

Szakdolgozat

Görbe Zétény

2024



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Budai Campus
Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet**

Élelmiszermérnöki alapképzési szak

Csicseriborsó felhasználásán alapuló újszerű tejhelyettesítők fejlesztése

Belső konzulensek:

**Koppányné Dr. Szabó Erika,
Némethné Dr. Szerdahelyi
Emőke**

**Belső konzulensek
intézete/tanszéke:**

**Élelmiszertudományi és
Technológiai Intézet
Táplálkozástudományi
tanszék**

Készítette:

Görbe Zétény

Budapest, 2024

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés és célkitűzések	3
2. Irodalmi áttekintés	5
2.1. Növényi italok	5
2.1.1. Növényi italok gyártás technológiája	7
2.2. Esszenciális aminosavak	10
2.3. Csicseriborsó (<i>Cicer arietinum</i>)	11
2.3.1. A csicseriborsó antinutritív összetevői	14
2.3.2. A csicseriborsó jellemző fehérjefrakciói és ezek tulajdonságai	14
2.4. Fehérje komplettálás	16
2.5. Kender (<i>Cannabis sativa</i>)	17
2.5.1. A kender antinutritív összetevői	18
2.5.2. A kender jellemző fehérjefrakciói és ezek tulajdonságai	18
3. Anyagok és módszerek	19
3.1. Felhasznált anyagok	19
3.2. Előkészületek	19
3.3. Vizsgált minták	20
3.4. Csicseriborsó és kender arányának meghatározása	21
3.5. Probiotikus fermentáció	22
3.5.1. Felhasznált mikrobatorzsek	22
3.5.2. Felhasznált anyagok és módszerek	22
3.6. Fermentációs kísérletek	23
3.7. Alkalmazott vizsgálati módszerek	24
3.7.1. Élősejtszám meghatározás szélesztéses módszerrel	24
3.7.2. pH mérés	24
3.8. Fehérjék elválasztása elektroforetikus módszerekkel	24
3.8.1. SDS-PAGE	25
3.8.2. Natív-PAGE	26
3.9. Aminosav-összetétel meghatározása	28
4. Eredmények és értékelésük	29
4.1. Probiotikus fermentáció	29
4.2. SDS-PAGE módszerrel végzett fehérjeanalízis eredménye csicseriborsóból és kenderből készített növényi italok esetében	31

4.2. Natív-PAGE módszerrel végzett fehérjeanalízis eredménye csicseriborsóból és kenderből készített növényi italok esetében	34
4.3. Aminosavprofil eredményei és értékelése	36
5. Összefoglalás	40
6. Köszönetnyilvánítás.....	41
7. Irodalomjegyzék	42
8. Ábrák és táblázatok jegyzéke	48
8.1. Ábrajegyzék.....	48
8.2 Táblázatjegyzék.....	48

1. Bevezetés és célkitűzések

A táplálkozás színes palettája mindig is gazdag inspirációval szolgált az innovációra és a fejlődésre. Az évszázadok során az emberek különböző módon járultak hozzá a táplálékforrások kibővítéséhez és a változatos étrend kialakításához. Ebben a folyamatban az egyetemi kutatások és fejlesztések szerepe is kiemelkedő, hiszen a tudomány és a technológia előrehaladásával új lehetőségek és megoldások nyílnak meg az élelmiszeriparban.

A növényi alapú italok egyre nagyobb figyelmet kapnak az egészséges életmód és a környezettudatosság iránti növekvő igények közepette. Ezek az italok a tej és tejtermékeket hivatottak helyettesíteni, azonban megvizsgálva a növényi italok fehérje mennyiségét és azok aminosav összetételét, hamar nyilvánvalóvá válik, hogy nem összehasonlíthatóak a hagyományos tej által biztosított fehérje minőséggel és mennyiséggel. Pontosan ez az oka, amiért az EU-ban 2017 júniusában alkotott jogszabály tiltja ezen italok címkéjén a „tej” feliratot (Európai Unió Bírósága, C-422/16, 2017). Ez a jogszabály fontos lépés volt az élelmiszerbiztonság és a fogyasztóvédelem terén, amelynek célja az átláthatóság és az egyértelműség biztosítása az élelmiszerek címkézésében és marketingjében. Ez lehetővé teszi a fogyasztók számára, hogy tudatosan választhassanak, és pontosan tudják, hogy milyen terméket vásárolnak és fogyasztanak.

A fehérje komplettált növényi italok fejlesztése az élelmiszertudomány azon területe, ahol az innováció és a tudomány egyesül, hogy új megoldásokat és termékeket hozzon létre, amelyek elősegítik az egészséges és fenntartható életmódot. Erre azért van szükség, mivel a jelenleg piacon lévő alternatív növényi italok sokszor kis mennyiségű fehérjét tartalmaznak, aminosav összetételük kifogásolható.

Az élelmiszerfehérjék minőségét nagymértékben az esszenciális aminosavak összetétele és emészthetősége határozza meg. A hüvelyesek fehérjei általában magasak lizinben, leucinben, aszparaginsavban, glutaminsavban és argininben, de hiányosak metioninban, ciszteinben és triptofánban. A különböző hüvelyesek tápanyagtartalmának változatossága függhet az adott növény fajtájától, földrajzi elhelyezkedésétől, termesztési időszakától, valamint környezeti tényezőktől. Emellett a növényekben megtalálható antinutritív anyagok jelenléte miatt emészthetőségük, hasznosulásuk is rosszabb, mint az állati eredetű fehérjéké.

Célul azt tűztem ki, hogy olyan növényi italt készítssek, amely más növényi összetevővel komplettálva kedvezőbb biológiai értékű, vagyis az emberi szervezet számára szükséges, esszenciális aminosavakat a megfelelő mennyiségben tartalmazza. Ehhez kiindulási növényként a kiváló beltartalmi tulajdonságokkal rendelkező csicseriborsót választottam. Ahhoz, hogy tejhez hasonló beltartalmi tulajdonságokkal rendelkező alternatív növényi italt tudjak előállítani célul tűztem ki, hogy más olyan növénnel komplettálom, amely révén megfelelő mennyiségben pótolhatóak a csicseriborsóból hiányzó aminosavak. Ezáltal a tejhez hasonló, kedvezőbb aminosav összetételű fehérjét tartalmazó növényi ital készíthető, amely színben és állagban a hagyományos tejhez hasonlítható, kedvező ízű. Céлом volt ezen kívül, hogy vizsgáljam, hogy az általam fejlesztett termékek esetében hogyan befolyásolja azok biológiai értékét a gyártás során alkalmazott különböző technológiai kezelés, mint az áztatás vagy a mikrohullámú kezelés, illetve az utóbbi években egyre népszerűbbé vált probiotikus mikroorganizmusok felhasználásával végzett fermentáció. Ezen tulajdonságok által egy kedvezőbb alternatívát nyújt a már piacon lévő növényi italokkal szemben, valamint azok hiányosságait pótolja.

Vizsgálataimhoz otthon is használható készüléket és módszereket alkalmaztam -a fermentáció kivételével-, amelyeket azért választottam, hogy eredményeimmal hozzájárulhassak az egészségesebb házi készítésű növényi italok előállításához is.

2. Irodalmi áttekintés

2.1. Növényi italok

A növényi alapú italok, más néven alternatív tejek, olyan italok, amelyek különböző növényi magvakból készülnek, ideértve a gabonaféléket, hüvelyeseket és olajosmagvakat (McClements et al., 2019). Ezek a tejalternatívák jelentős figyelmet kapnak, mint valós helyettesítők a hagyományos tejnek, lehetőséget biztosítva a laktózérzékenyek vagy tejfehérje-allergiában szenvedők, valamint a vegán vagy vegetáriánus étrendet követők számára (Haas et al., 2019). Az utóbbi években, ahogy a növényi alapú italok piaca gyorsan bővült, a választék is egyre szélesebb körű lett - ideértve a mandula-, szója-, zab-, rizs- és kókuszitalokat - hogy kielégítsék a keresletet. Egyre többféle egyedi íz-, állag- és tápanyagtartalmi jellemzőkkel rendelkező növényi italból az egyéni preferenciák és táplálkozási igények szerint választhatnak már a fogyasztók.

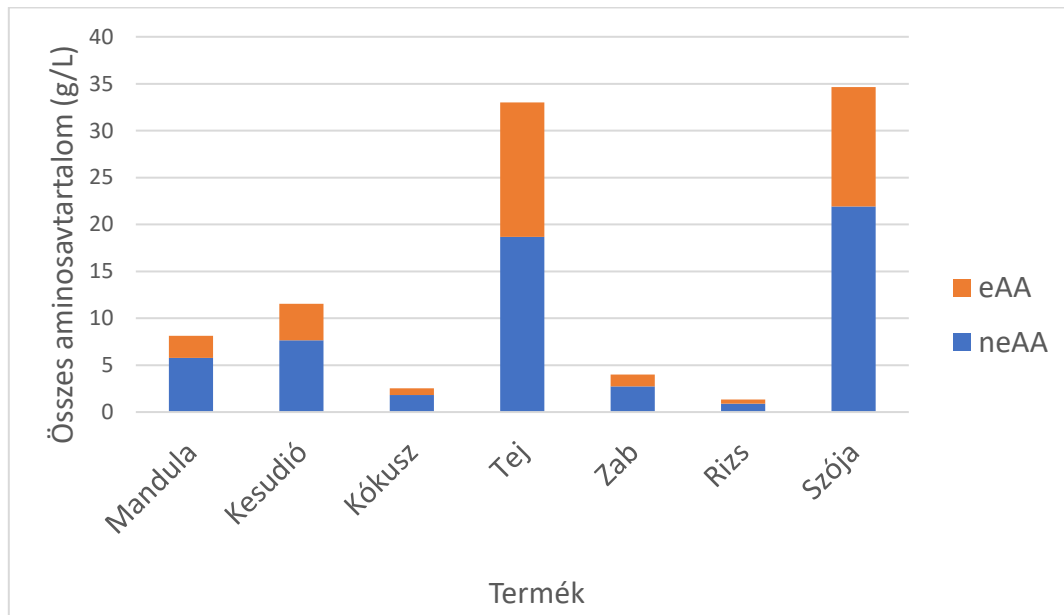
Az alternatív növényi italokat a tehéntejjel összehasonlítva megállapítható, hogy többségük lényegesen kevesebb fehérjét tartalmaz, emellett hiányosak esszenciális aminosavban. Fogyasztásuk során a növényekben előforduló antinutritív anyagok jelenléte kedvezőtlenül befolyásolhatja az emésztési, tápanyag-hasznosulási folyamatokat. Ugyanakkor bioaktív komponenseket tartalmaznak, melyek egészségmegőrző tulajdonságaikkal vonzzák az egészségtudatos fogyasztókat.

A növényi alapú italok népszerűségét erősítő egyik fő tényező a fenntarthatóság. A tejtermelés környezeti hatása, ideértve a föld- és vízhasználatot, üvegházhatású gáz kibocsátást és az állattóléttel kapcsolatos aggodalmakat, arra ösztönzi a fogyasztókat, hogy alternatív lehetőségeket keressenek (McClements és Grossmann, 2021).

A nyugati országokban tapasztalható jelentős tejfogyasztás csökkenését a feldolgozott tejtermékek iránti növekvő kereslet és az állandóan megjelenő új növényi alapú italok gyorsan növekvő száma kompenzálja, amelyeket tejpótlóként hirdetnek és a tejkészítmények mellett helyeznek el a polcokon. Walther és munkatársai (2022) megmérték a különböző növényi italok fehérje-, szénhidrát-, zsír-, vitamin- és ásványi-anyag tartalmát. A fogyasztásuk során az energia- és tápanyagbevitelt összevetették a Németország, Ausztria és Svájc számára meghatározott étrendi referenciaértékekkel. Ezenkívül kiszámolták az emészthető, nélkülözhetetlen aminosav-értéket (DIAAS) a fehérjék minőségének becslésére. Eredményeik

azt mutatták, hogy a tej több energiát, zsírt, szénhidrátot, C-, B2-, B12- és A-vitaminokat, biotint, pantoténsavat, kalciumot, foszfort és jódot tartalmazott, mint a legtöbb növényi alapú ital. A szójaitalok kissé több fehérjét, jelentősen több B1- és B6-vitamint, folsavat, E- és D2 vitaminokat, valamint K1-et, magnéziumot, mangánt, vasat és rezet tartalmaztak, mint a tej és a többi növényi alapú ital. A tehéntej és a szójaital kivételével, amelyekben több, mint 3% fehérje volt, a legtöbb tejalternatíva 1%-nál kevesebb fehérjét tartalmazott; ezért nem tekinthetők jó fehérjeforrásnak. A fehérje minőségével kapcsolatban a tej kiemelkedett minden növényi alapú italhoz képest, és magasabb kiszámított DIAAS-értékeket mutatott. Eredményeik szerint az elemzett növényi alapú italok nem valós alternatívák a tejjel szemben táplálkozási összetételük tekintetében. A tej teljes egészében történő növényi alapú italokkal való helyettesítése, a teljes étrend átdolgozása nélkül hosszú távon fontos tápanyagok hiányához vezethet. Az 1. ábra szemlélteti az esszenciális (eAA) és nem esszenciális (neAA) aminosavak koncentrációját különböző növényi italokban és tehéntejben (Walther et al., 2022).

1. ábra: Különböző növényi italok esszenciális és nem esszenciális aminosav összetétele (Walther et al., 2022).



A különböző növényi italok általános összetételét (g/100 ml egységben) az 1. táblázatban foglaltam össze (Xie et al., 2023).

1. táblázat: Különböző növényi italok általános összetétele Xie et al. (2023) alapján.

Növényi ital típus	Fehérje (g)	Zsír (g)	Hamutartalom (g)	Szénhidrát (g)	Rost (g)
Szója	2,78	1,96	0,75	3	<0,75
Kókusz	2,02	21,3	0,97	2,81	-
Zab	0,8	2,75	0,79	5,1	<0,75
Rizs	0,42	1,04	0,34	9,58	-
Kesudió	2,2	5,29	-	5,73	0,4
Mandula	0,66	1,56	0,6	0,67	<0,75

Az USDA oldalán (Internet 1) a tehéntejjel kapcsolatban azt találtam, hogy annak fehérjetartalma felülmúlja a növényi italok fehérjetartalmát (3,28 g/100 ml).

A hüvelyes alapú tejalternatívák esetében az antinutritív anyagok mellett az érzékszervi elfogadottság jelenti a fő korlátozó tényezőt szélesebb népszerűségének eléréséhez. A különböző új feldolgozási technológiák - mint az ultra magas hőmérsékleten való kezelés, ultra magas nyomású homogenizálás, pulzáló elektromos mező alkalmazása a feldolgozás során - képezik számos kutatás tárgyát, amelyek révén kedvezőbb ízt, hosszabb eltarthatósággal, emulzióstabilitást tudnak biztosítani a termékeknek (Sethi et al., 2016).

2.1.1. Növényi italok gyártás technológiája

A növényi alapú ital kolloid szuszpenzió vagy emulzió, amely feloldott és extrahált növényi anyagokból áll. Bár az egyes eljárások pontos módja eltérő lehet, általánosan azonban növényi alapú italok előállítása két fő típusra osztható: száraz eljárások: a nyersanyagok száraz őrlését követően az előállított lisztből víz hozzáadásával történik az ital előállítása. A nedves eljárások során a növényi alapanyagokat vízzel összekeverve, ún. nedves őrlése során készítik a növényi italokat (Reyes-Jurado et al., 2023).

2.1.1.1. Előkezelés

A gyártástechnológia több alaplépésből tevődik össze. A növényi alapú italok előállítása előtt az alapanyagoknak bizonyos előkezelésekre lehet szüksége, ideértve az áztatást, blansírozást, párolást és sütést (Mäkinen et al., 2016). A blansírozás a szójatejben kellemetlen ízeket okozó tripszin-inhibitorok és a lipoxigenázok inaktiválásához szükséges (Giri és Mangaraj, 2012), (Jiang et al., 2013). Az előkezelés célja az extrakció fokozása, a tápérték növelése, az

érzékszervi jellemzők javítása, valamint az idegen illatanyagok eltávolítása. Az áztatás fő célja a nyersanyagok, beleértve a gabonafélék és diófélék, lágyításának és duzzadásának elősegítése, valamint a nyersanyagok őrlésének megkönnyítése az őrlési folyamat során (Padma et al., 2018). Ez a folyamat csökkenti a mechanikai őrlés ellenállását és teljes mértékben hidratálja a fehérjéket, ami könnyebbé teszi azok kioldását, ezzel növelve a kivonási arányt (Xie et al., 2023).

