

SZAKDOLGOZAT

CSORDÁS ESZTER

2025



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Budai Campus**

**Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet
Élelmiszermérnöki alapképzés**

**NÖVELT FEHÉRJETARTALMÚ TOJÁSFEHÉRJE ALAPÚ
KÁVÉ ITAL FEJLESZTÉSE ÉS VIZSGÁLATA**

Belső konzulensek: Dr. Hidas Karina Ilona, PhD

Egyetemi adjunktus

Vargáné Dr. Tóth Adrienn, PhD

Tudományos munkatárs

Belső konzulensek intézete/tanszéke:

Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet,
Állatitermék és Élelmiszertartósítási Technológiai
Tanszék

Készítette:

Csordás Eszter

**Budapest
2025**

Tartalomjegyzék

Tartalomjegyzék

Jelölések, rövidítések jegyzéke	3
1. Bevezetés és célkitűzések	4
2. Szakirodalmi áttekintés	6
2.1. A tojás felépítése	6
2.2. A tojás fehérje- összetétele.....	8
2.2.1. A tojásfehérjében található fehérjék.....	9
2.3. A ToTu termékcsalád bemutatása	11
2.4. A fehérjék humán táplálkozásban betöltött szerepe	12
2.5. Az állati eredetű fehérjék	13
2.5.1. Marhakollagén és sertéskollagén peptid	14
2.5.2. Tejsavófehérje alapú termékek.....	14
2.6. Növényi eredetű fehérjék	15
2.6.1. Szójafehérje.....	16
2.6.2. Rizsfehérje.....	16
2.6.3. Borsófehérje	16
2.6.4. Csillagfürtmag fehérje.....	17
2.6.5. Kendermagfehérje	17
2.6.6. Chiamag fehérje	17
2.6.7. Tökmag fehérje	17
2.6.8. Szezámag fehérje	18
2.6.9. Mandulafehérje.....	18
3. Alkalmazott módszerek	19
3.1. Anyagok és mintaelőkészítés	19
3.1.1. A minták előkészítéséhez használt anyagok	19
3.1.2. Előkísérlet.....	20

3.1.3.	A fő kísérlet.....	22
3.2.	Vizsgálati módszerek	23
3.2.1.	pH mérés	23
3.2.2.	Színmérés	23
3.2.3.	A minták szárazanyag-tartalmának meghatározása	24
3.2.4.	Reológiai tulajdonságok tanulmányozása	25
3.2.5.	Érzékszervi vizsgálatok.....	26
3.2.6.	A kapott eredmények statisztikai elemzése.....	26
4.	Eredmények és értékelésük.....	27
4.1.	Az előkísérletek eredménye	27
4.1.1.	Fehérjepor kiválasztása	27
4.1.2.	Hozzáadott ízkialakítók kiválasztása	29
4.2.	A kiválasztott kávé minták pH-jának alakulása	29
4.3.	A kiválasztott kávé minták színének alakulása	31
4.4.	A kiválasztott kávé minták szárazanyag-tartalmának meghatározása	35
4.5.	A kiválasztott kávé minták reológiai tulajdonságainak alakulása.....	35
4.6.	A kiválasztott kávé minták érzékszervi bírálata.....	40
5.	Következtetések és javaslatok.....	41
6.	Összefoglalás	42
7.	Irodalomjegyzék	44
8.	Köszönetnyilvánítás.....	49
9.	Ábrák és táblázatok jegyzéke.....	50
9.1.	Ábrák jegyzéke.....	50
9.2.	Táblázatok jegyzéke	50
10.	Mellékletek.....	51
11.	Nyilatkozatok	54

Jelölések, rövidítések jegyzéke

Rövidítés	Angol megnevezés	Magyar megnevezés
CIE	Commission Internationale de l'Éclairage	Nemzetközi Világítástechnikai Bizottság
L*	lightness	CIELab színtér világossági tényező
a*	chromaticity coordinates red (+) and green (-) in CIE Lab color space	CIELab színtér vörös (+), zöld (-) színtényező
b*	chromaticity coordinates yellow (+) and blue (-) in CIE Lab color space	CIELab színtér sárga (+), kék (-) színtényező
Mandula	3% Almond protein powder	3% Mandula fehérjeport tartalmazó minta
Marhakoll_p	3% Beef collagen peptide	3% Marhakollagén peptidet tartalmazó minta
Marhakoll_p_N	3% Beef collagen peptide Flavoured with orange oil	3% Marhakollagén peptidet tartalmazó minta 0,4 m/m% Narancsolajjal ízesítve
Marhakoll_p_V	3% Beef collagen peptide Vanilla flavoured	3% Marhakollagén peptidet tartalmazó minta 0,4 m/m% Vanília aromával ízesítve
Sertéskoll_p	5% Pork collagen peptide	5% Sertéskollagén peptidet tartalmazó minta
Sertéskoll_p_K	5% Pork collagen peptide flavoured with coconut milk powder	5% Sertéskollagén peptidet tartalmazó minta 1 m/m% Kókusztejjel ízesítve
Tojásfeh	3% Spray-dried egg white powder	3% Porlasztva szárított tojásfehérjeport tartalmazó minta
Tojásfeh_M	3% Spray-dried egg white powder flavoured with hazelnut flavouring	3% Porlasztva szárított tojásfehérjeport tartalmazó minta 1 m/m% Mogyoró aromával ízesítve
WPC	3% Whey protein concentrate powder WPC 80 instant	3% Tejsavófehérje-koncentrátum por WPC 80 instant

1. Bevezetés és célkitűzések

Az egészséges táplálkozás és az aktív életmód iránti igény az utóbbi években egyre hangsúlyosabbá vált. Az étrend-kiegészítők piacán a magas fehérje tartalmú termékek kiemelt szerepet kaptak, hiszen a fehérje elengedhetetlen az izomépítéshez, regenerációhoz és a teljesítmény optimalizálásához. Különböző táplálékkiegészítők, fehérjekészítmények, hozzáadott fehérjét tartalmazó italok, tejtermékek sora elérhető számunkra. A társadalmi igények napjainkban rohamosan változnak, amiatt a kereskedelmi boltok polcain folyamatosan jelennek meg újabbnál újabb élelmiszer alternatívák.

2022-ig a laktózmentes tejtermékek globális piaca évente átlagosan 7,3%-os növekedést mutatott (Internet1). Azonban a meglévő termékek között ritkán találkozunk olyan kávé termékekkel, amelyek egyidejűleg biztosítják a biológiailag teljes értékű fehérjét, a könnyű emészthetőséget és a kellemes ízélményt.

