozzáadott fehérje a mintámra. A pH-t nem befolyásolta, ugyanis a tejsavó és a kakaópor is egyaránt stabil vegyület. A színmérésnél, amit Konica Minolta színmérő segítségével végeztem, tapasztaltam, hogy a fehérjét tartalmazó mintám tónusa sötétebb. Szárítószekrényben 105 °C -on több órán keresztül szárított mintáimról elmondható, hogy a szárazanyag-tartalom a fehérjementes kakaómnál volt magasabb.

Érzékszervi bírálatot is végeztem a mintáimmal megjelenés, állag, illat, szín és íz alapján, hogy kiderüljön a fogyasztók melyik mintát választanák a kettő közül. A bírálók nagy részének a kontroll mintám tetszett a legjobban, mivel kakaóra emlékeztető ízjegyeket mutatott a

TOTU ital ellenére is, illetve hígabb volt az állaga. A fehérjével dúsított kakaó már kevesebb embernek nyerte el a tetszését, megállapításom szerint a viszkózusabb megjelenése és lisztes állaga miatt.

Összességében elmondható, hogy a tejsavófehérjés és fehérje nélküli kakaó megfelelő választásnak bizonyult a vizsgálatok elvégzése szempontjából, mivel kiváló emészthetőséget mutattak és tápértékileg is magas értékekkel bírtak. Szerkezetileg a tejsavómentes híg állaggal, míg a tejsavófehérjés minta pudingszerű állaggal rendelkezett, a fogyasztók számára mindkét konzisztencia kedvező italok és krémek fogyasztása esetében.

8. Irodalomjegyzék/Felhasznált irodalmak

Accardo, F., Prandi, B., Terenziani, F., Tedeschi, T., & Sforza, S. (2023). Evaluation of *in vitro* whey protein digestibility in a protein-catechins model system mimicking milk chocolate: Interaction with flavonoids does not hinder protein bioaccessibility. *Food Research International*, 169, 112888. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.112888>

Allowances, N. R. C. (US) S. on the T. E. of the R. D. (1989). Protein and Amino Acids. In *Recommended Dietary Allowances: 10th Edition*. National Academies Press (US). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK234922/>

Andújar, I., Recio, M. C., Giner, R. M., & Ríos, J. L. (2012). Cocoa Polyphenols and Their Potential Benefits for Human Health. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2012, 906252. <https://doi.org/10.1155/2012/906252>

Arbach, C. T., Alves, I. A., Serafini, M. R., Stephani, R., Perrone, Í. T., & de Carvalho da Costa, J. (2021). Recent patent applications in beverages enriched with plant proteins. *Npj Science of Food*, 5(1), 28. <https://doi.org/10.1038/s41538-021-00112-4>

Chen, H., Bing, X., & Yi, W. (2023). Emerging natural hemp seed proteins and their functions for nutraceutical applications. *Food Science and Human Wellness*, 12(4), 929–941. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2022.10.016>

de Wit, J. N. (1998). Nutritional and Functional Characteristics of Whey Proteins in Food Products. *Journal of Dairy Science*, 81(3), 597–608. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75613-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75613-9)

Diána L. (2023, október 10). A kakaóbabtól a kakaóporig. *Szupermenta*. <https://szupermenta.hu/a-kakaobabtól-a-kakaóporig/>

Domínguez-Pérez, L. A., Beltrán-Barrientos, L. M., González-Córdova, A. F., Hernández-Mendoza, A., & Vallejo-Cordoba, B. (2020). Artisanal cocoa bean fermentation: From cocoa bean proteins to bioactive peptides with potential health benefits. *Journal of Functional Foods*, 73, 104134. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.104134>

Eggum, B. O., Pedersen, B., & Jacobsen, I. (1983). The influence of dietary tea, coffee and cocoa on protein and energy utilization of soya-bean meal and barley in rats. *British Journal of Nutrition*, 50(2), 197–205. <https://doi.org/10.1079/BJN19830089>