2.1.1.2. Extrakció

A kioldott fehérje- és egyéb értékes tápanyagösszetevők mennyiségének javítása érdekében a kivonási hatékonyságot növelhetjük a hőmérséklet emelésével, enzimek hozzáadásával, erjesztéssel, vagy a pH növelésével (NaOH-dal vagy NaHCO_3 -tal) (Reyes-Jurado et al., 2023). A kivonási folyamat során lúgos közeg használatával növelhető a fehérjehozam (Reyes-Jurado et al., 2023). A magasabb kivonási hőmérséklet ugyanakkor növeli a zsírkivonást, ugyanakkor a fehérjedenaturálódás csökkenti a zsír oldhatóságát és hozamát (Reyes-Jurado et al., 2023). A mikrohullámú kezelés jelentősen növeli a növényi sejtfal átjárhatóságát és sejten belüli szerkezet integritását, elősegítve a fehérjék, lipidek és egyéb oldható szilárd részecskék felszabadulását (Varghese és Pare, 2019).

2.1.1.3. Enzimes kezelés

Az enzimatisz hidrolízis során alacsony molekulatömegű peptidek szabadulnak fel, amelyek növelik az ionizálható amino- és karboxilcsoportok számát; ennek eredményeként növekszik a fehérje oldhatósága (Tavano, 2013). A fehérjeoldhatóság változtatása növelheti a fehérjehozamot, valamint a kapott fehérjekoncentrátumok és izolátumok tisztaságát és funkcionalitását. A fehérje oldhatósága befolyásolja az ételek textúráját és érzékszervi jellemzőit, amelyek a termék-minősítés lényeges paraméterei (Chang et al., 2015).

2.1.1.4. Fermentáció

A növényi alapú italok előállítása mikrobiális erjedés segítségével általában több mikrobiális törzs keverékének használatával történik; tejsavbaktériumok, bacilli és élesztők a leggyakrabban használt mikroorganizmusok ebben a folyamatban (Jeske et al., 2018). A fermentáció javíthatja a növényi alapú italok ízét a nem kívánatos szagok csökkentésével vagy kellemes aromaanyagok létrehozásával. Földimogyoró-ital fermentációja során azt tapasztalták, hogy a hüvelyesekre jellemző babos íz intenzitása mérséklődött mivel az n-

hexanol mennyisége csökkent. A fermentáció során ugyanis diacetil keletkezett, amely kellemes vajas aromát adott a terméknek (Xie et al., 2023).

Az fermentáció növelheti a fehérje- és vitamin tartalmat (Tangyu et al., 2019), valamint javíthatja a kalcium és vitaminok hasznosulását. Nyers szójából készült ital *Bifidobaktérium* törzsekkel történő fermentációja során a fehérje- és B-vitaminok - mint például a riboflavin és tiamin- mennyiségének növekedését figyelték meg. Emellett azt tapasztalták, hogy vitaminok – így pl. K vitaminok is – termelődnek fermentáció során a mikroorganizmusok kedvező tevékenységének eredményeként. *Saccharomyces cerevisiae*-vel végzett fermentációnak köszönhetően B2-vitamin termelődését mutatták ki (Tangyu et al., 2019). Számos tejsavbaktérium fitáz enzimet állít elő, ami a fitátok hidrolízisét katalizálja inozitollá és foszfátokká. A szójában található egyik legjelentősebb antinutritív anyag a fitinsav, gátolja az ásványi anyagok hasznosulását. Mennyisége jelentősen csökkenthető volt fermentációval az alkalmazott probiotikus törzsek által termelt fitáz enzimmel (Rekha és Vijayalakshmi, 2010). A nyers növényi alapanyagok antinutritív összetevőinek jelentős csökkenése érhető el probiotikus mikroorganizmusokkal történő fermentációval. Ezáltal növelhető az ásványi anyagok jobb hasznosulása (Rekha és Vijayalakshmi, 2010), illetve a fermentáció alkalmas az növényi ital készítés során kioldott élelmi rostok minőségének javítására is (Li et al., 2022).

2.1.1.5. Szétválasztás

A szétválasztás célja a szilárd részecskék és a lebegő szennyeződések elválasztása a növényi alapú italokból. Főként az oldhatatlan rostokat távolítja el annak érdekében, hogy a részecskék elérjék a kívánt méretet, ami előnyös a termék stabilitása szempontjából. A késztermék részecskeméreti követelményeinek megfelelően a szétválasztást szűrés, dekantálás vagy centrifugálás útján lehet elérni, hogy eltávolítsák a durva részecskéket a keverékből (Reyes-Jurado et al., 2023). Magas zsírtartalommal rendelkező nyersanyagok, például földimogyoró felhasználása esetén, a felesleges zsír egy szeparátor segítségével eltávolítható (Reyes-Jurado et al., 2023). Az extraktumból történő felesleges olaj/zsír eltávolítása hozzájárulhat egy stabilabb ital formulálásához is (Yadav et al., 2017).

2.1.1.6. Termék formulázása

A növényi alapú italok megjelenésben és konzisztenciában hasonlóak az állati tejhez, mégis jelentős különbségek vannak biológiai értékükben és hasznosulásukban. Ezért ezeket a termékeket dúsítani kell a táplálkozási minőségük javítása érdekében (1. ábra). A növényi

alapú italok fehérje-, vitamin- és ásványianyag-tartalma igen fontos. Ezért néhány növényi alapú italt szelektíven dúsítanak külső tápanyagokkal a feldolgozás során, hogy növeljék bizonyos tápanyagok teljes tartalmát. Az íz és aroma javítása érdekében cukor, só, mellett különböző természetes- és mesterséges íz- és aromaanyagok is hozzáadásra kerülnek a keverési folyamat során (McClements et al., 2019).

2.1.1.7. Homogenizálás

A növényi alapú italokban oldhatatlan részecskék találhatók, ideértve a fehérjéket, keményítőket, rostokat és egyéb sejtes anyagokat. Ezek a részecskék sűrűbbek, mint a víz, ezért ülepednek, ami instabilitást eredményez a termékben. A szuszpenzió stabilitása javítható a részecskeméret csökkentésével az oldhatóság növelése érdekében, vagy hidrokolloidok és emulgeálószeresek használatával, mint például mono- és digliceridek, szacharóz-zsírsavészterek, karboximetil-cellulóz nátrium és xantángumi.

2.1.1.8. Hőkezelés

A hőkezelés hozzájárul a termék tartósításához a mikrobaszám csökkentésével és a szuszpenzióban esetleges jelen lévő enzimek inaktíválásával (Reyes-Jurado et al., 2023). A hőkezelési idő és a hőmérséklet megfelelő kombinációja biztosítja a mikrobiák és az enzimek inaktíválódását azáltal, hogy megakadályozza az olajcseppek aggregálódását (Reyes-Jurado et al., 2023).

2.2. Esszenciális aminosavak

Az esszenciális aminosavak, olyan aminosavak, melyeket az emberek és más gerincesek nem tudnak szintetizálni anyagcsere köztestermékekből. Ezeket az aminosavakat az exogén étrendből kell biztosítani, mivel az emberi szervezetből hiányoznak azok a metabolikus útvonalak, amelyek szükségesek ezeknek az aminosavaknak az előállításához (Hou et al., 2015). Táplálkozás szempontjából az aminosavakat esszenciális és nem-esszenciális csoportba sorolják. Ez a besorolás azoknak az emberi táplálkozásról szóló tanulmányoknak az eredményeként született, amelyek kimutatták, hogy bizonyos aminosavak szükségesek a növekedéshez vagy a nitrogénegyensúlyhoz, még akkor is, ha elegendő mennyiségű alternatív aminosav van jelen (Reeds, 2000). Bár az egyéni anyagcsere-állapot alapján különbségek lehetnek, az általánosan elfogadott álláspont az, hogy kilenc esszenciális aminosav létezik,

ideértve a fenilalanint, valint, triptofánt, treonint, izoleucint, metionint, hisztidint, leucint és lizint. A teljes értékű fehérjék definíció szerint az összes esszenciális aminosavat tartalmazó fehérjék. Az állati eredetű fehérjeforrások teljes értékű fehérjét biztosítanak, míg a növényi eredetű fehérjeforrások általában hiányosak egy vagy több esszenciális aminosavban (Hoffman és Falvo, 2004). Számos egészségügyi szakember szerint az állati eredetű fehérjeforrások, bár teljesértékű fehérjét, számos vitamint és ásványi anyagot biztosítanak, telített zsírtartalmuk azonban aggodalomra ad okot mert nagyobb arányban fordulnak elő az állati eredetű fehérjeforrásokban, mint a növényi eredetű fehérjékben (Hoffman és Falvo, 2004). A legkisebb mennyiségben jelenlévő esszenciális aminosavat limitáló aminosavnak nevezik, mivel hiányában a szervezetben a fehérjeépítési folyamatok gátoltak. Élelmiszerekben a limitáló aminosavat egy referencia fehérjével, például tojásfehérjével összehasonlítva határozzák meg (Jood et al., 1995).

2.3. Csicseriborsó (*Cicer arietinum*)

A csicseriborsó (*Cicer arietinum* L.) a *Fabaceae* családba tartozó egynyári növény (Nwokolo, 1996). Elsősorban a mérsékelt és félszáraz régiókban, azaz Ázsiában, Európában, Ausztráliában és Észak-Amerikában termesztik. A csicseriborsó legnagyobb termelője India, amely a globális termelés mintegy 66%-át adja, sorrendben második ország Törökország (7,6%), majd Pakisztán és Irán (7% és 3,5%), Kanada és az Egyesült Államok következnek. Ez utóbbiak csak kis mértékben járulnak hozzá a csicseriborsó teljes világtermeléséhez (1,6%, illetve kevesebb, mint 1%-ban). Mint minden hüvelyes, gyökérgümős növény, nitrogénnel gazdagítja a talajt. A csicseriborsó két fajtáját - Kabuli és Desi- termesztik a legnagyobb mennyiségben. A Desi fajtát főként félszáraz területeken termesztik. Borsószegek kicsik, sötétek és barázdált felületűek. A Kabuli fajta mérsékelt éghajlatú területeken terem, a borsószegek mérete valamivel nagyobb, mint a Desi fajtáé, vékony, világos fedőszemcséjű (Khalil et al., 2007). A csicseriborsófajták megjelenésében és kémiai összetételében mutatkozó különbségek a termesztési régiótól és a körülményektől függenek, amelyek befolyásolják a növények tenyészidejének hosszát vagy a különböző betegségekkel szembeni ellenállóképességet. A Desi és Kabuli csicseriborsófajták kémiai összetételét összehasonlítva elmondható elsősorban a fehérje-, rost-, polifenol- és szénhidráttartalmukban különböznek. A Desi fajta szegeknek energiaértéke 327 kcal/100 g, míg a Kabuli fajta esetében ez 365 kcal/100 g (Maheri-Sis et al., 2010).

2. ábra: Desi és Kabuli csicseriborsó fajták (forrás: internet 2 és internet 3)



Desi csicseriborsó fajta



Kabuli csicseriborsó fajta

Az utóbbi években a hüvelyesek jelentősebb figyelmet kaptak, mint az "újabb zöld forradalom" alapvető résztvevői, amelyre szükség van a globális klímaváltozás miatt felmerülő élelmiszerbiztonsági és élelmezési problémák megoldása érdekében (Foyer et al., 2016). Ebben a kontextusban a csicseriborsó (*Cicer arietinum*) központi szerepet játszik az egészséges étrend kialakításában és a környezeti fenntarthatóság elősegítésében. A csicseriborsó nagy előnye, hogy magas fehérjetartalommal rendelkezik, ezzel hozzájárulhat a napi ajánlott fehérjebevitel betartásához, ami különösképp fontos fejlődő szervezet számára, valamint időskorban, amikor a szervezet számára több, könnyen hasznosítható fehérjére van szükség. Több tanulmány is beszámolt arról, hogy a gyermekkori magasabb fehérjebevitel később nagyobb magassággal, testsúllyal és testtömegindexszel hozható összefüggésbe (Braun et al., 2016).

A csicseriborsót azért is választottam növényi italom fő alkotójaként, mivel számos olyan pozitív tulajdonsággal rendelkezik, amely előnyösnek tekinthető egy növényi ital készítése során. A csicseriborsó magas fehérjetartalma - átlagosan 17-30%, amely fajtájától, termesztési körülményeitől és érettségétől függ - mellett pozitívként kiemelhető, hogy a csicseriborsó az egyik legolcsóbb fehérjeforrás (Kaur és Prasad, 2021). Jelentős mennyiségben tartalmazza az emberi szervezet számára szükséges esszenciális aminosavak jelentős részét (Yegrem, 2021). Előnye, hogy nagy mennyiségben, alacsony költséggel termeszthető, az esszenciális aminosavak összetétele kiegyensúlyozott. A csicseriborsó fehérje hasznosulási aránya nagy, és a szójababbal összehasonlítva alacsony allergenitást mutat (Boukid, 2021).

A csicseriborsó jó fehérje- és szénhidrát- és rostforrás, valamint gazdag számos fontos ásványi anyagban és vitaminban. A fehérje minősége jobb a többi hüvelyesnél. A csicseriborsó fogyasztása jótékony egészségügyi következményekkel jár. Az utóbbi években, az életmódbeli változásokkal párhuzamosan különféle betegségek előfordulása is megnőtt, mint például a magas vérnyomás, a hiperlipidémia és a hiperkoleszterinémia (Wang et al., 2021). Ezek a betegségek komolyan veszélyeztetik az emberek egészséget. A csicseriborsó szénhidrát tartalma magas. Ezek azonban, mint a legtöbb hüvelyes növény esetében alacsony glikémiás indexűek, ami fontos a cukorbetegség megelőzésében és kezelésében. Alacsony glikémiás indexük és magas rosttartalmuk mellett a hüvelyesek α -amiláz és α -glükozidáz inhibitorokat is tartalmaznak, amelyek csökkentik a glükóz felszívódását a gyomor-bél traktusból. Ezek a vegyületek antidiabetikus és gyulladáscsökkentő hatásúak.

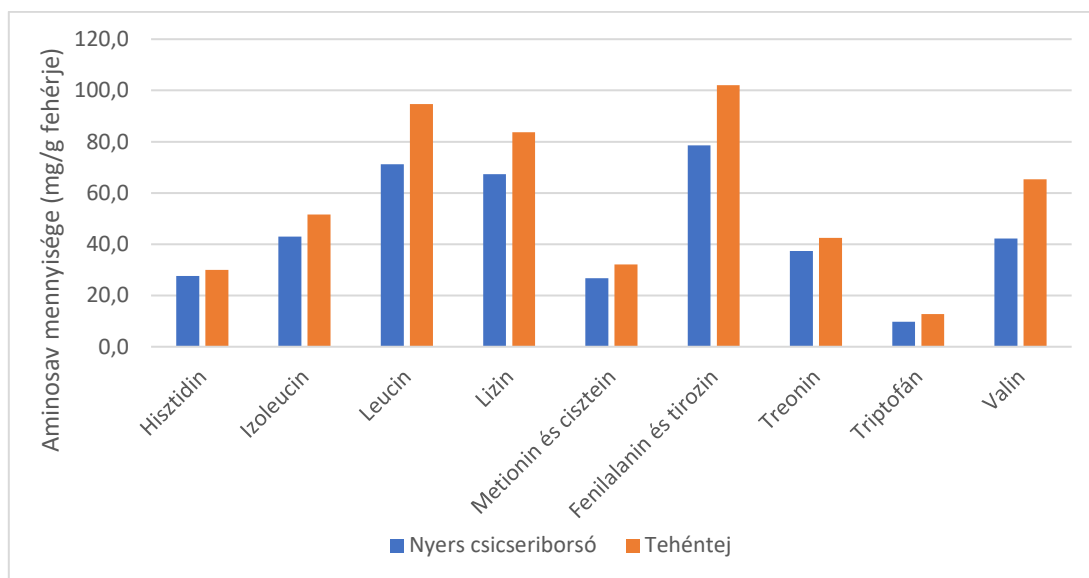
A csicseriborsó fogyasztása, alternatív utat nyithat azok számára, akik nem szeretnék részt venni a modern kultúrával járó nátriummal telített étrendben. Ezen ételek jellemzője a magas zsír, mely a fenti problémákhoz szintén hozzájárulhat, azonban megvizsgálva a csicseriborsó makrotápanyag-tartalmát észrevehetjük, hogy kiváló értékekkel rendelkezik nem csak fehérjében, hanem zsír- és szénhidráttartalomban is. Az USDA (internet 4) oldalán található információk alapján összeállított 2. táblázat szemlélteti a csicseriborsó tápértékét.