A tojásfehérje alapú kávé italok különösen ígéretesnek bizonyulnak, mivel magas biológiai értékkel rendelkeznek, a vércukorszintet nem emelik meg, emellett alacsony zsír- és szénhidrát tartalmúak, ezért diétás étrendekben kiválóan alkalmazhatók. Ennek ellenére a tojásfehérje alapú tejtermék helyettesítő kávé italok fejlesztése még viszonylag kevésbé kutatott terület, különösen az ízesített változatok esetében. 2019-es adatok szerint az emberek 6,4%-a diabetikus-, és 4,1%-a laktózmentes diétát követett, így számukra egy alternatív fehérjés kávé ital kívánatos lehet (Internet2). Annak érdekében, hogy minél több fogyasztó táplálkozási rutinjába beépüljenek a termékek, szükséges termékfejlesztések során kialakítani a megfelelő összetételt.

A ToTu ital egy tejtermék helyettesítő termék, alapját a tojásfehérje adja, amely az egyik legmagasabb biológiai értékű természetes fehérje. A benne lévő aminosavak aránya közel azonos az emberi szervezet fehérjeszükségletével, így kiválóan hasznosul, emellett riboflavint és szelént is tartalmaz. Ha ehhez további, kiegészítő aminosav-összetételű fehérjéket (pl. tejsavófehérje-koncentrátum, szójaizolátum, kollagén-hidrolizátum) adunk, akkor az ital komplex aminosav-profil nyújthat, ami még jobban fedezi az emberi szervezet fehérjeigényét. A hozzáadott fehérjék termogén hatásuk miatt fokozzák az anyagcserét, és hozzájárulhatnak a teltségérzet fenntartásához, így segítik a testsúly-szabályozást. Összességében elmondható, hogy egy hozzáadott fehérjét tartalmazó tojásfehérje alapú kávé ital jól hasznosuló fehérjéket biztosíthat a szervezetnek.

Cukorpótló szereket, másnéven cukoralkoholokat mind a természetben megtalálhatjuk, mind elő is állíthatjuk szintetikus úton, ezek közül az eritritol csökkentett energiatartalmú, mivel

glikémiás indexe 0, emiatt egyik leggyakrabban használt édesítőszer, hiszen a vércukorszintet sem növeli, és édesítőereje a szacharózhhoz viszonyítva körülbelül 70% (Galambosné and Horváth, 2020).

A dolgozat célja egy olyan innovatív, ToTu tojásfehérje készítmény felhasználásával készített, fehérjékkel növelt kávé ital fejlesztése volt, amely nemcsak táplálkozási szempontból előnyös, hanem az ízvilágával is megfelel a fogyasztói elvárásoknak, illetve laktózérzékenyek, valamint tejfehérje-allergiások gond nélkül tudják fogyasztani, és a diétázók számára is megfelelő összetétellel rendelkezik.

A kísérletben céloim növényi-, és állati fehérjeporokat különböző koncentrációban használva vizsgálni, hogy hogyan befolyásolja a minták fizikai és érzékszervi tulajdonságait.

Dolgozatomban érzékszervi és objektív módszerekkel vizsgálom, hogy melyik fehérjepor alkalmas magas fehérjetartalmú tojásfehérje alapú kávé italok előállítására. Az érzékszervileg megfelelő fehérjepor összetétel megtalálása után különböző ízesítő koncentrációkat alkalmazva céloim ízesített változatok fejlesztése, amely során meghatározó szempont volt, hogy a savanykás ToTu ital milyen aromákkal kiegészítve érhető el kellemes íz. Ehhez megvizsgálom, hogy más gyártók milyen ízesítésekben kínálják termékeiket, ehhez a Café Frei kínálatának piackutatásos elemzése során először megvizsgáltam a márka által kínált különféle ízesített kávékat, hogy feltérképezsem a legjellemzőbb ízvilágokat és fogyasztói irányokat.

További céloim a termékfejlesztés során, hogy a boltok polcain megtalálható hozzáadott fehérjét tartalmazó kávé italok kiváltására szolgáló hasonló termékalternatívát készítsek.

Mivel a késztermék alternatív élelmiszerként funkcionál, továbbá a magas fehérjetartalmának és egészségügyi előnyeinek köszönhetően a célcsoport az egészségtudatos vásárlók köréből kerül ki, így fontos szempont volt az alkalmazott édesítőszer és annak termékbe kerülő mennyisége.

A kiválasztott minták színét színinger tényezők alapján, szárazanyag-tartalmát, pH értékének változását és reológiai tulajdonságait objektív műszeres módszerekkel vizsgálom. Végül a tojásfehérje alapú kávé italok lágy, kiegyensúlyozott ízvilág kialakítása, fehérjékkel való dúsítása mellett fontosnak tartom, hogy a jelenlegi gyártási folyamatokba beilleszthető legyen a termék előállítása, például a homogenizálás módja ne változzon.

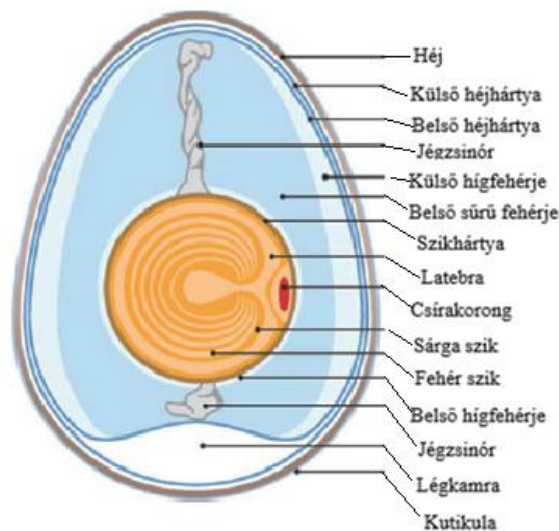
2. Szakirodalmi áttekintés

2.1. A tojás felépítése

A tyúktojás élettani szempontból egy természetes védőburokkal ellátott megnagyobbodott petesejt, ami elsősorban a fejlődő embrió fejlődéséhez szükséges tápanyagokat tartalmaz (Fekete et al., 2009). Több méretosztályt különböztetünk meg, 53 g alatt S-es, 53-63 g között M-es, 64-72 g között L-es és 73 g feletti pedig XL-es méretnek felel meg.

A tojás összetett biológiai rendszer, rétegei koncentrikusan épülnek egymásra, belülről kifelé haladva a tojássárgája, a szikhártya, a tojásfehérje, a héjhártyák és a tojáshéj követi egymást (1. ábra), és minden egyes alkotó önálló funkcióval járul hozzá a megtermékenyítést követően kialakuló embrió védelméhez és fejlődésének elősegítéséhez (Zhang et al., 2024).