- FAO. (2013). *Dietary protein quality evaluation in human nutrition*. <https://openknowledge.fao.org/items/53cf3d0a-1db2-4667-823a-e9d73278efe9>
- Gu, F., Tan, L., Wu, H., Fang, Y., Xu, F., Chu, Z., & Wang, Q. (2013). Comparison of Cocoa Beans from China, Indonesia and Papua New Guinea. *Foods*, 2(2), 183–197. <https://doi.org/10.3390/foods2020183>
- He, W., Xiao, N., Zhao, Y., Yao, Y., Xu, M., Du, H., Wu, N., & Tu, Y. (2021). Effect of polysaccharides on the functional properties of egg white protein: A review. *Journal of Food Science*, 86(3), 656–666. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15651>
- ICCO. (2007, augustus). *Annual Report*. International Cocoa Organization. [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.icco.org/wp-content/uploads/2019/07/ar-english-2007-08-1.pdf](https://www.icco.org/wp-content/uploads/2019/07/ar-english-2007-08-1.pdf)
- Institute of Medicine. (2005). *Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids*. <https://nap.nationalacademies.org/catalog/10490/dietary-reference-intakes-for-energy-carbohydrate-fiber-fat-fatty-acids-cholesterol-protein-and-amino-acids>
- Kaur, L., Mao, B., Beniwal, A. S., Abhilasha, Kaur, R., Chian, F. M., & Singh, J. (2022). Alternative proteins vs animal proteins: The influence of structure and processing on their gastro-small intestinal digestion. *Trends in Food Science & Technology*, 122, 275–286. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.02.021>
- Kneifel, W. (1993). Water-holding properties of milk protein products: A review. *Food Structure*. https://www.academia.edu/127987331/Water_holding_properties_of_milk_protein_products_a_review
- Kneifel, W., Paquin, P., Abert, T., & Richard, J.-P. (1991). Water-Holding Capacity of Proteins with Special Regard to Milk Proteins and Methodological Aspects—A Review. *Journal of Dairy Science*, 74(7), 2027–2041. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78373-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78373-2)
- Lonnie, M., Hooker, E., Brunstrom, J. M., Corfe, B. M., Green, M. A., Watson, A. W., Williams, E. A., Stevenson, E. J., Penson, S., & Johnstone, A. M. (2018). Protein for Life: Review of Optimal Protein Intake, Sustainable Dietary Sources and the Effect on Appetite in Ageing Adults. *Nutrients*, 10(3), 360. <https://doi.org/10.3390/nu10030360>

Magyar Élelmiszerkönyv. (2009). A Magyar Élelmiszerkönyv 1-3/19-1 számú előírása a tejtermékekről. In *Magyar Élelmiszerkönyv*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://portal.nebih.gov.hu/documents/10182/522773613/Magyar+elelmiszerkonyv.pdf

Res, P. T., Groen, B., Pennings, B., Beelen, M., Wallis, G. A., Gijsen, A. P., Senden, J. M. G., & VAN Loon, L. J. C. (2012). Protein ingestion before sleep improves postexercise overnight recovery. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 44(8), 1560–1569. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31824cc363>

Shanthakumar, P., Klepacka, J., Bains, A., Chawla, P., Dhull, S. B., & Najda, A. (2022). The Current Situation of Pea Protein and Its Application in the Food Industry. *Molecules*, 27(16), 5354. <https://doi.org/10.3390/molecules27165354>

Shen, Y., Hong, S., & Li, Y. (2022). Chapter Three - Pea protein composition, functionality, modification, and food applications: A review. In J. Wu (Szerk.), *Advances in Food and Nutrition Research* (Köt. 101, o. 71–127). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2022.02.002>

Singh, R., Rathod, G., Meletharayil, G. H., Kapoor, R., Sankarlal, V. M., & Amamcharla, J. K. (2022). *Invited review: Shelf-stable dairy protein beverages—Scientific and technological aspects*. *Journal of Dairy Science*, 105(12), 9327–9346. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22208>

Sousa, R., Portmann, R., Dubois, S., Recio, I., & Egger, L. (2020). Protein digestion of different protein sources using the INFOGEST static digestion model. *Food Research International*, 130, 108996. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.108996>

Tang, C., Xi, T., Zheng, J., & Cui, X. (2025). Chemical Properties of Whey Protein in Protein Powders and Its Impact on Muscle Growth in Athletes: A Review. *Natural Product Communications*, 20(3), 1934578X251326124. <https://doi.org/10.1177/1934578X251326124>

Wang, J., Chi, Y., Cheng, Y., & Zhao, Y. (2018). Physicochemical properties, *in vitro* digestibility and antioxidant activity of dry-heated egg white protein. *Food Chemistry*, 246, 18–25. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.10.128>

Zayas, J. F. (1997a). Foaming Properties of Proteins. In J. F. Zayas (Szerk.), *Functionality of Proteins in Food* (o. 260–309). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-59116-7_6

Zayas, J. F. (1997b). Gelling Properties of Proteins. In J. F. Zayas (Szerk.), *Functionality of Proteins in Food* (o. 310–366). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-59116-7_7

Zayas, J. F. (1997c). Introduction. In J. F. Zayas (Szerk.), *Functionality of Proteins in Food* (o. 1–5). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-59116-7_1

Zayas, J. F. (1997d). Oil and Fat Binding Properties of Proteins. In J. F. Zayas (Szerk.), *Functionality of Proteins in Food* (o. 228–259). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-59116-7_5