2. táblázat: A csicseriborsó makrotápanyag táblázata.

Tápanyag	Mennyiség (g/100 g csicseriborsó)
Fehérje	20,5
Szénhidrát	63
Összes cukor	10,7
Élelmi rost	12,2
Zsír	6,04

A tej és a csicseriborsó egy gramm fehérjében lévő esszenciális aminosav profilját a 3. ábra mutatja be.

3. ábra: Aminosav mennyisége egy gramm fehérjében, csicseriborsó és tehéntej esetében
(Saját ábra USDA alapján Internet 4)



2.3.1. A csicseriborsó antinutritív összetevői

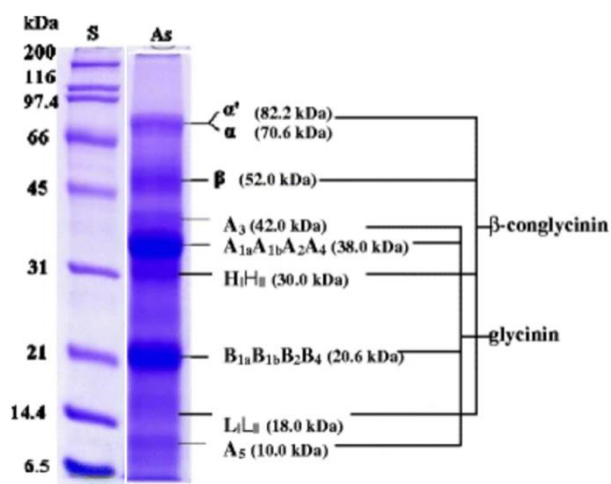
Az antinutritív vegyületek olyan molekulák, amelyek megzavarják az emésztési folyamatot. Felhalmozódása a hüvelyes növényekben feltehetően védekező mechanizmusként alakult ki a kedvezőtlen környezeti feltételek, valamint a paraziták, gombák, rovarok és növényevők ellen. A hüvelyesekben található antinutritív vegyületek két kategóriába sorolhatók: fehérje- és nem fehérje-alapú emésztés-gátló komponensek, hatásuk a viszonylag ártalmatlan polifenoloktól a viszonylag káros proteázgátlókig terjed. A fehérje hasznosulását gátló vegyületek a következők: alkaloidok, fitinsav, oligoszacharidok, fenolos vegyületek, mint például a tanninok és szaponinok. Antinutritív vegyületek közé tartoznak még a hüvelyesekben az általánosan megtalálható lektinek vagy agglutininek, tripszin inhibitorok, kimotripszin inhibitorok vagy a gombaellenes peptidek (Roy és mtsai., 2010). A csicseriborsó antinutritív vegyületeinek mennyisége a feldolgozási technológia során alkalmazott különböző kezelésekkel (pl. áztatás, zsírátzatás, fermentáció, hőkezelés) jelentősen csökkenthető.

2.3.2. A csicseriborsó jellemző fehérjefrakciói és ezek tulajdonságai

A csicseriborsó magjának tároló fehérjéit globulinra (sóoldható; 56%), albuminra (vízoldható; 12%), prolaminra (alkohol oldható; 2,8%), glutelinre (sav/lúg oldható; 18,1%) és maradék fehérjékre frakcionálták (Chang et al., 2011).

A hüvelyesekben található legfontosabb fehérjék az albuminok és a globulinok. A hüvelyesekben található főbb globulinfehérjék közé tartozik a legumin (11S), a vicilin (7S) és a konvicilin (15S). A hüvelyesekben, így a csicseriborsóba is beépülő, kis mennyiségben jelen lévő egyéb fehérjék a glutinok és a prolaminek. A prolaminek alkoholban oldódnak, és magas prolin- és glutamintartalommal rendelkeznek. A glutének oldódnak savak és bázisok híg oldataiban, mosószerekben, valamint kaotróp és redukáló sókban. A glutének nagyobb koncentrációban tartalmazzak metionint és cisztint, mint a globulinok, ezért fontosabb tápanyagot jelentenek. (Begum et al., 2023). A Csicseriborsó fehérjefrakcióit a 4. ábra mutatja be (saját ábra, (Chang et al., 2012) alapján).

4. ábra: Csicseriborsó fehérjefrakcióinak SDS-PAGE képe



Dahawan és munkatársai (Dhawan et al., 1991) hat csicseriborsó fajta értékelése során megállapították, hogy azok fehérjetartalma 20,9% és 25,27% között változik. Az egyes fehérjefrakciók aránya az alábbiak szerint alakult: az albumin 8,39-12,31%, a globulin 53,44-60,29%, a glutein 3,12-6,89%, míg a prolaminek 19,38-24,40% között mozgott. Egy másik vizsgálatban a csicseriborsó fehérjéjének 41,79%-a globulin, 16,18%-a albumin, 9,99%-a glutein és 0,48%-a prolaminek volt (Da Silva et al., 2001). A csicseriborsófehérje emészthetősége a kutatási eredmények forrásától függően 48-89,01% között változik (Monsoor és Yusuf, 2002), (Baik és Han, 2012). A csicseriborsóliszt emészthetőségét 72,2-83,2%-ról 83,7-88,8%-ra lehet növelni a liszt fermentálásával, amelyhez *Rhizopus* törzsek által termelt enzimet használtak.

2.4. Fehérje komplettálás

A növények inkomplett fehérjéknek tekinthetők, mivel nem tartalmazzák optimális mennyiségben az esszenciális aminosavakat. A hasznosuláskor a limitáló aminosav korlátozza a többi aminosav beépülését is. Ha a limitáló aminosav elfogy a fehérje-építő folyamatok is leállnak. Ezért fontos, hogy a különböző inkomplett növényeket megfelelően párosítva komplett, teljes értékű növényi élelmiszert állítsunk elő. A hüvelyes növények, így a csicseriborsó jellemző tulajdonsága, hogy a kéntartalmú aminosavakban – metioninban és ciszteinben – szegények, ugyanakkor lizinben gazdagok. A legtöbb gabonanövény, illetve olajos mag ugyanakkor lizinben szegény és ciszteinben, metioninban gazdag.

Egy nemrégiben készült tanulmány több kereskedelmi forgalomban kapható fehérjeizolátumot vizsgált és fehérjealapú hasonlított össze más növényi és állati eredetű fehérje izolátumokkal, hogy azonosítsák a kereskedelemben elérhető, magas anabolikus potenciállal rendelkező fehérjéket. A kutatók eredményei azt mutatták, hogy olyan csak növényt, illetve növényi-állati összetevőből álló fehérje keverékek hozhatók létre, amelyek az esszenciális aminosav-tartalmuk alapján teljesértékű fehérjeforrásnak tekinthetők, (Gorissen et al., 2018).

A WHO meghatározta, különböző korcsoportokra vonatkozóan, hogy milyen esszenciális aminosav aránnyal kell rendelkezzen egy gramm fehérje a legoptimálisabb hasznosulás érdekében A 3. táblázat szemlélteti a WHO által felnőttek számára ajánlott mennyiségeket.

3. táblázat: Felnőttek számára ajánlott aminosav mennyiség egy gramm fehérjére nézve (WHO, 2007)

Aminosav	mg/g
Hisztidin	15
Izoleucin	30
Leucin	59
Lizin	45
Metinoin és cisztein	22
Fenilalanin és tirozin	38
Treonin	23
Triptofán	6
Valin	39

2.5. Kender (*Cannabis sativa*)

A vélhetőleg Ázsiából származó kendert (*Cannabis sativa*) az egyik legrégebben termesztett növények közé sorolják. (Pollio, 2016). Míg a szárakat széles körben kötelek és szövetek előállítására, a magokat táplálkozási célokra használták, köszönhetően kiváló táplálkozás-élettani tulajdonságainak (Rehman et al., 2021). Az elmúlt években a kender felhasználása élelmiszerek és élelmiszer-hozzávalók formájában drasztikusan megnőtt. A népszerűségének növekedését az egyre inkább ismertebbé váló kender jótékony egészségügyi hatásai, valamint széles körű élelmiszeripari alkalmazásai idézték elő (Aloo et al., 2022). A kendermagot főként állateledelként használják, de a belőlük készült termékek (olaj, takarmány, liszt és fehérjepor) egyre nagyobb népszerűségnek örvendenek az emberi táplálkozásban való felhasználásuk során is (Irakli et al., 2019).

Jelenleg számos ország, például Kanada, az USA, Ausztrália, Kína, valamint több európai ország (Ausztria, Franciaország, Spanyolország, Nagy-Britannia) engedélyezi a 0,3% tömegszázaléknál kisebb THC-tartalmú (tetrahidrokannabinol) fajták termesztését (Wang és Xiong, 2019).

Élelmiszeripari célokra a teljes kendermagot felhasználják, lisztté őrölve vagy az olaj kivonását követően őrölve a lipidkomponensek külön történő felhasználásával (Visković et al., 2023). A kender magas fehérje- és esszenciális zsírsavtartalma miatt kiemelt helyet foglalhat el a vegetáriánus, és vegán táplálkozást hívei körében (Rizzo et al., 2023).

A kendermag magas antioxidánsokban, valamint más értékes bioaktív összetevőket is tartalmaz, mint például bioaktív peptidek, fenolok, tokoferolok, karotinoidok és fitoszterolok, melyek mennyiségét főleg környezeti és mezőgazdasági tényezők befolyásolják (Irakli et al., 2019).

A kendermag új, természetes és kiváló tápanyagforrásként szolgálhat, amely tartalmazza a egészséges szervezet fenntartásához szükséges valamennyi esszenciális aminosavat és zsírsavat (Andre et al., 2016). Összetételét tekintve 25–35% olajat, 20–25% fehérjét, 20–30% szénhidrátot és 10–15% oldhatatlan rostot, valamint vitaminokat és ásványi anyagokat tartalmaz (Callaway, 2004). A kendermagolaj különösen magas arányban tartalmaz telítetlen zsírsavakat, ideális arányban (2,5–3:1). Például α -linolénsav (ω -3) és linolsav (ω -6) (Baldini et al., 2018). Ezek a tényezők erős piaci értéket adhatnak a kendermagnak. Néhány kutató úgy

véli, hogy a kendermag emberi élelmiszerekben és táplálékkiegészítőkben történő alkalmazásának jövőbeni növekedése várható (Fike, 2016).

2.5.1. A kender antinutritív összetevői

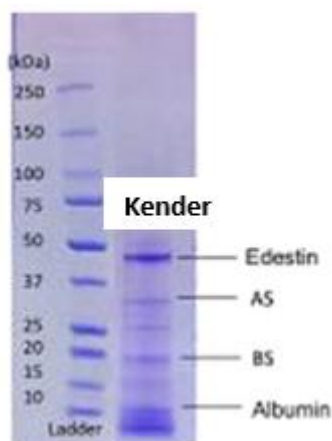
A kendermagból származó termékek fogyasztásának hátránya az antinutritív tényezők jelenléte, mint például a kondenzált tanninok, a tripszin-inhibitorok, a fitinsav és a szaponinok. Ezek csökkenthetik a fehérje elérhetőségét azáltal, hogy kicsapják, gátolják az emésztőenzimeket, vagy csökkentik az ásványi anyagok és vitaminok felszívódását (Crescente et al., 2018).

Az emészthetőséget befolyásolhatja a fehérjeszerkezet, az antinutritív vegyületek jelenléte és a magas hőmérsékletű feldolgozás. A fitinsav, az inozitol hexafoszfát és a tripszin-inhibitorok magas tartalma növeli a nitrogén, aminosavak és ásványi anyagok kiválasztását miközben romlik a fehérje emészthetőség (Galasso et al., 2016).

2.5.2. A kender jellemző fehérjefrakciói és ezek tulajdonságai

A kendermag fehérjék kb. 65–80%-át globulinok (7 S és 11 S), míg a fennmaradó 20–30%-át albumin (2 S) alkotja. Az edestin - egy 320 kDa-os hexamer- a fő kender globulin. Ez hat azonos alegységből álló fehérje. Mindegyik egy savas α alegységet és egy bázikus β alegységet tartalmaz, amelyeket egy diszulfidhíd köt össze (Potin et al., 2019). Redukáló körülmények között a gélen a kb. 54 kDa-os sáv az edestin monomert jelzi, a 10 és 15 kDa közötti tartományban pedig az albumin frakciók figyelhetők meg. Ezek a sávok jellemzőek a kender két fő tároló fehérjeosztályára, a globulinra és az albuminra (Do et al., 2024).

5. ábra: Kender fehérjefrakcióinak SDS-PAGE képe (saját ábra Shen et al. (2020) alapján)



3. Anyagok és módszerek

A termékfejlesztés során méréseimet a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet, Táplálkozástudományi Tanszékén végeztem.

3.1. Felhasznált anyagok

Kender (*Cannabis sativa* L.) és csicseriborsó (*Cicer arietinum* L.) (6. ábra), kereskedelemből vásárolt termékek, melyek felhasználásukig szobahőmérsékleten voltak tárolva.

6. ábra: Kendermag és száraz csicseriborsó (Saját ábra)



3.2. Előkészületek

A méréseimet kísérletezés előzte meg, ahol egy a növényi italok készítésére alkalmas gép segítségével hoztam létre az első termékeimet. Számos ízt és terméktípust kipróbáltam, azonban kedveltsége nem mindegyiknek érte el a vártakat. Célul azt tűztem ki, hogy olyan növényi italt készítssek, amely túlmutat a hagyományos növényi italok biológiai értékén és kellemes íze miatt szívesen fogyasztják az emberek, azonban tudtam, hogy ez kompromisszumokkal fog járni. Az érzékszervi bírálatban a tanszéken dolgozók és hallgatók szívesen részt vettek, megkönnyítve a munkámat és hasznos információkkal ellátva engem. A problémát főképp a termékkel járó babos íz, illetve illat okozta, de mikrohullámú kezeléssel ez csökkenthető volt, ami az érzékszervi bírálat eredményeivel alátámasztható.

3.3. Vizsgált minták

A csicseriborsó alapú növényi italok előállításához 100 g száraz csicseriborsó magot, 1 g só és 1200 ml víz felhasználásával történt. A hántolt kenderrel fehérje-komplettált italhoz 74,3 g száraz csicseriborsót és 25,7 g hántolt kendermagot, 1 g sót és 1200 ml vizet használtam. Az italok előállításához a következő technológiai lépéseket, illetve ezek kombinációját alkalmaztam:

- szobahőmérsékleten történő áztatás 1 éjszakára (kb. 12 óra), majd az áztatóvíz leöntése;
- a száraz csicseriborsó 2 perces, 700 W-on történő mikrohullámú kezelése,
- az elkészített növényi ital fermentációja *Lactocaseibacillus (L.) casei* Shirota, igazoltan probiotikus, valamint *Lactiplantibacillus (L.) plantarum* 2142, feltételezhetően probiotikus mikrobatörzsek felhasználásával;

A csicseriborsó, illetve a komplettált csicseriborsó-kender minták készítéséhez BIOVITA-25 növényi italkészítő készüléket használtam (7. ábra) a gép „gyümölcs/zöldséglé készítés” programjának kiválasztásával. Ez a program kb. 40 perc alatt készíti el a növényi italt. Ez idő alatt a készülék a mintát a vizes közegben megőrli és kb. 80°C-ra fűti. Az elkészült növényi levek ízét és állagát vizsgáltam szűretlen és szűrt formában egyaránt. Az italok szűréséhez 1 mm lyukátmérőjű, műanyag háztartási szűrőt használtam. Miután a szűrt növényi italok finomabb ízűek és homogénebbek voltak, a termék állása, tárolása közben sem tapasztaltam a növényi rész és a folyadék fázis szétválását, ezért a továbbiakban, valamennyi technológiai kezelés vizsgálatához ezeket a növényi italokat használtam. A vizsgált mintákat és a jelöléshez használt mintakódokat az 4. táblázatban foglaltam össze.