1. ábra. A tojás felépítése
(Forrás: Sunwoo and Gujral, 2015)



A tojássárgája vízből (45-50%), fehérjéből (14-17%), szénhidrátokból (1%), és lipidekből (31-35%), melyek szabadon, illetve lipoproteinként, kötött formában találhatók (Csapó and Csapóné, 2003). Magas, emulgeált zsírtartalom egyharmada foszfortartalmú zsírszerű anyag, legfőképpen lecitin és koleszterin míg nagyobb része triglicerid (Fekete et al., 2009). A tápanyagokban gazdag tojássárgája a tojás tömegének körülbelül 30%-a. Vitaminok tekintetében A-, B₁-, B₂-, D-vitamint tartalmaz, emellett karotin is nagyrészt megtalálható, ásványi anyag tartalma is jelentős, mivel található benne vas, kalcium és foszfor (Galambosné and Horváth, 2020).

A tojássárgája központi része a latebra, amelyben a csirakorong helyezkedik el. A latebrát koncentrikus fehér és sárga szikrétegek veszik körül, amelyeket a szikhártya zár be (Sunwoo

and Gujral, 2015). A rétegek elsősorban zsír-, és festékanyag tartalmukban különböznek. A szikrétegek színkülönbségeit a takarmányból származó karotinoidek, elsősorban a xantofill beépülése okozza, amely intenzívebb a nyári időszakban (Fekete et al., 2009). A szikhártya egy háromrétegű, vékony vitellin hártya, ahol közepen egy amorf réteg helyezkedik el, amelyet belül rostos perivitellin lamina, kívül pedig rostos extravitellin lamina határol, elsődleges szerepe, hogy szabályozza az anyagáramlást a sárgája és a tojásfehérje között, elhatárolja a tojásfehérjét a sárgájától, valamint mikrobiológiai védelmet nyújt (Zhang et al., 2024). A tojássárgája centrális pozícióját a jégzsinórok biztosítják, amelyek spirális struktúrában kötik a sárgáját a tojáshéjhoz, egyik vége a tojássárga hártyájába tapadva, míg másik vége a tojásfehérjén keresztül a kettős hártyába tapadva tartja középpontban a sárgáját, és emellett védő hatását is kifejti a benne található lizozim, mely csíraölő hatású enzim (Fekete et al., 2009). A keltetés során megakadályozza az extraembrionális hártyák letapadását is (Jávor and Szigeti, 2011).

A tojásfehérje a tojás össztömegének körülbelül 60%-át alkotja, és négy viszkozitás szerint elkülöníthető rétegből épül fel (Galambosné and Horváth, 2020). Fehérjetartalma 13-14% közötti érték, de legnagyobb mennyiségben előforduló alkotója a víz, amely 86,6%-ot ölel magába, emellett 0,2% zsírt tartalmaz (Csapó and Csapóné, 2003). A legbelső, sűrű réteg közvetlenül határos a szikhártyával, és a jégzsinór részeként folytatódik, ez a teljes fehérje körülbelül 2,7%-át adja, ezután a következő réteg a belső hígfehérje, amely a tojásfehérje 17,3% teszi ki, ezt a külső sűrűfehérje követi 57%-os arányban, amely közvetlenül érintkezik a tojáshéjjal, majd a legkülső réteg a külső hígfehérje, amely 23%-os arányban van jelen, és a sűrűfehérjét választja el a héjtól (Nys and Guyot, 2011). A fehérjék viszkozitása, eloszlása, pH-ja, és szén-dioxid diffúziója változik a tárolás során, befolyásoló tényezők lehetnek a légköri hőmérséklet, és az időtartam, ezért a hígfehérje térfogata és szétterülése a frissesség meghatározására alkalmas (Zhang et al., 2024). A tojásfehérje három alapvető funkciót lát el, legfontosabb, hogy fizikai és kórokozók elleni védelmet biztosítja a sárgája számára, nedvességet és ionokat tárol, valamint fehérjeforrásként szolgál az embrió fejlődése során (Nys and Guyot, 2011).

A tojás belső részét két membrán, a belső és a külső héjhártya veszi körül, amelyek keratin- és kollagénszerű fehérjékben gazdag hártyák, mindössze 10-20 µm vastagságúak, a baktériumok bejutásával szemben második védelmi vonalat képeznek, és mechanikai pufferként is szolgálnak (Sunwoo and Gujral, 2015). A tojás tompa végén, a külső és a belső héjhártya között légkamra alakul ki. A héj porózus felépítése miatt a gázcsere döntően ezen a részen megy végbe, illetve jellemzően a tojás lerakását követő lehűlés hatására a légkamra megnagyobbodik,

és az idő előrehaladtával tovább nő, mivel a gázcsere folyamatos, a víztartalom pedig részben elpárolog (Zhang et al., 2024).

A porózus szerkezetű meszes héj a tojás tömegének 10%-át alkotja, amelyet kívülről vékony kutikula réteg fed (Galambosné and Horváth, 2020). A héj három fő rétegből áll, a külső felületi kutikulából, az alatta elhelyezkedő meszes rétegből és a belső lamelláris–mamilláris rétegből. A meszes réteg és a belső lamelláris zóna együtt porózus mátrixot alkot fehérjerostokból és kalcitkristályokból, és ez a porózus szerkezet közel 7000–17 000 pórusal teszi lehetővé az oxigén, a szén-dioxid és a vízgőz cseréjét (Zhang et al., 2024). Szárazanyag-tartalmának mintegy 94%-át kristályos kalcium-karbonát alkotja, kiegészítve magnézium-karbonáttal (1%), kalcium-foszfáttal (1%), valamint szerves fehérjekomponensekkel (4%) (Sunwoo and Gujral, 2015). A kutikulát mucin fehérjék borítják, amelyek antimikrobiális hatásúak, különleges glikoproteinek, szerkezetével fizikai gátat képez, filmként bevonja, lezárja a pórusokat (Jávor and Szigeti, 2011). A héj különböző vastagságú, például a hegyes végén vastagabb, mivel itt a legtömöttebb a mézlerakódás, illetve kevesebb pórus jellemző ezen a részen, míg ahol a légkamra helyezkedik el, ott sokkal sűrűbbek a pórusok (Fekete et al., 2009).

2.2. A tojás fehérje- összetétele

A tojás több, szerkezetében és funkciójában eltérő fehérjefrakciónak együttes jelenléte biztosítja annak kiváló biológiai értékét, könnyű emészthetőségét, magas tápértékét és antioxidáns tartalmát. Értékes fehérjeforrás, aminosav összetételük komponensenként eltér, de jellemzően magas esszenciális aminosav tartalom jellemzi, valamint a tojásfehérjében található fehérjék és a sárgájához kötött lipidkomponensek együttesen járulnak hozzá a tojás kedvező táplálkozási megítéléséhez (Salgó, 2001; Sarantidi et al., 2023).