9. Ábrák és táblázatok jegyzéke

9.1. Ábrajegyzék

1. ábra A tejsavófehérje fő alkotói (Tang és mtsai., 2025).....	8
2. ábra Kendermagból előállított fehérjeitípusok (Chen és mtsai., 2023).....	10
3. ábra Glutaminsav értékek in vitro emésztés után (Sousa és mtsai., 2020).....	11
4. ábra Kakaópor előállítási folyamata (forrás: Nébih).....	15
5. ábra LAUDA hőkezelő.....	18
6. ábra Első méréshez felhasznált száraz összetevők (saját fénykép).....	19
7. ábra Első méréshez felhasznált nedves összetevő-TOTU (saját fénykép).....	19
8. ábra Minták jégágyon történő hűtése (saját fénykép).....	20
9. ábra Eritrit.....	21
10. ábra Alaprecept és borsófehérje.....	21
11. ábra Kenderfehérje.....	21
12. ábra Növényi fehérjékkel dúsított kakaók hűtése jégágyon.....	21
13. ábra Második vizsgálat kósterolása és kiértékelése.....	21
14. ábra Tejsavófehérjés eritrites minta állaga balra, jobbra a cukros verziója (saját fénykép)	28
15. ábra Kenderfehérje lerakódása (saját fénykép).....	28
16. ábra 10% tejsavófehérjés cukros minta állaga balra, jobbra a 7,5%- os minta (saját fény- kép).....	29
17. ábra Fehérjével dúsított minta folyásgörbéje (saját ábra).....	33
18. ábra Kontroll minta folyásgörbéje (saját ábra).....	34
19. ábra Körcikk diagram a bírálók válaszáiról (saját ábra).....	34

9.2. Táblázatjegyzék

1. táblázat Emészthető esszenciális aminosav értékek a DIAAS alapján, és limitáló aminosavak különböző állati és növényi fehérjetípusokra (Kaur és mtsai., 2022).....	12
2. táblázat Első vizsgálat cukorral édesített kakaóminták receptje (saját táblázat).....	19
3. táblázat Első vizsgálat eritrittel édesített kakaóminták receptje (saját táblázat).....	19
4. táblázat Második vizsgálat cukorral édesített kakaóminták receptjei.....	20
5. táblázat Második vizsgálat eritrittel édesített kakaóminták receptjei.....	20
6. táblázat Enzimek összetétele (saját táblázat).....	22
7. táblázat Kénsavas roncsolás szakaszai.....	24
8. táblázat IVPD értékek (saját táblázat).....	30

9. táblázat Szárazanyag-tartalom eredmények (saját táblázat).....	31
10. táblázat A pH-mérés eredményei (saját táblázat).....	31
11. táblázat Színmérés eredményei (saját táblázat).....	32

10. Nyilatkozatok

NYILATKOZAT

a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió¹ nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve:	Szabó Dóra
A Hallgató Neptun kódja:	NIBRG4
A dolgozat címe:	Hozzáadott fehérjével készült italok és krémek emészthetőségének és techno-funkciós tulajdonságainak vizsgálata
A megjelenés éve:	2025
A konzulens intézetének neve:	Élelmiszertudományi és Technológusi Intézet
A konzulens tanszékének a neve:	Állatitermék és Élelmiszertartósítási Technológia Tanszék, Élelmiszerkémia és Analitikai Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió² egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem. Továbbá kijelentem, hogy a dolgozat elkészítése során alkalmazott mesterséges intelligencia-eszközök (pl. szöveggenerálás, nyelvi javítás, fordítás, adatelemzés) használata nem helyettesítette a saját kutatási és alkotói munkámat, azok alkalmazását a források között vagy a módszertani részben feltüntettem, és a szakmai-etikai elvárásoknak megfelelően jártam el.

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


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

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem 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 november hó 04 nap


Hallgató aláírása

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

NYILATKOZAT

____Szabó Dóra____ (név) (hallgató Neptun azonosítója: ____NIBRG4____) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót¹ áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem³

Kelt: Budapest 2025 év november hó 6. nap


belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő aláhúzendő.

³ A megfelelő aláhúzendő.

Hallgatók, doktoranduszok nyilatkozata mesterséges intelligencia (MI) alkalmazásáról

1. Általános adatok

Hallgató neve:	Szabó Dóra
Neptun-kódja:	NIBRG4
Képzési szint (a megfelelőt jelölje X-szel):	<input checked="" type="checkbox"/> BSc/BA <input type="checkbox"/> MSc/MA <input type="checkbox"/> Doktori (PhD) <input type="checkbox"/> Egyéb:
Tantárgy neve/kódja*:	
A munka címe:	Hozzáadott fehérjével készült italok és krémek emészthetőségének és technofunkciós tulajdonságainak 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)
Fordítás	Chatgpt 4.0	Szakirodalom

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....., 2025. október 28. hó nap

.....

Hallgató aláírása

.....

Konzulens/Témavezető aláírása