7. ábra: BIOVITA-25 növényi ital készítő gép (forrás: internet 5)



4. táblázat: A vizsgált minták kódolása

Mintakód	száraz csicseriborsó	hántolt kendermag	Technológiai kezelések			
			Áztatás	Mikrohullámú kezelés	Fermentáció 2142	Fermentáció Bifidobacterium
CSI _A	100 g		+			
CSI _{AM}	100 g		+	+		
CSI _{AM2142}	100 g		+	+	+	
CSI _{AMBi}	100 g		+	+		+
CSKI _{AM}	74,3 g	25,7 g	+	+		
CSKI _{AM2142}	74,3 g	25,7 g	+	+	+	
CSKI _{AMBi}	74,3 g	25,7 g	+	+		+
CSI	100 g					
CSkI _M	74,3	25,7				
CS _K	száraz, őrölt csicseriborsó kontroll					
K _K	száraz, hántolt kendermag kontroll					

3.4. Csicseriborsó és kender arányának meghatározása

A WHO (2007) által felnőttek számára ajánlott esszenciális aminosav-mennyiség (1 g fehérjére nézve) alapján állapítottam meg a csicseriborsó-kender arányt Excel lineáris programozással. Ez a program lehetővé teszi, hogy adott korlátozások között minimalizáljam, maximalizáljam vagy kívánt értéket érjek el változók módosításával. Céлом az volt, hogy a WHO (2007) által megadott optimális aminosav arányt biztosítani tudjam a termékben. Az 5. táblázat szemlélteti a számolt eredményeimet.

5. táblázat: Számolt értékeink a WHO által megadott referenciához viszonyítva

Esszenciális aminosav	Felnőtt referencia (mg/g fehérje)	termék (mg/g fehérje)
Hisztidin	15	28,7
Izoleucin	30	42,3
Leucin	59	70,2
Lizin	45	58,0

Metionin és cisztein	22	35,1
Fenilalanin és tirozin	38	81,1
Treonin	23	38,3
Triptofán	6	10,4
Valin	39	47,1

A lizint választottam célértéknek, hiszen ez az elsődlegesen limitáló triptofán mellett a másodlagos limitáló aminosav. Ez azt jelentette, hogy olyan csicseriborsó-kender arányt szerettem volna létrehozni, amely lehetővé teszi, hogy a lizin elérje a WHO által megadottakat. A számolásnál azzal is kalkuláltam, hogy nem lesz teljes mértékű a fehérjék kioldódása, ezért a kiindulási nyersanyagoknál a megadott referenciaértékeknél magasabb esszenciális aminosavértékekkel számoltam.

Ez az eredmény 100 gramm termékre vonatkoztatva 25,7 gramm kender és 74,3 gramm csicseriborsót jelentett. Így az érzékszervi bírálatot és a fehérjeanalízist is ezen arányok mellett folytattam.

3.5. Probiotikus fermentáció

Csicseriborsó és a kenderrel komplettált csicseriborsó ital készítését követően a CSI_{AM} és a CSI_{KAM} mintákat választottam a fermentációs vizsgálatok elvégzéséhez, mivel a száraz csicseriborsó ital intenzív babos ízt kölcsönzött a termékeknek és ezek a minták rendelkeztek a legjobb érzékszervi tulajdonságokkal. Mindkét minta esetében a 48 órás fermentációkat két mikrobatorzzsel, 2 párhuzamosban végeztem el. A kísérletek során meghatároztam a kiindulási és a 48 órás fermentációt követően a vizsgált italok pH-ját és élősejtszámát.

3.5.1. Felhasznált mikrobatorzsek

- *Lactocaseibacillus (L.) casei Shirota* (bizonyítottan probiotikus)
- *Lactiplantibacillus (L.) plantarum* 2142 (feltételezhetően probiotikus)

3.5.2. Felhasznált anyagok és módszerek

A *Lactobacillus*-ok felszaporításához és kimutatásához alapvetően a *Lactobacillus* szelektív, de Man, Rogosa és Sharpe (MRS) táplevest és agart használtam, míg az összcsíraszám megállapításához PCA (Plate Count Agar) lemezt alkalmaztam. Az egyes táptalajok receptúráit az Oxoid kézikönyv (THE OXOID, 1976) alapján határoztam meg.

de Man, Rogosa and Sharpe (MRS) tápleves összetétele:

- Bakteriológiai pepton 10 g/l
- Húskivonat 10 g/l
- Élesztőkivonat 5 g/l
- Glükóz 20 g/l
- Trinátrium-citrát 4,4 g/l
- Nátrium-acetát 5 g/l
- Magnézium-szulfát 0,2 g/l
- Mangán-szulfát 0,05 g/l
- Dikálium-hidrogén-foszfát 2 g/l
- pH $6,2 \pm 0,2$; sterilizálás 121 °C-on 15 percig

MRS agar

A fentiekben leírt összetételű MRS tápleveshez Agar 15 g/l-t adtam, pH $6,2 \pm 0,2$ beállítottam, majd 121 °C-on 15 percig sterilizáltam.

PCA (Plate Count Agar)

- Trypton 5 g/l
- Glükóz 1 g/l
- Élesztőkivonat 2,5 g/l
- Agar 15 g/l
- pH $7,0 \pm 0,2$; sterilizálás 121 °C-on 15 percig

3.6. Fermentációs kísérletek

A fermentációs kísérletek során a -70 °C-on, CryoBank (Mast Diagnostica GmbH, Germany) rendszerben tárolt *Lactobacillus* törzseket előzőleg MRS táplevesben élesztettem és szaporítottam fel. A kétszeri átvételt követően az egyéjszakás sejtek 1 ml-ét 2700 g-n, 10 percen keresztül centrifugáltam, majd a felülúszó leöntését követően peptonos fiziológiás sóoldattal (0,85 m/V% NaCl, 0,1 m/V% pepton) oldottam vissza. A növényi italokat kémcsőben (10 ml) 1%-os kezdeti inokulummal (1 V/V%, kiindulási sejtszám a lében 7 log TKE/ml) oltottam be és 30 °C-on 48 órán keresztül inkubáltam. A vizsgálatok során 3 párhuzamossal dolgoztam, mely eredményekből átlagot számítottam. Azon leveknél, ahol pH állításra volt szükség, steril 1 M nátrium-hidroxidot alkalmaztam.

3.7. Alkalmazott vizsgálati módszerek

3.7.1. Élősejtszám meghatározás szélesztéses módszerrel

A növényi nyersanyagon jelen lévő természetes mikroflóra (összcsíraszám) élősejtszám meghatározását szélesztéses módszerrel végeztem. A mintákból tízszeres tova futó hígítási sort készítettem, a hígítási sor szükségesnek vélt három tagjából 100-100 µl-t szélesztőbot segítségével PCA agarra szélesztettem. A lemezeket 30 °C-os inkubátorba helyeztem és 48 óra elteltével történt meg a telepszámlálás. Az élősejtszámot a Magyar Élelmiszerkönyv irányelvének (Magyar Élelmiszerkönyv, 3-2-1/2004) megfelelően a megszámlolt telepekből állapítottam meg (azokat a lemezeket figyelembe véve, amelyeken a telepszám 30 és 300 között volt), telepképző egységben, 1 ml mintára vonatkoztatva (TKE/ml).

3.7.2. pH mérés

A pH mérése digitális pH mérővel (Mettler-Toledo GmbH, Svájc), szobahőmérsékleten (24 °C) történt, amit a mérések előtt standard pufferrel kalibráltam (4,00 és 7,00 ± 0,01, Mettler-Toledo GmbH, Svájc).

3.8. Fehérjék elválasztása elektroforetikus módszerekkel

Az ionos részecskék szétválása azok sebességbeli különbségeinek eredménye, ami a részecske mobilitásának és a tér erősségének szorzata (Fritsch és Krause, 2003). A mobilitást a részecske mérete, alakja és töltése, valamint a szétválasztás hőmérséklete határozza meg, amelynek állandóságát az elektroforézis során biztosítani kell.

Az elektroforézis feltételeit az elektromos paraméterek (áram, feszültség, teljesítmény) és a közeg jellemzői (ionerősség, pH érték, viszkozitás, pórusméret stb.) - amelyek a részecskék mozognak - határozzák meg,

Ennél a kémiai vizsgálatnál SDS-PAGE, Natív-PAGE, illetve tripszines ezüst festés került alkalmazásra. A folyadék mintákat centrifugáltuk 10000 fordulaton 15 percig. A felülúszókból dolgoztam tovább.

3.8.1. SDS-PAGE

A nátrium-dodecil-szulfát-poliakrilamid gél elektroforézis (SDS-PAGE) széles körben használatos a fehérjék komplex keverékeinek nagy felbontású elválasztására. Az eljárás kezdetben denaturálja a fehérjéket, amelyek elektroforézisen mennek keresztül. Bár az SDS-PAGE segítségével meghatározhatók a feloldott fehérjék kovalens szerkezeti jellemzői, a funkcionális tulajdonságok elvesznek (Nowakowski et al., 2014).

SDS-PAGE segítségével rendkívül éles elválasztási kép érhető el, és alkalmas a fehérjefrakciók molekulatömegének meghatározására.

A méréshez a Mini PROTEAN III. (Bio-Rad, USA) készüléket alkalmaztam. A gélek két részből, főgélből és gyűjtőgélből állnak. A főgél 15%-os, a gyűjtőgél 6%-os akrilamid gél volt. A gélek összetétele, illetve a futtatás körülményei a következők voltak:

Főgél:

- 4 ml 30 %-os akril-amid (30 g akrilamid és 1 g N, N-bisz-akrilamid keveréke)
- 1,8 ml 2 M-os TRIS (trisz-(hidroxi-metil) -amino-metán) puffer, pH 8,8
- 50 µl SDS 10%
- 2,06 ml desztillált víz
- 6 µl TEMED (N, N, N, N'-tetrametil-etilén-diamin)
- 50 µl perszulfát oldat (100 mg ammónium-peroxi-diszulfát és 1 ml desztillált víz)

Gyűjtőgél:

- 1,0 ml 30 %-os akril-amid (30 g akrilamid és 1 g N, N-bisz-akrilamid keveréke)
- 55 µl SDS 10 %
- 660 µl 0,5 M-os TRIS puffer pH 6,8
- 3,23 ml desztillált víz
- 6 µl TEMED (N, N, N', N'-tetrametil-etilén-diamin)
- 50 µl perszulfát oldat (100 mg ammónium-peroxi-diszulfát és 1 ml desztillált víz)

A futtatáshoz olyan puffert használtam, amely 3,03 g TRIS, 14,4 g glicin és 1 g SDS-t tartalmazott, amit mérőlombikban 1000 ml-re feltöltöttem desztillált vízzel. Jelölő festékként a futtató puffer és spatulahegynyi brómfenolkék keverékét használtam. A használt 1-szeres mintaoldószer összetétele: 1,25 ml 0,5M TRIS-HCl puffer (pH=6,8), 2,0 ml 10%-os SDS, 3,75 ml desztillált víz, 2,5 ml glicerin és 0,5 µl β-merkapto-etanol. Míg 4-szeres mintaoldóként 4-szeres Laemmli mintaoldó puffert (BIO-RAD) alkalmaztam. A gélelektroforézises vizsgálatokhoz molekulatömeg standardként Precision Plus Protein Dual Color Standards-ot (BIO-RAD)

használtam. Felhasználás előtt a mintákat 100°C-on 5 percig forraltam. 30 µl folyékony mintához 10 µl 4x-es mintaoldót adtam és ebből zsebenként 5 µl mintát, míg, száraz minta esetén 2 mg-hoz 100 µl illetve kontrollként 5 µl-t standardot vittem fel a gélre. A futtatást Mini Protean 3 Cell (BIO-RAD) gélelektroforézis-készülékkel, konstans 200 V-os feszültség beállításával végeztem, a futtatási idő pedig 55 perc volt.

3.8.2. Natív-PAGE

A nem denaturáló PAGE gélek nem tartalmaznak denaturáló anyagot (például karbamidot). Annak érdekében, hogy az elektroforézis során megakadályozzák a fehérje molekulák denaturálódását, a nem denaturáló PAGE-t általában alacsony feszültségen végzik. (Nowakowski et al., 2014).

A natív-PAGE elválasztás során a fehérjék megtartják biológiai aktivitásukat, ezért specifikus festési eljárásokkal az elválasztott fehérjesávok enzimaktivitása, vagy inhibitor aktivitása kimutatható.

Az egyszeres mintaoldószer 8 ml-es mennyiségéhez 1,6 g szacharózt adtam, amely segítette az egységesebb mintafelvitelt és az érzékenyebb elválasztást. A natív PAGE esetében, sem a mintaoldószer, sem a futtatópuffer, sem a gél nem tartalmazott SDS-t.

Futtatást követő lépések

1. **Fixálás** 20% -os TCA (triklórecetsav) oldatban 20 percig; rázatva
2. **gél-mosás** 3x10 percig -50 ml ecetsav +100 ml etanol + 850 ml desztillált vizet tartalmazó gélmosó oldatban, rázatva
3. **Festés**

Kékfestés: 0,2 g Comassie Brilliantz blue R 250 (0,2%) festéket oldottam a következő oldatban: 10 ml 96%-os ecetsavat, 50 ml 96%-os etanolt 50 ml-re töltöttem fel desztillált vízzel. A festési idő 10 perc volt, ezt követően a gélből 10%-os ecetsavval távolítottam el a felesleges festéket.

Ezüst festés: 100 ml salétromsavas oldatban (144 µl HNO₃-at desztillált vízzel 1000 ml-re töltöttem mérőlombikban), 100 mg káliumbikromátot oldottam, a gél 5 percig ebben rázattam. Desztillált vízzel történő öblítést követően ezüstnitrát oldatban. Ehhez 0,1 g ezüstnitrátot oldottam 50 ml desztillált vízben és ebben az oldatban rázattam 20 percig a gél,

majd ismételten desztillált vízzel történt öblítés következett. Az ezüsfestés utolsó lépése az előhívás volt, amelynek során 7,42 g Na_2CO_3 -ot oldottam 250 ml desztillált vízben, majd ehhez 125 μl formaldehidet adtam. Ebben az oldatban rázattam a gél az ezüst színű sávok megjelenéséig. Végül a reakciót 1%-os ecetsavval állítottam le.

Tripszines festés: Ennél a vizsgálatnál a Natív PAGE-t követően nincs fixálás, hiszen az szükséges, hogy a felhasznált enzim hozzátudjon kötődni a megfelelő fehérjéhez. A kísérlet során egy gél laphoz 8 mg tripszint 30 ml foszfát pufferben oldottam fel.

A tripszines festéshez használt foszfát puffer összetétele:

1. oldat: 0,3M $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \times 2 \text{ H}_2\text{O}$ oldathoz 13,349 g-ot kimértem és bemező lombikban 250 ml-re desztillált vízzel feltöltöttem. Ebből az oldatból 120 ml-t használtam fel.
2. oldat: 0,3M $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \times 2 \text{ H}_2\text{O}$ oldathoz 11,7 g bemező lombikban 250ml desztillált vízzel feltöltöttem. Ebből az oldatból 80 ml-t használtam fel.

Az 1. oldatból 120 ml, illetve a 2. oldatból 80 ml mennyiségét összekeverve 200 ml foszfát puffert kaptam, amelyet a tripszines festéshez használtam.

Ezután a gél minimum 30 percig, 43 °C-on rázatva inkubáltam. Desztillált vízzel öblítettem, majd festettem.