Táplálkozástudományi szempontból az egész tojás fehérjéjének biológiai értékét 100-nak tekintik, és ez szolgál etalonnak más élelmiszer-fehérjék minőségének meghatározásakor (Bíró and Bíró, 2000). A fehérjék a tojás egyik meghatározó összetevői, legnagyobb fehérjeforrása, a tojásfehérje tömegének nagyjából 11%-át alkotják, és több mint 40 fehérjét foglal magába (Sunwoo and Gujral, 2015). A tojásfehérje lényegében fehérjeoldat, amelyben a fő frakciókat az ovalbumin, az ovotranszferrin (konalbumin), az ovomucoid, az ovomucin és a lizozim adják, együtt a teljes fehérjekészlet több mint 83%-át képviselik, a fennmaradó, kisebb mennyiségben jelen lévő fehérjék összesen kisebb arányt alkotnak, összesen 17%-ot (Sunwoo and Gujral, 2015).

A tojássárgája két fő és további alfrakcióra bontható, az egyik az oldható fázisú plazma, amely 85% kis sűrűségű lipoproteineket és 15% livetint tartalmaz, míg az ebben elhelyezkedő

szilárdabb, nem oldódó struktúrák, a granulátumok megközelítőleg 70% nagy sűrűségű lipoproteinből, 16% foszvitinből és 12% granuláris kis sűrűségű lipoproteinből állnak (Guilmineau et al., 2005). A granulátumok 0,3–2 µm átmérőjű körkörös komplexek, amelyek alacsony sókoncentrációnál rosszul hidratálódnak, emellett az enzimek számára kevésbé hozzáférhetőnek számítanak (Anton, 2013). A foszfortartalmú összetett fehérjék, a foszvitin és a livetin a tojássárgája legfontosabb fehérje-komponense, a sárgája lipoproteinjeit α - és β -lipovitellin és vitellin alkotja, amelyek aminosav-összetétele közel hasonló, csak foszfortartalmukban különböznek, illetve nagyobb lipoidtartalommal rendelkezik a vitellin (Csapó and Csapóné, 2003).

Ezek mellett a kisebb fehérjék összességében csupán a sárgája fehérjéinek mintegy 2%-át adják, de rendkívül sokfélék (Nys and Guyot, 2011). A tojás foszfortartalmának körülbelül 80%-a a foszvitinhez kötötten van jelen, amely a vitellogeninből származik, ez a fehérje a madarak májában képződik, majd a vérárammal jut el a petesejtbe, majd beépül a sárgájába (Sunwoo and Gujral, 2015). Funkcionális szempontból a sárgája fehérjei és lipoproteinjei erős emulgeáló rendszert alkotnak, amely a sárgája magas foszfolipid- és fehérjekötöttségéből következik (Chang et al., 2018).

2.2.1. A tojásfehérjében található fehérjék

A tojásfehérjében több fehérjefrakció található, elsősorban vízből és vízoldható fehérjékből áll, amelyek szerkezetükben és funkciójukban különböznek egymástól, a főbb komponensek közé tartozik az ovalbumin, az ovomukoid, az ovotranszferrin, a lizozim és az ovomucin (Sarantidi et al., 2023).

A tojásfehérjék funkcionális tulajdonságai közé tartozik a habképzés, a gélképzés és a vízmegekötés. A habképzés alapja a fehérjemolekulák denaturációja, illetve a gélképzés hő hatására létrejövő, részben reverzibilis térhálósodás, amely az ovalbumin és az ovotranszferrin viselkedésétől erősen függ (Li et al., 2022).

A tojásfehérje fehérjei az 1. táblázatban láthatók, a hozzájuk tartozó tulajdonsággal, jellemzőkkel, valamint funkciókkal. A tojásfehérjék többsége globuláris fehérje, amelyek savas pH-érték mellett stabil szerkezetet mutatnak, kivéve a lizozimot és az avidint, mert ezekről elmondható, hogy lúgosabb környezetben is stabilak (Sunwoo and Gujral, 2015).

1. táblázat. A tojásfehérje fehérjéi
(Forrás: Sunwoo and Gujral, 2015)

Fehérje	Mennyisége (%)	Mól tömege (kDa)	Izoelektromos pontja (pH)	Jellemzők / funkciók
Ovalbumin	54	45	4,5	Hőstabil polipeptid, foszfort és szénhidrátot tartalmaz
Konalbumin	12	76	6,1	Fémionokat megkötő transzportfehérje
Lizozim	3,4	14,3	10,7	A baktériumsejtfal lebontásával sejtkárosodást okoz
G2 globulin	4	30-45	5,5	-
G3 globulin	4	-	4,8	-
Ovomucin	3,5	5 500-8300	4,5-5,0	A tojásfehérje szerkezetének és viszkozitásának fenntartásáért felel
Ovomukoid	11	28	4,1	Tripszingátló (proteáz-inhibitor)
Kisebb mennyiségben előforduló fehérjék				
Ovoinhibitor	1,5	49	5,1	Szerin-proteáz inhibitor (enzimgátló).
Ovoglikoprotein	1,0	24,4	3,9	Siaoprotein
Ovoflavoprotein	0,8	32	4	Riboflavin megkötésére képes
Ovomakroglobulin	0,5	769	4,5	Erősen antigén tulajdonságú
Cisztatin	0,05	12,7	5,1	Tiol-proteáz inhibitor
Avidin	0,05	68,3	10	Biotin megkötésére képes

Ovalbumin: Foszfó-glükoprotein, legnagyobb arányban előforduló fehérje a tojásfehérjében, aránya megközelítőleg 54%. Ez a fehérje az embriófejlődés során az aminosavak fő forrásaként szolgál, észterkötésű foszforsavat, szénhidrátokat tartalmaz, valamint egy 385 aminosavból álló fehérje, 4 db cisztein aminosavat tartalmaz, amelyek mindegyikén van egy -SH (tiol) csoport (Salgó, 2001). Ezek közül kettő egymással diszulfidkötést képez, ami stabilizálja a molekulát, jellemzően a maradék két -SH csoport szabadon marad, és ez a tulajdonság szerepet játszik a fehérje hőérzékenységében és kémiai reakcióképességében (Li et al., 2022). Két alegységből áll, az α -ovomucin, amely N-glikánokat tartalmaz, peptidekben gazdag, illetve a szénhidrátokban dús β -ovomucin, amelyet hosszú, O-glikozidos láncok jellemzik (Liu et al., 2025).

Konalbumin: Glükoprotein, fémion kötő, a tojásfehérje körülbelül 15%-át alkotja, előfordulhat polipeptidként, illetve Fe^{3+} és két Fe^{3+} kötött komplexeként, jellemzője még, hogy hőre érzékenyebb, mint az ovalbumin, ezért gyorsabban denaturálódik (Salgó, 2001). A fémmentes forma a tojásfehérje legérzékenyebb hőlabilis fehérjéje (Sunwoo and Gujral, 2015).

Lizozim: A tojásfehérje körülbelül 3%-át teszi ki. Ez egy enzimfehérje, pontosabban szénhidrát bontó enzim, amely képes a Gram pozitív baktériumok sejtfalát bontani, így antimikrobiális

hatású, és természetes védelmet biztosít a tojás számára, illetve 129 aminosavat tartalmaz, magas izoelektromos pontú (Li et al., 2022). A baktériumok sejtfalában lévő N-acetil-muraminsav és N-acetil-glükózamin között található $\beta(1\rightarrow4)$ kötéseket bontja (Salgó, 2001). Egy polipeptidláncból áll, 4 diszulfidhídja kiemelkedő hőstabilitást ad (Chang et al., 2018).

Ovoglobulinok: Habképző tulajdonságuk van (Salgó, 2001). Gyorsan denaturálódnak (Sunwoo and Gujral, 2015).

Ovomucin: Fibrilláris, nagy molekulatömegű, glikozilált szerkezetű, szulfátot tartalmazó glikoprotein, amely a tojásfehérje gélszerkezetének alappillért képezi, viszkozus fehérje, ami aggregációs csomópontokat képes létrehozni, amelyek mentén a többi fehérje strukturálisan beépülhet (Sunwoo and Gujral, 2015). A tojásfehérje két, szerkezetében eltérő ovomucin-komplexet tartalmaz, az egyik típus nem oldódik vízben, és a tojásfehérje sűrű, belső részét alkotja, míg a másik ezzel szemben oldható formában van jelen, és a tojásfehérje folyékony, hígabb frakciójához kapcsolódik (Chang et al., 2018). Valójában az ovomucin főként habstabilizátorként, nem pedig habképzőként működik, a polimer szerkezete, valamint a szénhidrát- és fehérjefrakciókban lévő nem kovalens kölcsönhatások fontos szerepet játszanak a viszkoelasztikus gélek kialakulásában (Li et al., 2022).

Ovomukoid: Glükoprotein, 11%-os arányban van jelen a tojásfehérjében, molekulája három diszulfidkötésekkel kapcsolódó polipeptid, ehhez a szénhidrát-részek 20-25%-ban kapcsolódnak a fehérje részhez, ezért glükoproteinnek minősül (Salgó, 2001). Tripszingátló, nagy hőstabilitás jellemzi (Li et al., 2022).

A tojásfehérje fehérjéi külön-külön eltérő szerkezeti és termodinamikai tulajdonságokkal rendelkeznek, de együttes jelenlétük és kölcsönhatásaik határozzák meg a tojásfehérje hő hatására bekövetkező átalakulásait, a gélesedés folyamata ezért egy komplex, szinergikus rendszer működése (Sunwoo and Gujral, 2015). A tojásfehérje hő hatására történő gélesedése kulcsfontosságú technológiai folyamat a tojástermékek feldolgozása során, melynek során a fehérjék hőtől indukált denaturációja, aggregációja és hálózatszerű térszerkezete alakul ki (Liu et al., 2025).

2.3. A ToTu termékcsalád bemutatása

A Capriovus Kft. által gyártott ToTu termékcsalád olyan, tojásfehérje-alapú készítményekből áll, amelyek célja, hogy a tejtermékeket kiváltsák, miközben hasonló élményt és tápértéket biztosítanak a fogyasztók számára. Ezek a termékek teljes mértékben koleszterin- és zsiradékmentesek, ezáltal kalória-tartalmuk és szénhidrát-tartalmuk is alacsony, valamint nem tartalmaznak tejszármazékot, így ideális választást jelentenek tejfehérje-allergiások,

laktózérzékenyek, cukorbetegeknek, illetve egészségtudatos étrendet követők számára. A ToTu készítmények alapja a pasztörözött tojásfehérje, amelyet a gyártási folyamat során kíméletes technológiával alakítanak át különböző állagú és funkciójú termékekké, étkezési só, ételecet és a krémek esetében proteáz enzim felhasználásával (Internet5).

A ToTu rögzös tojásfehérje, a termékcsalád egyik legismertebb tagja, amely állományában és felhasználásában a hagyományos tehéntúróra idézi. Szárazanyagra vetített fehérjetartalma 95%. 1 kg-os kiszerelésű termék 60-70 db tojás fehérjéjét tartalmazza. Szénhidrátartalma 0,4 %, míg sótartalma 0,4 %, jellemzően dézsmazáras műanyag tégelybe csomagolják (Internet3).

A ToTu krém a rögzös tojásfehérjéhez hasonló alapanyagokra épül, de finomabb, lágyabb, kenhetőbb textúrával rendelkezik. Fehérjetartalma 15%. 45-55 db tojás fehérjéjét tartalmazza 1 kg termék (Internet3). Létezik belőle ToTu extrán krémes is, amely még selymesebb és könnyebben kenhető, így különösen alkalmas hidegkonyhai felhasználásra és cukrászati célokra, hiszen tejfölre hasonlít az íze (Internet3).

A ToTu ital, a tejmentes étrend egyik alternatívája, 100 g-ban 6,0 g fehérjét tartalmaz. Folyékony, semleges ízű készítmény, amely tejet igénylő receptekben helyettesíthető vele. A termék kávéval és eritrittel ízesített változata, a ToTu kávé ital közvetlen fogyasztásra alkalmas, illetve alacsony kalória-tartalmú (Internet4).

2.4. A fehérjék humán táplálkozásban betöltött szerepe

Egyedül a fehérjék olyan nitrogénforrások, amelyek hasznosíthatók az emberi szervezet számára, mivel rengeteg kémiai kötés kialakulásában, anyagok felépítésében játszanak szerepet, 20 féle aminosavból épülnek fel, amik életfontosságú szerepet töltenek be, mivel szervezetünk képes aminosavakat szintetizálni, és ezekből az aminosavakból a szükséges fehérjéket előállítani, viszont egyes aminosavakat nem képes előállítani, így a táplálékkal tudjuk bevinni őket (Rodler, 2008).

Komplett fehérjéknek nevezzük azokat a fehérjéket, amelyek nagyrészt megfelelő mennyiségben és arányban tartalmaznak esszenciális aminosavakat, ilyenek például az állati fehérjék, azok közül is a tojás, tej, valamint a növényi eredetű fehérjék közül a szója. A növényi eredetű fehérjék nagyrésze nem teljes értékű fehérjeforrásnak felel meg, mivel bizonyos mennyiségben hiányzik a lizin, metionin, treonin, és a triptofán, ezért napi fehérje-bevitelünket úgy kell meghatározni, hogy az elfogyasztott élelmiszerek aminosav-tartalma komplementálja a másikat (Csapó and Csapóné, 2003; Bíró and Bíró, 2000). Fogyasztásuk csökkentheti a kis sűrűségű lipoprotein-cholesterint 5-10%-kal, és akár 18%-kal mérsékelheti a 2-es típusú

cukorbetegség kockázatát, bár egyes növényi fehérjék metioninban vagy lizinben szegények, a változatos étrend kiegyenlíti ezeket a hiányokat (Sarathy et al., 2025).