Festéshez két oldat elegyére volt szükségem:

1. 10 ml dimetil-formamidban oldott 25 mg naftil-észter oldata
2. 42 mg ortodianizidin oldva 38,5 ml desztillált vízben, közvetlen felhasználás előtt ezt az oldatot feltöltöm foszfát pufferrel 77 ml-re.

A két oldatot összeöntöttem, belehelyeztem a gél és rázattam. Miután ért az előhívás 1%-os ecetsavval állítottam le a reakciót.

3.9. Aminosav-összetétel meghatározása

Az aminosavprofil elemzéséhez először a mintákból kb. 1000 ml növényi ital mennyiséget pipettáztam, be egy üvegedénybe. A minták pontos tömegét analitikai mérlegen mértem meg. A mintákhoz 100 ml 6 M HCl oldatot adagoltam, majd 24 órán át hidrolizáltam őket 110 °C-on száraz blokktermosztátban. Ezt követően 100 ml 4 M NaOH-t és kis mennyiségű desztillált vizet adtam hozzájuk, majd homogenizálás után leszűrtem a keverékeket. A szűrés után a mintákat lítium-citrát pufferrel tízszeresére hígítottam, majd elvégeztem a kromatográfiás elemzést. Az aminosav-analízist AAA 400 Automatikus Aminosav Analizátorral (Ignos Kft, Csehország) végeztem, amelynél gradiens elúciót alkalmaztam. Az eluens áramlási sebessége 0,25 cm³/min volt. A kapott kromatogramokat a CHROMULAN V 0.82 (PIKRON, Csehország) nevű szoftver segítségével értékeltük ki.

Fontos megjegyezni, hogy ezzel a módszerrel a triptofán tartalmat nem tudtam mérni, mivel annak indolcsoportja savas közegben elbomlik. A triptofán érzékeny az erős savakra és a hosszabb ideig tartó magas hőmérsékletre, így a 6 M sósavas hidrolízis körülményei alatt teljesen degradálódik. Emiatt a triptofán mennyiségét más módszerekkel kell meghatározni, mint például lúgos hidrolízissel vagy specifikus analitikai technikákkal, melyek megőrzik ezt az aminosavat.

4. Eredmények és értékelésük

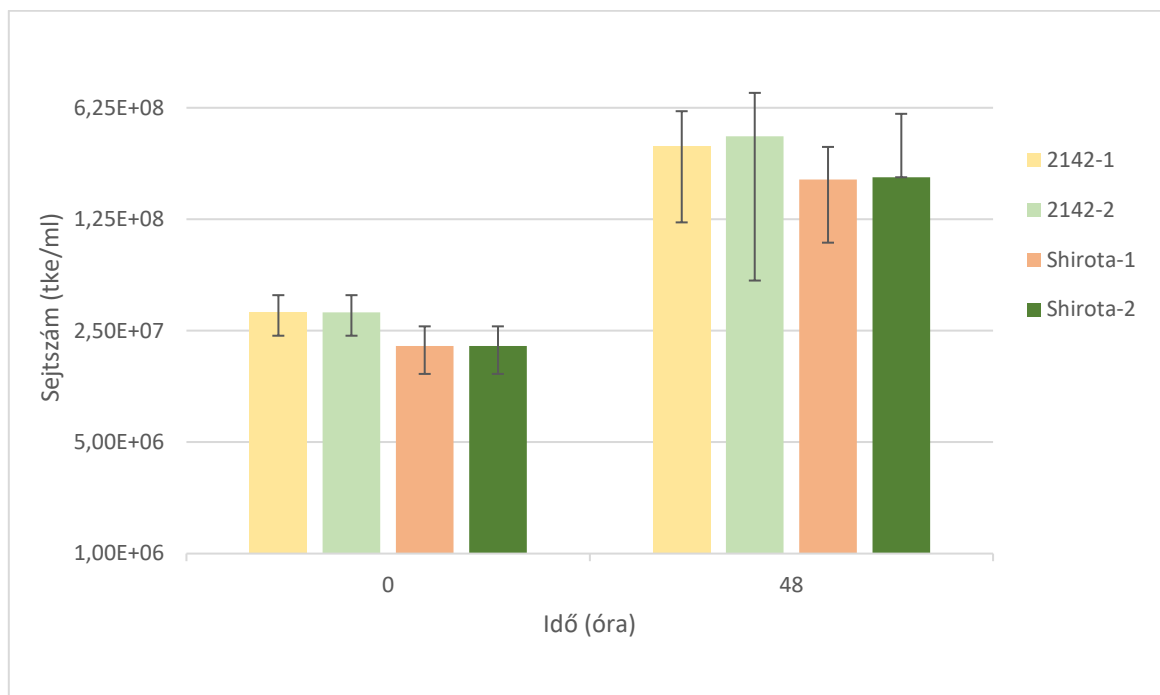
4.1. Probiotikus fermentáció

A probiotikus fermentációhoz az érzékszervi vizsgálatok során legjobbnak bizonyult, mikrohullám-kezelt és áztatott - csicseriborsó- és kenderrel komplettált csicseriborsó italokat választottam. A kísérletek eredményeit a 6. táblázatban foglaltam össze. A 8. ábra a fermentáció során bekövetkező sejtszám-változást mutatja be.

6. táblázat: Probiotikus fermentáció eredményeit összefoglaló táblázat

pH-mérés eredményei				
időpont (óra)	minta			
	CS _I Á _M -2142	CS _{IK} Á _M -2142	CS _I Á _M -Shirota	CS _{IK} Á _M -Shirota
0	7,36	7,1	7,36	7,1
48	4,6	4,72	4,61	4,71
Élősejtszám-mérés eredményei (sejtszám átlag)				
időpont (óra)	minta			
	CS _I Á _M -2142	CS _{IK} Á _M -2142	CS _I Á _M -Shirota	CS _{IK} Á _M -Shirota
0	3,25E+07	3,25E+07	2,00E+07	2,00E+07
48	3,57E+08	4,13E+08	2,22E+08	2,29E+08
szórás				
időpont (óra)	minta			
	CS _I Á _M -2142	CS _{IK} Á _M -2142	CS _I Á _M -Shirota	CS _{IK} Á _M -Shirota
0	9,25E+06	9,25E+06	6,61E+06	6,61E+06
48	2,38E+08	3,62E+08	1,33E+08	3,44E+08

8. ábra: Probiotikus fermentáció során bekövetkező sejtszám növekedés.

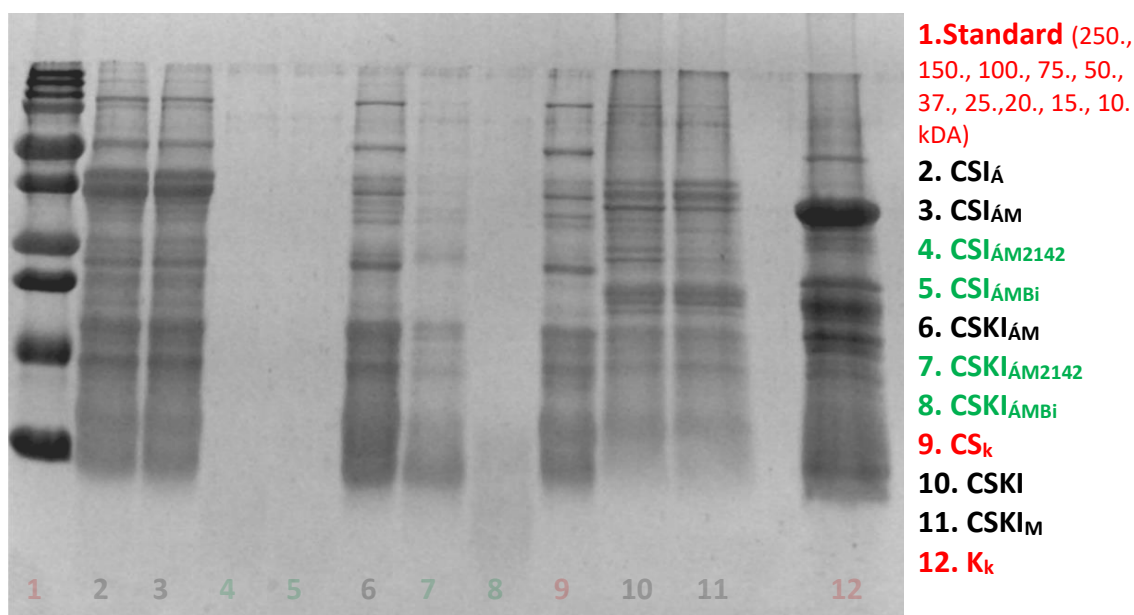


A fermentációs kísérletek eredményei alapján mind az *L. plantarum* 2142, mind az *L. casei* Shirota törzsek esetében a 48 órás fermentáció során mindkét minta esetében az italok pH-ja a semleges tartományból savas tartományba került, amely jelzi, hogy mindkét baktériumtörzs aktív, amelyet az élősejtszámok vizsgálata is jól alátámasztott. Valamennyi esetben a vizsgált törzsek jól szaporodtak. A vizsgálatok során megállapítottam, hogy az *L. plantarum* 2142 és *L. casei* közel azonos pH csökkenést és sejtszám növekedést mutatott. A kenderrel komplettált italok esetében tapasztaltam egy kicsit magasabb élősejtszámot. Emellett a komplettált ital esetében –különösen az *L. plantarum* 2142-vel végzett fermentáció eredményeként – kellemesebb ízű és illatú, joghurtyszerű terméket kaptam.

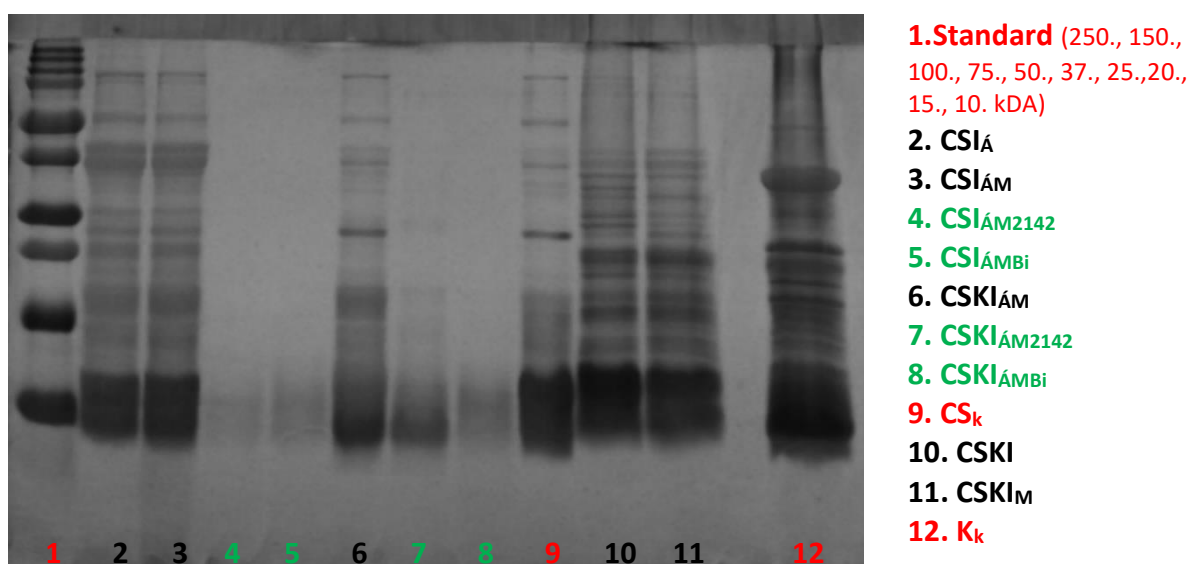
4.2. SDS-PAGE módszerrel végzett fehérjeanalízis eredménye csicseriborsóból és kenderből készített növényi italok esetében

A méréseim során tizenegy eltérő mintát alkalmaztam, ezzel változatos eredményeket elérve az alábbi ábrák mutatják be.

9. ábra: Poliakrilamid gélelektroforézis SDS-PAGE 15%-os, kék festés



10. ábra: Poliakrilamid gélelektroforézis SDS-PAGE 15%-os, ezüst festés

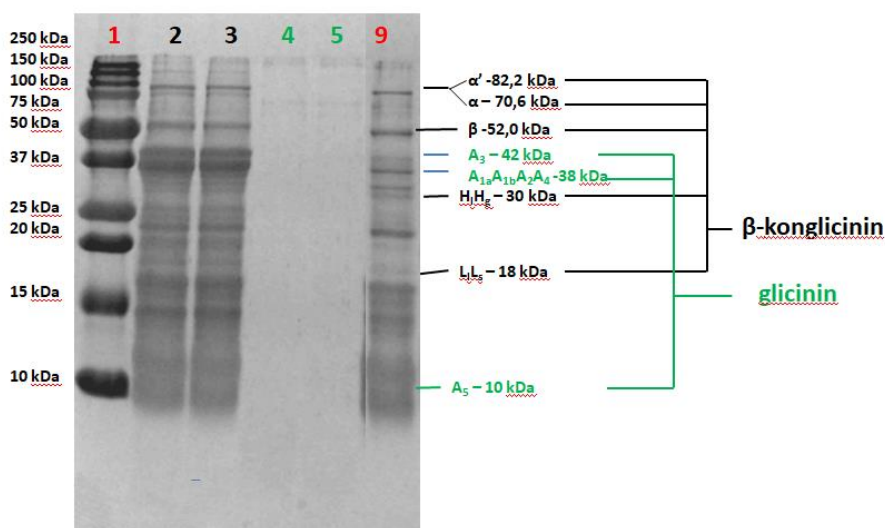


A 15%-os SDS-PAGE vizsgálatok során a száraz csicseriborsó és hántolt kendermag kontroll-mintákhoz, mint standardokhoz viszonyítottam a különböző technológiai kezeléseket

követően előállított csicseriborsó és kenderrel komplettált csicseriborsó italok, illetve fermentált italok fehérjemintázatának alakulását. Az SDS-PAGE vizsgálataim igazolták, hogy mind az áztatás, mind a mikrohullámú kezelés hatással a fehérjefrakciók számának növekedésére, a különböző kezeléseknek kitett csicseriborsó és kenderrel komplettált csicseriborsó italok esetében. Igazolódott, hogy a fermentáció hatására mindkét mikrobatörzs esetében a fehérjék degradálódása következett be. A csicseriborsó italok esetében mind a *L. plantarum* 2142, mind a *L. casei* Shirota törzsekkel végzett 48 órás fermentáció időtartama alatt a rendelkezésükre álló fehérjéket nagyrészt lebontották. Mindkét esetben –ahogyan az ezüstoffestést követően megállapítható – kis mennyiségű, alacsonyabb molekulatömegű fehérjefrakciók maradtak csak a mintáimban. Azért alkalmaztam a kék festésen kívül ezüst festést is, mert az ezüstoffestés jelentősen nagyobb érzékenységgel, különösen az alacsony molekulatömeg tartományban.

A kenderrel komplettált csicseriborsó italok esetében ugyanakkor mindkét törzs esetében több, alacsonyabb molekulatömegű fehérjefrakció maradt, kisebb intenzitással zajlott a fehérjék bontása. Ez különösen a *L. plantarum* 2142 törzsszel végzett fermentáció esetében figyelhető meg, ahol a nagyobb molekulatömegű fehérjefrakciók sávjai is még jól láthatóak a gélen.