Egy egészséges felnőtt számára 0,8-1,2 g/testtömeg kg fehérjebevitel lenne a minimum mennyiség, eszerint 55 g fehérje mennyiséggel egyenértékű 2200 kcal energia-bevitel mellett, ha a bevitt táplálékból a szervezet számára hasznosítható energia 8-10%-át lefedje, viszont ha a fehérje bevitelünk alacsony, akkor az egész szervezetben zavarok léphetnek fel, elsőkörben energiahiány jelentkezik, vérképzés, zsírok transzportja zavart szenved, súlyos esetben halálhoz is vezethet (Rodler, 2008). A gyermekek esetében a fehérje nélkülözhetetlen a növekedéshez és az immunrendszer fejlődéséhez, míg a sportolók és várandós nők esetében a szervezet fokozottan igényli a magas biológiai értékű fehérjéket (Ajomiwe et al., 2024).

A fehérjék az anyagcsere-enzimek felépítő elemei, és részt vesznek a tápanyagok szállításában, energiaforrásként is szolgálnak, továbbá szerkezetük alapvetően meghatározza az emészthetőségüket (Bíró and Bíró, 2000).

A globuláris, vízdékony fehérjék rendszerint könnyebben lebomlanak, mint a rostos, erősen stabilizált szerkezetű fehérjék, jellemzően a hőkezelés, a fermentálás és az enzimátikus előkezelés képes javítani az emészthetőséget azáltal, hogy a fehérjék térszerkezetét lazítja (Ajomiwe et al., 2024). A fehérjék emészthetősége a feldolgozási módszerektől függően 80-97% között mozog, ami a megfelelően előkészített növényi fehérjéket az állatiakhoz hasonlóan hasznosíthatóvá teszi (Sarathy et al., 2025).

Ugyanakkor a túlzott hőhatás vagy oxidáció roncsolhatja az aminosavakat, csökkentve ezzel a biológiai értéket, illetve a Maillard-reakció különösen káros lehet, mivel a lizin aminosav cukormolekulákkal reakcióba lép, így az biológiailag inaktívvá válik (Ajomiwe et al., 2024).

A növényi fehérjék átlagosan alacsonyabb emészthetősége részben a sejtfalstruktúrából (cellulóz, lignin) és az antinutritív összetevőkből adódik (például fitátok, lektinek vagy tanninok), gátolják az emésztést, viszont különböző feldolgozási eljárásokkal a minőségük és tápanyag felszívódásuk javítható (Qin et al., 2022).

2.5. Az állati eredetű fehérjék

Az állati fehérjék teljes értékűek, azaz tartalmazzák mind a kilenc esszenciális aminosavat megfelelő arányban, valamint kiemelkedő oldhatósággal, emulgeáló- és vízmegkötő képességgel rendelkeznek (Day et al., 2022). Az állati fehérjék, mint a tej, a tejsavó, a tojás, a marhahús PDCAAS-értéke (Protein Digestibility-Corrected Amino Acid Score; a fehérje táplálkozási minőségének pontszáma) jellemzően 1 körüli érték, ezért komplettnek tekinthetők (Hertzler et al., 2020).

A tejben 6-7% fehérje található, a kazein micelláris formában van jelen (77-79%), ami megkönnyíti a kalcium és foszfát oldhatóságát, illetve ezek a fehérjék kiválóan emészthetők, és magas biológiai értékük miatt fontosak (Csapó and Csapóné, 2003). Jellemzően a tojásfehérje kiváló aminosav-összetétele és emészthetősége miatt az egyik legjobb fehérjeforrás, emellett habképző és stabilizáló tulajdonságai miatt is kiemelkedő (Day et al., 2022).

A tej a kazein-foszfopeptidek és a laktóz révén elősegíti a kalcium felszívódását, valamint a magas fehérjebevitellel járó magasabb cukorbetegség-kockázattal ellentétben a tejtermékek, és különösen a tejsavófehérjék esetében a glükóz-anyagcserére és a glükóztoleranciára gyakorolt jótékony hatása ismert (Elmadfa and Meyer, 2017).

2.5.1. Marhakollagén és sertéskollagén peptid

A kollagén az állati eredetű fehérjék legnagyobb arányban előforduló komponense, a teljes testfehérje mintegy 30%-át alkotja, elsősorban a kötőszövetekben található meg, és fibrilláris szerkezete biztosítja a szövetek rugalmasságát és szakítószilárdságát (Hashim et al., 2015). Hideg vízben nem oldódik, viszont enyhén savas, erősen lúgos közegben melegítés hatására oldatba kerül (Csapó and Csapóné, 2003).

A kollagén peptidok a kollagén vagy zselatin hidrolíziséből származó hidrolizátum különböző méretű peptidok és aminosavak keveréke, amelyből izolálással, szűréssel és azonosítással kinyert, specifikus bioaktivitású oligopeptidok, azonosított szekvenciájú komponensek (Tang et al., 2022). Rendszerint 2-20 aminosavból állnak, összetételükben pedig a glicin, prolin, alanin, hidroxiprolin és glutaminsav dominál (Li et al., 2009).

A kollagén három polipeptid-láncból álló hármas hélix formát alkot, amelyet a glicin, prolin, hidroxiprolin ismétlődő aminosav összetétel jellemez, amelyek gélképző tulajdonságok szempontjából meghatározók, illetve rendkívüli hő- és mechanikai ellenállású tulajdonságokkal rendelkezik (Hashim et al., 2015).

A hidrolizált kollagén magas emészthetősége, jó oldhatósága és alacsony allergén potenciálja miatt ideális funkcionális élelmiszer-összetevő, számos élelmiszeripari termékben használják az állomány, a stabilitás javítására és a fehérjetartalom növelésére, előállításuk során sertéskollagén-peptidok hidrotermális eljárással készülhetnek, magas hőmérsékleten és nyomáson, majd ultraszűréssel frakcionálják őket (Hajj et al., 2024).

2.5.2. Tejsavófehérje alapú termékek

A tejsavófehérje-koncentrátum (WPC, Whey protein concentrate powder) fehérjetartalma legalább 80%. A tehéntej fehérjéi 2 csoportra oszthatók, körülbelül 80%-ban kazeint, és 20%-ban tejsavót tartalmaz, ahol a tejsavó a sajtgyártás során keletkező folyékony melléktermék,

amely egy összetett anyag: fehérjéket, laktózt, ásványi anyagokat, immunoglobulinokat és kis mennyiségben zsírokat tartalmaz, különösen gazdag elágazó láncú aminosavakban, amelyek hozzájárulnak a gyors fehérjeszintézishez és az emésztés gyorsabb lefolyásához, emiatt a WPC fogyasztása kifejezetten ajánlott edzések előtt és után (Tsermoula et al., 2021).