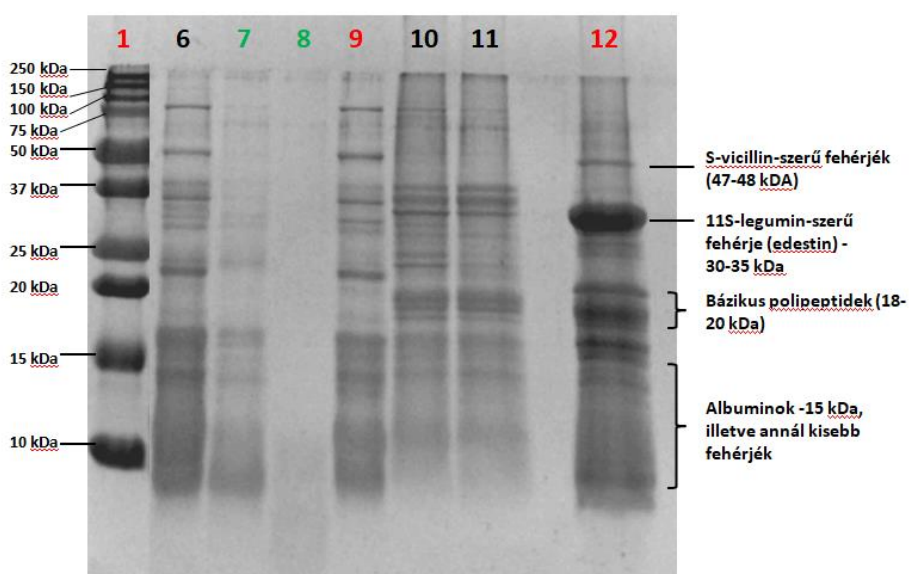
11. ábra: A csicseriborsó fehérjefrakciói



A 12. ábrán a 9. száraz csicseriborsó kontroll esetében igazoltam, hogy a Yu-Wei Chang et al., 2012. által közölt β -konglicin és glicinin frakciók jelenlétét a csicseriborsó mintáimban. Ez az

ábra is igazolja, hogy a száraz csicseriborsóhoz képest mind az áztatás, mind az azt megelőző mikrohullámú kezelés hatással van a növényi sejtek feltárására, a fehérjék könnyebb kioldódására, illetve arra, hogy mind a β -konglicin és glicinin fehérjék szétesnek frakcióikra, ezek a gélen is jobban láthatóak. Az elvégzett fermentációk esetében pedig az alkalmazott törzsek szaporodásukhoz szinte teljes mértékben elhasználták a rendelkezésükre álló fehérjéket.

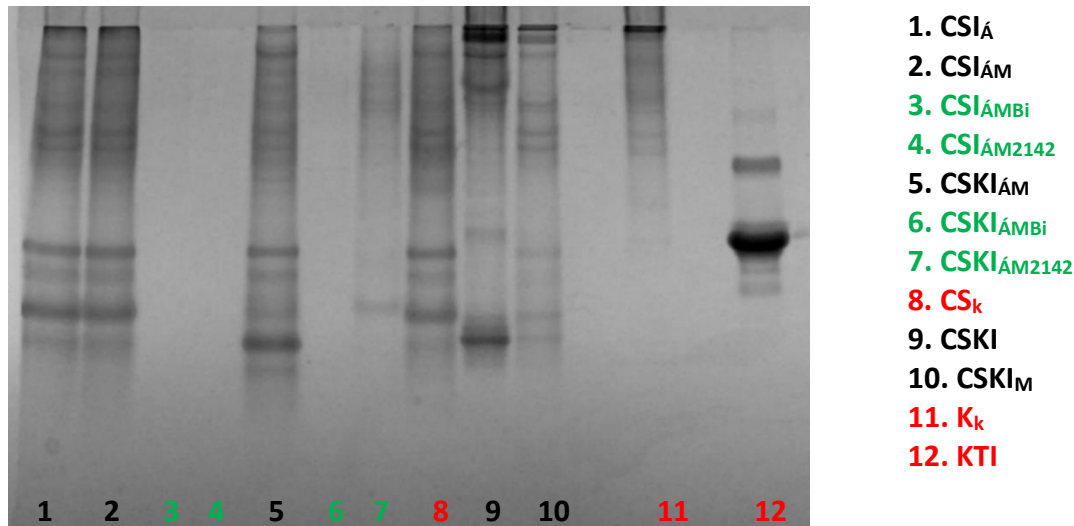
12. ábra: A kender és a kenderrel aminosav-komplettált csicseriborsóital fehérje frakciói



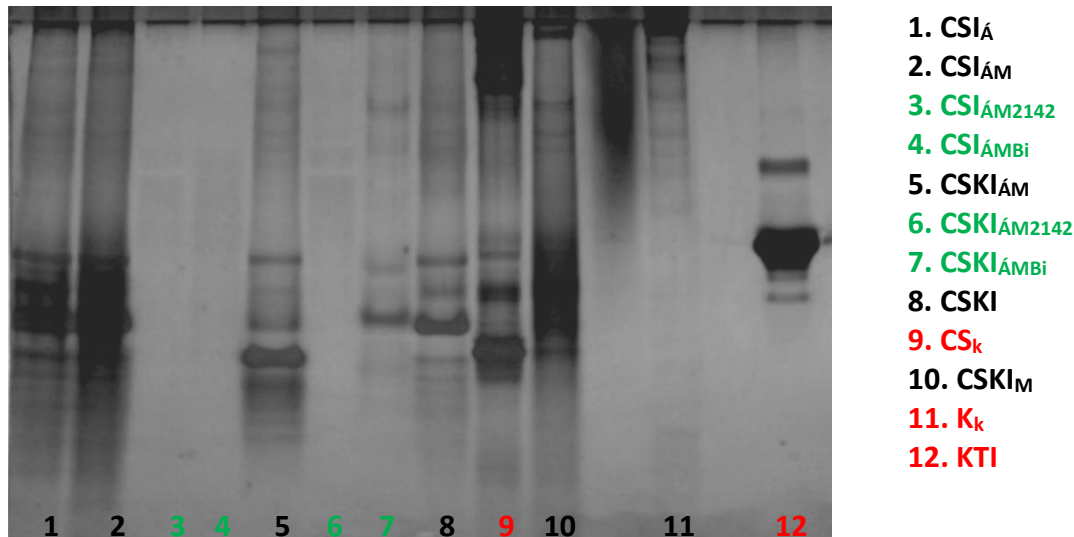
A kender kontroll esetében igazoltam, hogy a Shen és munkatársai (2020) szerint a kenderben található S-vicillin-szerű, 11S-legumin-szerű fehérjék, bázikus polipeptidek, albuminok frakciói az én mintáimban is kimutathatóak. A h. és j. ábrák alapján megállapítható, hogy a 7. minta esetében a *L. plantarum* 2142 törzsszel végzett 48 órás fermentáció során a csicseriborsó β -konglicin és glicinin frakciói részben megmaradtak, ugyanakkor a kender esetében az kender kontrollnál igen éles sávként jelentkező edestin frakció degradálódása valamennyi technológia kezelés esetében jelentős volt.

4.2. Natív-PAGE módszerrel végzett fehérjeanalízis eredménye csicseriborsóból és kenderből készített növényi italok esetében

13. ábra: Poliakrilamid gélelektroforézis Natív-PAGE 15%-os, kék festés



14. ábra: Poliakrilamid gélelektroforézis Natív-PAGE 15%-os, ezüst festés



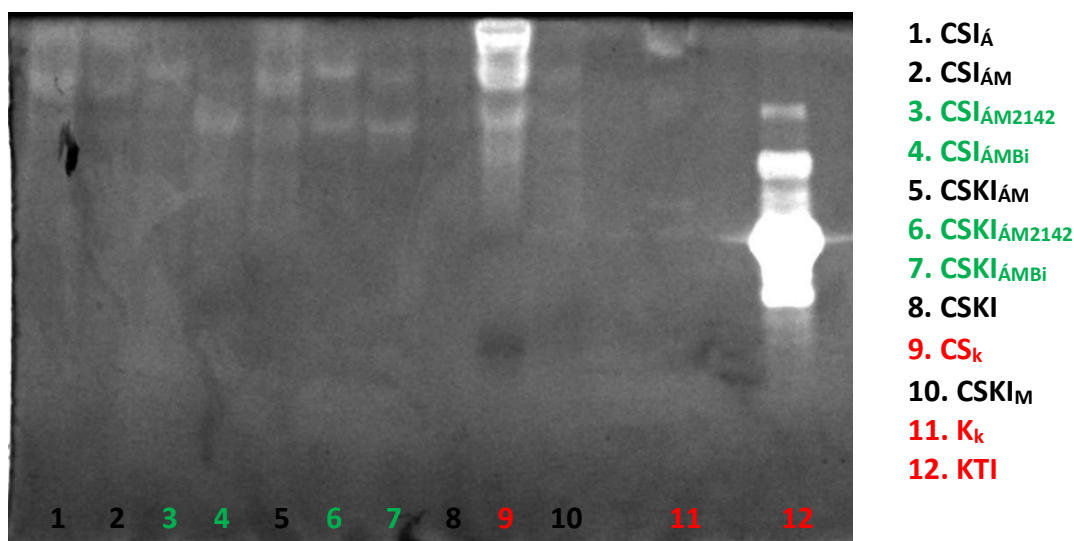
Ahogy az már a dolgozat irodalmi részében említettem a Natív-PAGE vizsgálatok során a fehérjék megtartják eredeti térszerkezetüket. A fehérje komplexek, tehát nem esnek szét frakciókra, így kevesebb sáv látható a gélen, mint az SDS-PAGE esetében. Ebben az esetben is a kék festést követően ezüst festést is alkalmaztam, hogy a kisebb molekulatömegű fehérje frakciók jobban kimutathatóak legyenek. Emellett a gélre K_{TI} (Kunitz tripszin inhibitor) is

felvittem. A Natív-PAGE-t követő tripszines festés révén ugyanis ennek segítségével volt igazolható, hogy a mintáim tartalmaznak-e inhibitor.

A Natív-PAGE vizsgálatok eredményei alátámasztották a SDS-PAGE vizsgálatok eredményeit. Összefoglalva megállapíthatom, hogy a technológiai kezelések egyrészt növelték a száraz kontroll mintákhoz képest a sejtfeltárást és ezáltal a raktározott fehérjék kioldódását, másrészt ez a vizsgálat is igazolta, hogy a fermentációk során mindkét mikrobatorzs kis felhasználta a rendelkezésükre álló fehérjeforrás jelentős részét. Ez alól kivételt képez a kenderrel komplettált csicseriborsó ital esetében a *L. plantarum* 2142 törzsszel végzett fermentáció, ahol mind a kisebb, mind a nagyobb molekulatömeg tartományban megfigyelhetők fehérje-sávok a gélen.

A Natív-PAGE-t követő tripszines vizsgálatok során a fentiekben megadott mennyiségű tripszin enzimet tartalmazó oldatban, az enzim optimális hőmérsékletét beállítva végeztem el az enzim-reakciót. Ennek a során az mintákban inhibitor fehérjéket azonosítottam.

15. ábra: Poliakrilamid gélelektroforézis Natív-PAGE 15%-os, tripszines festés



A 16. ábra alapján megállapítható, hogy mind valamennyi technológiai kezelésnek alávetett mintában nyomokban még kimutatható volt tripszin-inhibitorszerű fehérjék jelenléte, amelyek befolyásolhatják a termékben lévő fehérjék hasznosulását.

Legszembetűnőbb eredményt a száraz csicseriborsó és kender felhasználásával készült ital esetében kaptam, ahol a legerősebb fehérje-sávok figyelhetők meg, amelyekkel a tripszin kötődött. Ezesetben tehát az italkészítés során a készülékben mérhető kb. 80°C hőmérséklet

sem volt elegendő az inhibitorok jelentős csökkentéséhez. Ez az eredmény alátámasztja azt, a növényi italok készítése során a technológiai kezelések (áztatás, mikrohullámú kezelés stb.) fontosságát.

4.3. Aminosavprofil eredményei és értékelése

Az aminosavmérés eredményeit a 7. táblázatban foglaltam össze. A színskála a jobb átláthatóságot szolgálja miszerint minél zöldebb egy cella annál magasabb az értéke az adott sorhoz viszonyítva.

7. táblázat: Aminosavmérés eredményeit összefoglaló táblázat (mg/g fehérje). Saját táblázat Medhammar et al., (2012) referencia értékeihez viszonyítva.

	CSI _{AM}	CSKI _{AM}	CSI _{AMBi}	CSKI _{AMBi}	CSI _{AM2142}	CSKI _{AM2142}	Tehéntej
Aszparaginsav	1,193	2,652	2,426	2,01	0,642	1,745	7,25
Treonin	0,802	0,926	0,923	0,857	0,231	0,692	4,38
Szerin	0,708	1,646	1,37	0,624	0,466	1,24	3,25
Glutaminsav	1,584	3,686	3,288	1,972	2,933	2,542	19,8
Prolin	0,1	0,632	0,16	0,22	0,19	0,21	10,4
Glicin	4,998	3,618	1,656	0,864	0,181	1,874	2,28
Alanin	0,872	2,46	1,553	1,25	0,925	1,354	3,16
Cisztein	0,182	0,47	0,506	1,72	0,28	0,858	0,5
Valin	0,441	1,208	1,191	1,797	0,663	1,104	5,88
Metionin	0,05	0,232	0,276	0,929	1,573	0,15	2,28
Izoleucin	0,424	1,54	0,835	0,469	0,181	0,777	5,03
Leucin	0,951	1,73	1,632	0,945	0,435	1,169	8,13
Tirozin	0,409	1,086	0,546	0,261	0,312	0,29	4,63
Fenilalanin	0,557	0,21	0,893	0,556	0,117	1,363	4,5
Hisztidin	0,198	0,234	0,816	0,709	0,67	2,086	2,28
Lizin	0,712	1,971	1,436	2,106	0,581	1,967	4,28
Arginin	5,354	7,214	2,184	5,633	5,142	2,533	2,28
Triptofán	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	2,28
% fehérje	1,7	3,1	2,1	2,2	1,8	2,15	3,2

Összeségében a tehéntej rendelkezik a legmagasabb értékekkel, azonban a csicseriborsó és kender keveréke, melyeket csak áztattam és mikrohullámú kezelés alá vettem tartalmazta a legnagyobb fehérjetartalmat, ami igencsak megközelítette a tehéntejben található mennyiséget. A hántolt kendermag, amit alkalmaztam egy magas fehérjetartalmú összetevője volt a termékünknek és jelentősen hozzájárult a magasabb fehérjetartalomhoz, melyet a többi

szintén kendert tartalmazó, de más technológiai lépéseken átesett növényi italaimnál is láthatunk.

Az általam készített növényi italok és a tej aminosavprofilját külön is összehasonlítottam, így jobban reprezentálva az eredményünket. A 8. táblázat színskálát alkalmazva mutatja és összesíti a különböző termékeim aminosav tartalmát mg/g fehérje mértékegységben és szemlélteti tehéntejhez viszonyítva.

8. táblázat: Eltérő technológiákkal és nyersanyag arányokkal készített minták esszenciális aminosav tartalma mg/g fehérje mértékegységben. Saját táblázat Medhammar et al., (2012) referencia értékeihez viszonyítva.

	CSI _{AM}	CSKI _{AM}	CSI _{AMBi}	CSKI _{AMBi}	CSI _{AM2142}	CSKI _{AM2142}	Tehéntej
Hisztidin	0,198	0,234	0,816	0,709	0,67	2,086	2,4
Izoleucin	0,424	1,54	0,835	0,469	0,181	0,777	1,9
Leucin	0,951	1,73	1,632	0,945	0,435	1,169	4,2
Lizin	0,712	1,971	1,436	2,106	0,581	1,967	3,8
Metionin és cisztein	0,232	0,376	0,394	1,001	0,281	0,57	1,8
Fenilalanin és tirozin	0,966	1,296	1,439	0,817	0,429	1,653	4,7
Treonin	0,802	0,926	0,923	0,857	0,231	0,692	2,4
Valin	0,441	1,208	1,191	1,797	0,663	1,104	2,3
Triptofán	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
% fehérje	1,7	3,1	2,1	2,2	1,8	2,15	3,2

A tehéntej aminosav összetételét csak néhány aminosav esetében sikerült megközelíteni, azonban így is jelentősen elmaradt a készített termékek aminosavprofilja a tehéntej aminosav összetételétől. Ugyanakkor megfigyelhető, hogy eltérő technológiákkal nagyon más eredményeket kaptam, így akár tovább is optimalizálható a fehérjekihozatal és aminosav arány más-más technológiák alkalmazásával, mint ultrahangos kezelés vagy enzimes feltárás.