A tejben a savófehérjék aránya körülbelül 0,6–0,7%, és albumin- valamint globulinfrakciókból állnak, esszenciális aminosav-összetételük gazdagabb a kazeinénél, ezért biológiai értékük hozzávetőleg 20–30%-kal magasabb a kazein biológiai értékénél (Csapó and Csapóné, 2003). Egy fehérjével dúsított, kecsketej savóból készült ital kifejlesztése volt Garay és munkatársai (2021) célja, amely megfelel a sportolók táplálkozási igényeinek. A standard tejjal alapjául kecsketej savó szolgált, amelyet cukorral, őszibarackpéppel, ízesítővel, színezéssel és tartósítószerrel egészítettek ki. Az italt különböző koncentrációjú (5%, 7%, 9%) savófehérje-koncentrátummal dúsították, és érzékszervi tesztek alapján az 5%-os változatot választották ki. Ez a verzió 4,9 g fehérjét tartalmazott 100 ml-enként, ami a sportolók napi ajánlott elágazó láncú aminosav bevitelének 40%-át fedezte. Mind a standard, mind a dúsított ital magas, 90% feletti fogyasztói elfogadottságot ért el, és megfelelt az érzékszervi és mikrobiológiai stabilitási követelményeknek (Garay et al., 2021).

Lotfian és munkatársai (2019) a kutatásuk során a fejlesztett italt tojásfehérje porral (14% és 16%), kakaóporral, cukorral és stabilizáló anyaggal készítették, pasztörözött vagy sterilizált tej felhasználásával. A vizsgálatok során mérték a viszkozitást, az üledékképződést, a teljes szárazanyag- és fehérjetartalmat, valamint az aminosav-összetételt. A tojásfehérje hozzáadása jelentősen növelte az ital viszkozitását, miközben csökkentette a fáziselválást és az üledékképződést. Az ital jelentős mennyiségű esszenciális aminosavat (például leucin, lizin és valin) tartalmazott (Lotfian et al., 2019).

2.6. Növényi eredetű fehérjék

A növényi eredetű fehérjék a hüvelyesekből, gabonákból, olajos magvakból és diófélékből származnak, és több szempontból is fenntarthatóbb és egészségesebb alternatívát kínálnak az állati eredetű fehérjékkel szemben. Az emészthetőségük mellett fontos vizsgálni a technofunkcionális viselkedésüket is.

Egyes esetekben olyan összetevők is jelen lehetnek, amelyek megnehezítik a felhasználással készült ételek emésztését és felszívódását, ezáltal mérséklik a tápanyagok hasznosulását, ezeket a vegyületeket antinutritív anyagoknak nevezzük. A hőre érzékeny antinutritív anyagok közé tartoznak a tripszin- és kimotripszin-gátlók, amelyek elsősorban a hüvelyesek magvaiban, valamint a gabonafélék magjaiban fordulnak elő (Csapó and Csapóné, 2003).

Egyes fehérjék funkcionális viselkedését Sarathy és munkatársai (2025) vizsgálták, például egyes növényi fehérjék oldhatósága pH- és hőmérsékletfüggő, képesek stabil olaj-víz emulziók létrehozására, különösen hő- vagy enzimkezelés után. Funkcionális tulajdonságaik enzimes hidrolízissel, pH-kezeléssel vagy kémiai módosítással javíthatók, de ezek a beavatkozások gyakran csökkentik az aminosavak biológiai hozzáférhetőségét, illetve a polifenollokkal képzett fehérjekomplexek javítják a hőállóságot (Sarathy et al., 2025).

2.6.1. Szójafehérje

A szója érett, száraz magja 35–40% fehérjét, 20% lipidet, 9% élelmi rostot és 8,5% nedvességet tartalmaz. A szójafehérje két fő frakciója az albumin és a globulin (Qin et al., 2022). Az izolátum 90% feletti fehérjetartalmú, és a növényi fehérjék közül a konzisztencia javító hatása és aminosav összetétele a legjobb (Csapó and Csapóné, 2003). Rendszerint lúgos extrakcióval és pH 5 körüli izoelektromos kicsapással készül, jellemzően az oldhatóságot célzott szerkezetmódosítással javítani lehet, például hővel, amely következményeként a gélesedés, emulgeáló-képesség és emészthetőség javulhat, míg az oldhatóság romlik (Akharume et al., 2021). Áztatás, csíráztatás, fermentálás, hőkezelés, eltávolítja a sejtfalakat és jelentősen csökkenti az antinutritív anyagokat, emellett a szója-izolátumok jellemzően magas emészthetőségűek, 96% feletti (Hertzler et al., 2020). A szójakészítmények B₁ és B₂ vitamin és niacintartalma, folsav tartalma kiemelkedő, kalcium, magnézium, cink, különösen vastartalma jelentős (Csapó and Csapóné, 2003). Összevetve a tejsavóval és a tejjel, a növényi fehérjék közül a szójáé áll legközelebb az aminosav-összetételükhöz (Qin et al., 2022).

2.6.2. Rizsfehérje

A rizsben a fehérjék fő tömegét, 60-80%-át glutelin teszi ki, emellett 4,22% vízdoldékony albumin, 5,13% sóoldékony globulin és 1,5% alkoholban oldódó prolamin található, a PDCAAS-értéke jellemzően 0,39–0,76, magas energiaértékkel rendelkezik a magas szénhidrát-tartalom miatt, illetve a benne található fehérjék többsége rossz oldhatóságot mutat a viszonylag nagy molekulatömegek miatt (Hoogenkamp et al., 2017).

2.6.3. Borsófehérje

A borsó 20–36% fehérjét, 40–50% keményítőt és 10–20% rostot tartalmaz, PDCAAS-értéke jellemzően 0,78–0,91, a legkiemelkedőbb ásványi elem a kálium, amely a borsó száraz és hántolt tömegében található, ezt követi a foszfor, a magnézium és a kalcium, illetve gazdag B-vitaminokban, valamint jelen vannak benne a magas lizin- és treonintartalmú esszenciális aminosavak is, viszont hiányoznak azonban belőle a kéntartalmú aminosavak, beleértve a metionint és a ciszteint (Shanthakumar et al., 2022). A borsófehérje emészthetősége alacsony,

a magas arginin tartalom miatt, és általánosan elmondható, hogy a hüvelyesek fehérjei albuminokra, globulinokra, prolaminokra és glutelinekre bonthatók (Shrestha et al., 2021).

2.6.4. Csillagfürtmag fehérje

A csillagfürtfajok magvaiban megközelítőleg 20 féle lupin-alkaloid azonosítható, de célzott nemesítéssel olyan édes csillagfürt fajokat hoztak létre, amelyek gyakorlatilag alkaloidmentesek, diós ízjegyeket hordoznak, és kedvezően alkalmazhatók élelmiszerekben (Csapó and Csapóné, 2003).