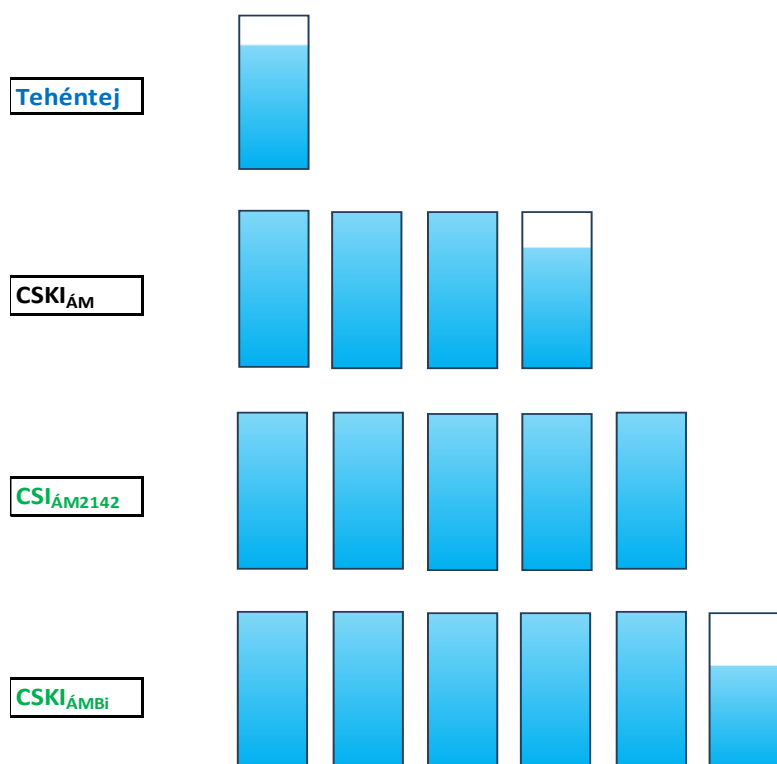
Az elkészítés során szűrtem a mintákat, mely meghatározó lehet az eredmények alakulásában, hiszen jelentősen csökkentette a szárazanyagtartalmat és ezzel együtt a fehérje- és aminosavtartalmat is egyaránt. Emiatt a számolás során magasabb értékek jöttek ki. A legtöbb termék így is több fehérjét tartalmazott, mint a legtöbb jelenleg piacon lévő növényi ital (1. táblázat).

Annak érdekében, hogy meghatározzuk, mely növényi ital közelítette meg leginkább kitűzött célomat, miszerint a legkedvezőbb biológiai értékkel rendelkezzen, először rangsoroltam az italokat az aminosavaik százalékos eloszlása alapján. Az a termék bizonyult a legjobbnak, amely a legmagasabb értékekkel rendelkezett, hiszen, ha egy vagy több esszenciális aminosav hiányzik, a fehérjeszintézis megszakadhat vagy lelassulhat, mivel az adott aminosav nélkül a fehérjelánc nem képes teljesen felépülni. A legmagasabb értékeket elérő italok között a CSI_{AM} és a CSKI_{AMBI} szerepeltek. Ezután megvizsgáltam, melyikük tartalmazza a legtöbb esszenciális aminosavat, és arra a következtetésre jutottam, hogy a CSKI_{AMBI} rendelkezik a legkedvezőbb összetétellel.

A WHO által meghatározott referenciaértékek (3. táblázat) az esszenciális aminosavak napi ajánlott bevitelét tükrözik. Az elemzés során a WHO által megadott referenciaértékeket összegeztem, ezzel párhuzamosan kiszámoltam a termékeim egy pohár (2,5 dl) jutó esszenciális aminosavtartalmát is, melyet a 16. ábra a három legjobb termékemmel vizuálisan is szemlélteti. Az összehasonlítás alapján meghatároztam, hogy hány pohár lenne szükség egy nap ahhoz, hogy a termékeim biztosítsák a WHO által ajánlott összes esszenciális aminosav mennyiséget.

Úgy gondolom, hogy a csicseriborsó és kender általam meghatározott arányával készült ital, melyet áztatással és mikrohullámú kezeléssel készítettem, majd *Bifidobacterium* törzs által történő fermentációval tovább javítottunk, a legkedvezőbb biológiai összetétellel rendelkezik az összes közül. Azonban az összes esszenciális aminosavra vonatkoztatva ugyanez a termék fermentációs kezelés nélkül

16. ábra: Termékek fogyasztási mennyisége a napi referenciérték eléréséhez pohárban megadva (2,5 dl).



Ahogy az elején is megfogalmaztam a tej biológiai értékeit rendkívül nehéz megközelíteni növényből készült italok segítségével, azonban jól látható, hogy komplettálással már jóval nagyobb siker érhető el, mint anélkül.

5. Összefoglalás

A növényi italok készítése során az elsődleges célom az volt, hogy oly módon komplettáljam az inkomplett növényi fehérjéket különböző növényi forrásokból, hogy a lehető legoptimálisabb aminosav kompozíciót alakíthassam ki az elkészült italok esetében, és hogy a piacon lévő csak egy növényből készült italokhoz képest is megállja a helyét fehérjetartalom tekintve. Sikerült elérnem, hogy magas fehérjetartalommal rendelkezzenek a készített italok, azonban a szűrés miatt csökkent a termékek potenciális fehérje- és aminosavtartalma, melyet különböző technológiai kezelésekkkel (például ultrahangos, enzimes) akár növelni is lehetne a jövőben. A szűrésnél visszamaradt fehérjedús pogácsa is rendelkezik további felhasználhatósági lehetőségekkel, hiszen magas tápértékű és fehérjekomplettált. Takarmányozás vagy további érzékszervi tesztelés és finomítás után emberi fogyasztásra is alkalmas lehet.

A poliakrilamid gélelektroforézis vizsgálatok során kimutattam, hogy milyen fehérjefrakciókkal rendelkeznek, melyek során vizsgálataim igazolták, hogy mind az áztatás, mind a mikrohullámú kezelés hatással a fehérjefrakciók számának növekedésére, azonban az is jól látszott, hogy az általam használt berendezés üzemi hőmérséklete (80°C) sem volt elegendő a tripszin-inhibitorok elbontásához, így mindenképpen áztatást és mikrohullámú kezelést igényel az ilyen növényi italok készítése

A kísérleteim során érzékszervi bírálat alá is vontuk a termékeinket és Excel segítségével ki is értékeltem, azonban ez már itt nem kapott helyet. Összeségében a legkedveltebb növényi ital az volt, ami a lehető legkevesebb babos ízzel rendelkezett és emellett vaníliás cukorral volt édesítve, de voltak, akik a natúr terméket is kedvelték köztük én is. Fermentált termékeket nem bíráltak csak a csicseriborsó és kenderet tartalmazó mintáinkat, melyeket különböző ízesítéssel láttam el.

Összegezve megállapíthatom, hogy a növényi italok többsége megfelelő fehérjetartalommal rendelkezik, azonban még mindig nem érik el a tej tápértékét, különösen a fehérjék biológiai értéke szempontjából. Bár a piacon található növényi italok nagyrészéhez képest az én termékeim magasabb fehérjetartalmat képviselnek, és előrelépést jelentenek, még mindig csak azoknak ajánlom, akik valamilyen okból nem fogyaszthatnak tejet, például laktózérzékenység vagy tejallergia miatt.

6. Köszönetnyilvánítás

Szeretnék mindenkinek köszönetet nyilvánítani a munkám során nyújtott segítségért és ötletekért, amik előrébb vitték a szakdolgozatom eredményességét. Különösképp Koppányné Dr. Szabó Erika és Némethné Dr. Szerdahelyi Emőke konzulenseimnek, akik mindvégig asszisztáltak a munkám során. Köszönöm a segítséget Dr. Mednyánszky Zsuzsannának az aminosav-meghatározásban, valamint Dr. Zalán Zsoltnak a fermentációs vizsgálatokban nyújtott segítségért. Köszönöm a segítséget Háderné Sólyom Katalinnak, aki a gélelektroforézisben nyújtott segítséget sok éves tapasztalatával.

Köszönöm mindenkinek, akik részt vettek a mintáim érzékszervi tesztelésében és a Táplálkoástudományi tanszék minden dolgozójának a nyújtott segítségükért.

7. Irodalomjegyzék

- Aloo, S.O., Mwit, G., Ngugi, L.W., Oh, D.-H., 2022. Uncovering the secrets of industrial hemp in food and nutrition: The trends, challenges, and new-age perspectives. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 0, 1–20. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2149468>
- Andre, C.M., Hausman, J.-F., Guerriero, G., 2016. Cannabis sativa: The Plant of the Thousand and One Molecules. *Front. Plant Sci.* 7. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00019>
- Arriagada, O., Cacciuttolo, F., Cabeza, R.A., Carrasco, B., Schwember, A.R., 2022. A Comprehensive Review on Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Breeding for Abiotic Stress Tolerance and Climate Change Resilience. *Int. J. Mol. Sci.* 23, 6794. <https://doi.org/10.3390/ijms23126794>
- Baik, B.-K., Han, I.H., 2012. Cooking, Roasting, and Fermentation of Chickpeas, Lentils, Peas, and Soybeans for Fortification of Leavened Bread. *Cereal Chem.* 89, 269–275. <https://doi.org/10.1094/CCHEM-04-12-0047-R>
- Baldini, M., Ferfua, C., Piani, B., Sepulcri, A., Dorigo, G., Zuliani, F., Danuso, F., Cattivello, C., 2018. The Performance and Potentiality of Monoecious Hemp (*Cannabis sativa* L.) Cultivars as a Multipurpose Crop. *Agronomy* 8, 162. <https://doi.org/10.3390/agronomy8090162>
- Begum, N., Khan, Q.U., Liu, L.G., Li, W., Liu, D., Haq, I.U., 2023. Nutritional composition, health benefits and bio-active compounds of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Front. Nutr.* 10, 1218468. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1218468>
- Bernardi, C., Macrì, G., Biagi, M., Miraldi, E., Finetti, F., Tralbalzini, L., 2023. In vitro Digestion of Phaseolus vulgaris L. Cooked Beans Induces Autophagy in Colon Cancer Cells. *Foods* 12, 839. <https://doi.org/10.3390/foods12040839>
- Boukid, F., 2021. Chickpea (*Cicer arietinum* L.) protein as a prospective plant-based ingredient: a review. *Int. J. Food Sci. Technol.* 56, 5435–5444. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15046>
- Braun, K.V., Erler, N.S., Kieft-de Jong, J.C., Jaddoe, V.W., van den Hooven, E.H., Franco, O.H., Voortman, T., 2016. Dietary Intake of Protein in Early Childhood Is Associated with Growth Trajectories between 1 and 9 Years of Age. *J. Nutr.* 146, 2361–2367. <https://doi.org/10.3945/jn.116.237164>
- Callaway, J.C., 2004. Hempseed as a nutritional resource: An overview. *Euphytica* 140, 65–72. <https://doi.org/10.1007/s10681-004-4811-6>
- Carbonaro, M., Maselli, P., Nucara, A., 2012. Relationship between digestibility and secondary structure of raw and thermally treated legume proteins: a Fourier transform infrared (FT-IR) spectroscopic study. *Amino Acids* 43, 911–921. <https://doi.org/10.1007/s00726-011-1151-4>
- Chang, C., Tu, S., Ghosh, S., Nickerson, M.T., 2015. Effect of pH on the inter-relationships between the physicochemical, interfacial and emulsifying properties for pea, soy, lentil and canola protein isolates. *Food Res. Int.* 77, 360–367. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.08.012>
- Chang, Y.-W., Alli, I., Konishi, Y., Ziomek, E., 2011. Characterization of protein fractions from chickpea (*Cicer arietinum* L.) and oat (*Avena sativa* L.) seeds using proteomic techniques. *Food Res. Int.* 44, 3094–3104. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.08.001>

- Chang, Y.-W., Alli, I., Molina, A.T., Konishi, Y., Boye, J.I., 2012. Isolation and Characterization of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Seed Protein Fractions. *Food Bioprocess Technol.* 5, 618–625. <https://doi.org/10.1007/s11947-009-0303-y>
- Crescente, G., Piccolella, S., Esposito, A., Scognamiglio, M., Fiorentino, A., Pacifico, S., 2018. Chemical composition and nutraceutical properties of hempseed: an ancient food with actual functional value. *Phytochem. Rev.* 17, 733–749. <https://doi.org/10.1007/s11101-018-9556-2>
- Da Silva, M., Neves, V., Lourenço, E.J., 2001. Protein fractions and major globulin from chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Aliment. Nutr.* 12, 131–149.
- Dhawan, K., Malhotra, S., Dahiya, B.S., Singh, D., 1991. Seed protein fractions and amino acid composition in gram (*Cicer arietinum*). *Plant Foods Hum. Nutr. Dordr. Neth.* 41, 225–232. <https://doi.org/10.1007/BF02196390>
- Do, D.T., Ye, A., Singh, H., Acevedo-Fani, A., 2024. Protein bodies from hemp seeds: Isolation, microstructure and physicochemical characterisation. *Food Hydrocoll.* 149, 109597. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.109597>
- Európai Unió Bírósága (2017). C-422/16, Vaditrans BVBA kontra Belgische Staat, ECLI:EU:C:2017:703. Elérhető: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=CELEX:62016CJ0422>
- Fike, J., 2016. Industrial Hemp: Renewed Opportunities for an Ancient Crop. *Crit. Rev. Plant Sci.* 35, 406–424. <https://doi.org/10.1080/07352689.2016.1257842>
- FoodData Central [WWW Document], n.d. URL <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/173756/nutrients> (accessed 10.17.24).
- Foyer, C.H., Lam, H.-M., Nguyen, H.T., Siddique, K.H.M., Varshney, R.K., Colmer, T.D., Cowling, W., Bramley, H., Mori, T.A., Hodgson, J.M., Cooper, J.W., Miller, A.J., Kunert, K., Vorster, J., Cullis, C., Ozga, J.A., Wahlqvist, M.L., Liang, Y., Shou, H., Shi, K., Yu, J., Fodor, N., Kaiser, B.N., Wong, F.-L., Valliyodan, B., Considine, M.J., 2016. Neglecting legumes has compromised human health and sustainable food production. *Nat. Plants* 2, 1–10. <https://doi.org/10.1038/nplants.2016.112>
- Fritsch, R.J., Krause, I., 2003. ELECTROPHORESIS, in: Caballero, B. (Ed.), *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition* (Second Edition). Academic Press, Oxford, pp. 2055–2062. <https://doi.org/10.1016/B0-12-227055-X/01409-7>
- Galasso, I., Russo, R., Mapelli, S., Ponzoni, E., Brambilla, I.M., Battelli, G., Reggiani, R., 2016. Variability in Seed Traits in a Collection of *Cannabis sativa* L. Genotypes. *Front. Plant Sci.* 7, 688. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00688>
- Gayacharan, Rani, U., Singh, S., Basandrai, A.K., Rathee, V.K., Tripathi, K., Singh, N., Dixit, G.P., Rana, J.C., Pandey, S., Kumar, A., Singh, K., 2020. Identification of novel resistant sources for ascochyta blight (*Ascochyta rabiei*) in chickpea. *PLOS ONE* 15, e0240589. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0240589>
- Giri, S.K., Mangaraj, S., 2012. Processing Influences on Composition and Quality Attributes of Soymilk and its Powder. *Food Eng. Rev.* 4, 149–164. <https://doi.org/10.1007/s12393-012-9053-0>
- Gorissen, S.H.M., Crombag, J.J.R., Senden, J.M.G., Waterval, W.A.H., Bierau, J., Verdijk, L.B., van Loon, L.J.C., 2018. Protein content and amino acid composition of commercially available plant-based protein isolates. *Amino Acids* 50, 1685–1695. <https://doi.org/10.1007/s00726-018-2640-5>
- Gyöngyi H., n.d. Elektroforézis és alkalmazása az élelmiszerfehérjék elválasztásában. *Élelmiszervizsgálati Közlemények*.

- Haas, R., Schnepps, A., Pichler, A., Meixner, O., 2019. Cow Milk versus Plant-Based Milk Substitutes: A Comparison of Product Image and Motivational Structure of Consumption. *Sustainability* 11, 5046. <https://doi.org/10.3390/su11185046>
- Hoffman, J.R., Falvo, M.J., 2004. Protein - Which is Best? *J. Sports Sci. Med.* 3, 118–130.
- Hou, J.-W., Yu, R.-C., Chou, C.-C., 2000. Changes in some components of soymilk during fermentation with bifidobacteria. *Food Res. Int.* 33, 393–397. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(00\)00061-2](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(00)00061-2)
- Hou, Y., Yin, Y., Wu, G., 2015. Dietary essentiality of “nutritionally non-essential amino acids” for animals and humans. *Exp. Biol. Med.* Maywood NJ 240, 997–1007. <https://doi.org/10.1177/1535370215587913>
- Irakli, M., Tsaliki, E., Kalivas, A., Kleisaris, F., Sarrou, E., Cook, C.M., 2019. Effect of Genotype and Growing Year on the Nutritional, Phytochemical, and Antioxidant Properties of Industrial Hemp (*Cannabis sativa* L.) Seeds. *Antioxidants* 8, 491. <https://doi.org/10.3390/antiox8100491>
- Jeske, S., Zannini, E., Arendt, E.K., 2018. Past, present and future: The strength of plant-based dairy substitutes based on gluten-free raw materials. *Food Res. Int. Ott. Ont* 110, 42–51. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.03.045>
- Jiang, S., Cai, W., Xu, B., 2013. Food Quality Improvement of Soy Milk Made from Short-Time Germinated Soybeans. *Foods* 2, 198–212. <https://doi.org/10.3390/foods2020198>
- Joint WHO/FAO/UNU Expert Consultation, 2007. Protein and amino acid requirements in human nutrition. World Health Organ. Tech. Rep. Ser. 1–265, back cover.
- Jood, S., Kapoor, A.C., Singh, R., 1995. Amino acid composition and chemical evaluation of protein quality of cereals as affected by insect infestation. *Plant Foods Hum. Nutr. Dordr. Neth.* 48, 159–167. <https://doi.org/10.1007/BF01088312>
- Kaur, R., Prasad, K., 2021. Technological, processing and nutritional aspects of chickpea (*Cicer arietinum*) - A review. *Trends Food Sci. Technol.* 109, 448–463. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.044>
- Khalil, A.W., Zeb, A., Mahmood, F., Tariq, S., Khattak, A.B., Shah, H., 2007. Comparison of sprout quality characteristics of desi and kabuli type chickpea cultivars (*Cicer arietinum* L.). *LWT - Food Sci. Technol.* 40, 937–945. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2006.05.009>
- Li, Y., Niu, L., Guo, Q., Shi, L., Deng, X., Liu, X., Xiao, C., 2022. Effects of fermentation with lactic bacteria on the structural characteristics and physicochemical and functional properties of soluble dietary fiber from prosomillet bran. *LWT* 154, 112609. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112609>
- Magyar Élelmiszerkönyv (2004). 3-2-1/2004 számú irányelv: A nyers tej árkonzekvens minősítésének mintavételi és vizsgálati módszerei. Elérhető: https://elelmiszerlanc.kormany.hu/download/0/94/b1000/3-2-1_2004.pdf
- Maheri-Sis, N., Chamani, M., Sadeghi, A.-A., Mirza, A., Aghajanzadeh-Golshani, A., 2010. Nutritional evaluation of kabuli and desi type chickpeas (*Cicer arietinum* L.) for ruminants using in vitro gas production technique. *Afr. J. Biotechnol.* 7.
- Mäkinen, O.E., Wanhalinna, V., Zannini, E., Arendt, E.K., 2016. Foods for Special Dietary Needs: Non-dairy Plant-based Milk Substitutes and Fermented Dairy-type Products. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 56, 339–349. <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.761950>

- McClements, D.J., Grossmann, L., 2021. A brief review of the science behind the design of healthy and sustainable plant-based foods. *Npj Sci. Food* 5, 17.
<https://doi.org/10.1038/s41538-021-00099-y>
- McClements, D.J., Newman, E., McClements, I.F., 2019. Plant-based Milks: A Review of the Science Underpinning Their Design, Fabrication, and Performance. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 18, 2047–2067. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12505>
- Medhammar, E., Wijesinha-Bettoni, R., Stadlmayr, B., Nilsson, E., Charrondiere, U.R., Burlingame, B., 2012. Composition of milk from minor dairy animals and buffalo breeds: a biodiversity perspective. *J. Sci. Food Agric.* 92, 445–474.
<https://doi.org/10.1002/jsfa.4690>
- Microwave heating impacts positively on the physical properties of orange juice-milk beverage, n.d.
- Monsoor, M.A., Yusuf, H.K.M., 2002. In vitro protein digestibility of lathyrus pea (*Lathyrus sativus*), lentil (*Lens culinaris*), and chickpea (*Cicer arietinum*). *Int. J. Food Sci. Technol.* 37, 97–99. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2621.2002.00539.x>
- Nowakowski, A.B., Wobig, W.J., Petering, D.H., 2014. Native SDS-PAGE: High Resolution Electrophoretic Separation of Proteins With Retention of Native Properties Including Bound Metal Ions. *Met. Integr. Biometal Sci.* 6, 1068–1078.
<https://doi.org/10.1039/c4mt00033a>
- Nwokolo, E., 1996. The need to increase consumption of pulses in the developing world, in: Nwokolo, E., Smartt, J. (Eds.), *Food and Feed from Legumes and Oilseeds*. Springer US, Boston, MA, pp. 3–11. https://doi.org/10.1007/978-1-4613-0433-3_1
- Padma, M., Jagannadarao, P.V.K., Edukondalu, L., Ravibabu, G., Aparna, K., 2018. Physico-Chemical Analysis of Milk Prepared from Broken Rice. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.* 7, 426–428. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.702.054>
- Pollio, A., 2016. The Name of Cannabis: A Short Guide for Nonbotanists. *Cannabis Cannabinoid Res.* 1, 234–238. <https://doi.org/10.1089/can.2016.0027>
- Potin, F., Lubbers, S., Husson, F., Saurel, R., 2019. Hemp (*Cannabis sativa* L.) Protein Extraction Conditions Affect Extraction Yield and Protein Quality. *J. Food Sci.* 84, 3682–3690. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14850>
- Reeds, P.J., 2000. Dispensable and indispensable amino acids for humans. *J. Nutr.* 130, 1835S–40S. <https://doi.org/10.1093/jn/130.7.1835S>
- Rehman, M., Fahad, S., Du, G., Cheng, X., Yang, Y., Tang, K., Liu, L., Liu, F.-H., Deng, G., 2021. Evaluation of hemp (*Cannabis sativa* L.) as an industrial crop: a review. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 28, 52832–52843. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16264-5>
- Rekha, C.R., Vijayalakshmi, G., 2010. Bioconversion of isoflavone glycosides to aglycones, mineral bioavailability and vitamin B complex in fermented soymilk by probiotic bacteria and yeast. *J. Appl. Microbiol.* 109, 1198–1208.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2010.04745.x>
- Reyes-Jurado, F., Soto-Reyes, N., Dávila-Rodríguez, M., Lorenzo-Leal, A.C., Jiménez-Munguía, M.T., Mani-López, E., López-Malo, A., 2023. Plant-Based Milk Alternatives: Types, Processes, Benefits, and Characteristics. *Food Rev. Int.* 39, 2320–2351.
<https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1952421>
- Rizzo, G., Storz, M.A., Calapai, G., 2023. The Role of Hemp (*Cannabis sativa* L.) as a Functional Food in Vegetarian Nutrition. *Foods* 12, 3505.
<https://doi.org/10.3390/foods12183505>

- Roy, F., Boye, J.I., Simpson, B.K., 2010. Bioactive proteins and peptides in pulse crops: Pea, chickpea and lentil. *Food Res. Int.*, Molecular, Functional and Processing Characteristics of Whole Pulses and Pulse Fractions and their Emerging Food and Nutraceutical Applications 43, 432–442.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.09.002>
- Saboori-Robat, E., Joshi, J., Pajak, A., Solouki, M., Mohsenpour, M., Renaud, J., Marsolais, F., 2019. Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Accumulates Most S-Methylcysteine as Its γ -Glutamyl Dipeptide. *Plants* 8, 126. <https://doi.org/10.3390/plants8050126>
- Sethi, S., Tyagi, S.K., Anurag, R.K., 2016. Plant-based milk alternatives an emerging segment of functional beverages: a review. *J. Food Sci. Technol.* 53, 3408–3423.
<https://doi.org/10.1007/s13197-016-2328-3>
- Shen, P., Gao, Z., Xu, M., Ohm, J.-B., Rao, J., Chen, B., 2020. The impact of hempseed dehulling on chemical composition, structure properties and aromatic profile of hemp protein isolate. *Food Hydrocoll.* 106, 105889.
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.105889>
- Tangyu, M., Muller, J., Bolten, C.J., Wittmann, C., 2019. Fermentation of plant-based milk alternatives for improved flavour and nutritional value. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 103, 9263–9275. <https://doi.org/10.1007/s00253-019-10175-9>
- Tavano, O.L., 2013. Protein hydrolysis using proteases: An important tool for food biotechnology. *J. Mol. Catal. B Enzym.* 90, 1–11.
<https://doi.org/10.1016/j.molcatb.2013.01.011>
- THE OXOID (1976). *The Oxoid Manual, Third Edition (Revised)*, 192.
- Varghese, T., Pare, A., 2019. Effect of microwave assisted extraction on yield and protein characteristics of soymilk. *J. Food Eng.* 262, 92–99.
<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.05.020>
- Visković, J., Zheljaskov, V.D., Sikora, V., Noller, J., Latković, D., Ocamb, C.M., Koren, A., 2023. Industrial Hemp (*Cannabis sativa* L.) Agronomy and Utilization: A Review. *Agronomy* 13, 931. <https://doi.org/10.3390/agronomy13030931>
- Vong, W.C., Liu, S.-Q., 2016. Biovalorisation of okara (soybean residue) for food and nutrition. *Trends Food Sci. Technol.* 52, 139–147.
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.04.011>
- Walther, B., Guggisberg, D., Badertscher, R., Egger, L., Portmann, R., Dubois, S., Haldimann, M., Kopf-Bolan, K., Rhyn, P., Zoller, O., Veraguth, R., Rezzi, S., 2022. Comparison of nutritional composition between plant-based drinks and cow's milk. *Front. Nutr.* 9, 988707. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.988707>
- Wang, J., Li, Y., Li, A., Liu, R.H., Gao, X., Li, D., Kou, X., Xue, Z., 2021. Nutritional constituent and health benefits of chickpea (*Cicer arietinum* L.): A review. *Food Res. Int.* 150, 110790. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110790>
- Wang, Q., Xiong, Y.L., 2019. Processing, Nutrition, and Functionality of Hempseed Protein: A Review. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 18, 936–952. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12450>
- Weltgesundheitsorganisation, FAO, Vereinte Nationen (Eds.), 2007. Protein and amino acid requirements in human nutrition: report of a joint WHO/FAO/UNU Expert Consultation ; [Geneva, 9 - 16 April 2002], WHO technical report series. Presented at the Joint Expert Consultation on Protein and Amino Acid Requirements in Human Nutrition, WHO, Geneva.

- Wong, W.L.E., Gupta, M., 2015. Using Microwave Energy to Synthesize Light Weight/Energy Saving Magnesium Based Materials: A Review. *Technologies* 3, 1–18.
<https://doi.org/10.3390/technologies3010001>
- Xie, A., Dong, Y., Liu, Z., Li, Z., Shao, J., Li, M., Yue, X., 2023. A Review of Plant-Based Drinks Addressing Nutrients, Flavor, and Processing Technologies. *Foods* 12, 3952.
<https://doi.org/10.3390/foods12213952>
- Yadav, D., Bansal, S., Jaiswal, A., Singh, R., 2017. Plant Based Dairy Analogues: An Emerging Food. *Agric. Res. Technol. Open Access J.* 10.
<https://doi.org/10.19080/ARTOAJ.2017.10.555781>
- Yegrem, L., 2021. Nutritional Composition, Antinutritional Factors, and Utilization Trends of Ethiopian Chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Int. J. Food Sci.* 2021, 5570753.
<https://doi.org/10.1155/2021/5570753>
- Internet 1: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/1097512/nutrients>
- Internet 2: <https://www.shutterstock.com/hu/image-photo/dry-organic-kala-chana-desi-chickpeas-1455656393>
- Internet 3: <https://agtfoods.co.za/product/kabuli-chickpea/>
- Internet 4: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/173756/nutrients>
- Internet 5: <https://www.compari.ro/aparate-mici-de-bucatarie-c3178/biovita/biovita-25-p416129710/>

8. Ábrák és táblázatok jegyzéke

8.1. Ábrajegyzék

1. ábra: Különböző növényi italok esszenciális és nem esszenciális aminosav összetétele (Walther et al., 2022).	6
2. ábra: Desi és Kabuli csicseriborsó fajták (forrás: internet 2 és internet 3).....	12
3. ábra: Aminosav mennyisége egy gramm fehérjében, csicseriborsó és tehéntej esetében (Saját ábra USDA alapján Internet 4)	14
4. ábra: Csicseriborsó fehérjefrakcióinak SDS-PAGE képe.....	15
5. ábra: Kender fehérjefrakcióinak SDS-PAGE képe (saját ábra Shen et al. (2020) alapján) ..	18
6. ábra: Kendermag és száraz csicseriborsó (Saját ábra)	19
7. ábra: BIOVITA-25 növényi ital készítő gép (forrás: internet 5)	20
8. ábra: Probiotikus fermentáció során bekövetkező sejtszám növekedés.	30
9. ábra: Poliakrilamid gélelektroforézis SDS-PAGE 15%-os, kék festés	31
10. ábra: Poliakrilamid gélelektroforézis SDS-PAGE 15%-os, ezüst festés	31
11. ábra: A csicseriborsó fehérjefrakciói.....	32
12. ábra: A kender és a kenderrel aminosav-komplettált csicseriborsóital fehérje frakciói...	33
13. ábra: Poliakrilamid gélelektroforézis Natív-PAGE 15%-os, kék festés	34
14. ábra: Poliakrilamid gélelektroforézis Natív-PAGE 15%-os, ezüst festés	34
15. ábra: Poliakrilamid gélelektroforézis Natív-PAGE 15%-os, tripszines festés	35
16. ábra: Termékek fogyasztási mennyisége a napi referenciérték eléréséhez pohárban megadva (2,5 dl).....	39

8.2 Táblázatjegyzék

1. táblázat: Különböző növényi italok általános összetétele Xie et al. (2023) alapján.....	7
2. táblázat: A csicseriborsó makrotápanyag táblázata.	13
3. táblázat: Felnőttek számára ajánlott aminosav mennyiség egy gramm fehérjére nézve (WHO, 2007).....	16
4. táblázat: A vizsgált minták kódolása	21
5. táblázat: Számolt értékeink a WHO által megadott referenciához viszonyítva	21
6. táblázat: Probiotikus fermentáció eredményeit összefoglaló táblázat	29
7. táblázat: Aminosavmérés eredményeit összefoglaló táblázat. Saját táblázat Medhammar et al., (2012) referencia értékeihez viszonyítva.	36
8. táblázat: Eltérő technológiákkal és nyersanyag arányokkal készített minták esszenciális aminosav tartalma mg/g fehérje mértékegységben. Saját táblázat Medhammar et al., (2012) referencia értékeihez viszonyítva.	37

NYILATKOZAT

Görbe Zétény (hallgató Neptun azonosítója: H3KR06) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő vé-
désre javaslom / nem javaslom¹.

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

Kelt: Budapest, 2024. 11. 02.



Koppány Dr. Szabó Erika, Németh Dr. Szerdahelyi Erőke
belső konzulensek

¹ A megfelelő aláhúzendő.

² A megfelelő aláhúzendő.

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Görbe Zétény
A Hallgató Neptun kódja: H3KR06
A dolgozat címe: Csicszeriborsó felhasználásán alapuló újszerű tejhelyettesítők fejlesztése
A megjelenés éve: 2024
A konzulens intézetének neve: Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Táplálkozástudományi tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

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

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

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori 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: _____2024____ év _____11____ hó ____02____ nap



Hallgató aláírása