A csillagfürtmag magas fehérje- (30-42%) és rosttartalmú (30-41%), keményítőt alig tartalmaz, gluténmentes, fehérjei döntően globulinok, amelyek a teljes fehérje nagyjából 87%-át adják, de a fajta szerint változhat (Lo et al., 2021). A fehérjeösszetétel és a fehérjedenaturáció mértéke befolyásolja a fehérje oldhatóságát, tehát minél nagyobb az alacsony denaturációjú és aggregációjú fehérjék extrakciója, annál nagyobb a fehérjeizolátumok oldhatósága (Shrestha et al., 2021). Az oldhatóság minimuma pH 4-4,5 közötti, de savasabb vagy lúgosabb pH felé távolodva erősen nő, illetve jellemzően a fehérje-diszperziói nem newtoni folyadékként viselkednek, nyírásra vékonyodnak (Lo et al., 2021).

2.6.5. Kendermagfehérje

A kendermag-fehérje izolátum fehérjetartalma 84%, lúgos kivonással és izoelektromos kicsapással állítják elő, általában elmondható, hogy az oldhatóságának minimuma pH 3-4 közötti, ettől savasabb vagy lúgosabb közegben az oldhatóság nő és a funkcionális viselkedés erősen függ a pH-tól és a fehérjekoncentrációtól, illetve az izolálás növeli az arginin, lizin arányt, ami kedvező kardiometabolikus hatásokkal társítható, habképzése a pH 3-on a legjobb (Malomo et al., 2014).

2.6.6. Chiamag fehérje

A chia mag fehérjetartalma megközelíti a 20%-ot, a fehérjék 18 aminosavat, köztük 10 esszenciálisat tartalmaznak, a magból való fehérje kinyerése tipikusan lúgos extrakcióval és savas kicsapással történik, a kapott izolátumok fehérjetartalma 90%, az izoelektromos pont pH 3 körüli, ahol az oldhatóság a legalacsonyabb, jellemzően semleges pH-n oldhatósága korlátozott (Chen and Luo, 2024).

2.6.7. Tökmag fehérje

A tökmagfehérje-izolátum hő hatására erősebb gélt ad, mint a szója- és borsófehérje-izolátum, ezt a magas felületi hidrofóbicitás és az oldhatatlan részecskék kitöltő hatása okozza, illetve az izoelektromos tartomány közelében, pH 4-5 között nagy, oldhatatlan aggregátumokat képez,

rontja az oldhatóságot és gyengíti a gél tulajdonságait, ahol a gélképzésében a diszulfidkötések szerepe kisebb, mint a szója- és borsófehérjében, ahol azok meghatározók (Zeng et al., 2023).

2.6.8. Szezám-mag fehérje

A szezám-mag fehérjéinek többségét a globulinok adják, kisebb arányban albuminok, glutelinek és prolaminok találhatóak, jellemzően az oldhatóság minimuma az izoelektromos pont közelében (pH 4-5) figyelhető meg, általában gyengébben oldódik és kisebb víz- és zsírfelvevő képességgel rendelkezik, ugyanakkor emulgeáló és habképző teljesítménye sok esetben felülmúlja a szója fehérjét, kifejezett pH-függéssel (Achouri et al., 2012).

2.6.9. Mandulafehérje

A benne található fehérje mennyisége 18-26%, emellett egyszeresen és többszörösen telítetlen zsírsavakból áll, együttesen javítják a vér lipidprofilját, csökkentik a kis sűrűségű lipoprotein koleszterint miközben növelik nagy sűrűségű lipoprotein szintet, emellett az olajsav és a növényi szterolok gátolják a koleszterin felszívódását, az E-vitamin pedig megakadályozza a kis sűrűségű lipoprotein oxidációját (Younis et al., 2025).

A mandulafehérje-izolátumnak savas közegben nagyobb az olajmegkötő képessége, illetve jó hab- és emulzióstabilitással rendelkezik, a belőle készült oldatok kevésbé viszkózusak, mint a szójafehérje-izolátummal készültek (Sze-Tao and Sathe, 2000).

Az mandulafehérje-izolátum oldhatósága semleges és lúgos oldatokban magas volt Devnani és munkatársai (2021) kísérletében, 80% körül mozgott, savas tartományban, pH 3–4 között viszont oldhatósága magasabb volt. Ez ellentétben áll a legtöbb növényi fehérjeizolátummal, beleértve a dióból, szójaból, borsóból és csicseriborsóból származókat is, amelyek minimális vagy alacsony oldhatósággal rendelkeznek ebben a pH-tartományban (Devnani et al., 2021). A mandula rendszeres fogyasztása elősegíti a kedvező bélbaktériumok (*Lactobacillus* fajok, *Bifidobacterium* fajok) szaporodását (Younis et al., 2025).

3. Alkalmazott módszerek

3.1. Anyagok és mintaelőkészítés

3.1.1. A minták előkészítéséhez használt anyagok

A kávé ízesítésű tojásfehérje alapú mintáim elkészítése során ToTu ital (2. ábra) tojásfehérje készítményt (300 g) használtam, melyet a Capriovus Kft. (Szigetcsép, Magyarország) gyártott és biztosított számomra. A készítmény „A” osztályú, friss tyúktojás felhasználásával készült, a tojássárgájától elválasztották a fehérjét, majd utóbbit homogénezték, pasztőrözték, és az előállított tojásfehérje koncentrációjával készült. Dézsmazáras műanyag palackba töltötték, 300 g-os kiszerelésben. Minőségmegőrzési ideje 30 nap, 0 és 4 °C közötti hőmérsékleten. Kiváló fehérjeforrásként szolgál, hiszen 100 g termék 6 g fehérjét tartalmaz.

2. ábra. ToTu ital
(Forrás: Internet5)



Kísérleteim során ToTu ital tojásfehérje készítményhez különböző anyagokat adtam, hogy megfigyeljem oldhatóságukat, állományukat. Minden mintához instant kávé (Nescafé Classic, Nestlé Hungária Kft.), kereskedelmi forgalomban kapható eritritet (Bulkshop, Budapest, Magyarország), illetve különböző fehérjeporokat adtam, tulajdonságaikat M1, M2, M3 melléklet tartalmazza.

A felhasznált növényi eredetű fehérjék közül a szójafehérje por (Dénes-Natura Szójafehérje izolátum, Dénes-Natura Kft.) 87%-kal a legmagasabb fehérjetartalommal rendelkezett, míg a rizsfehérje por (BioMenü Bio Rizsfehérje por, Caleido IT-Outsource Kft.) 83,3%, a borsófehérje izolátum (Vegan Protein Borsó fehérje izolátum, Hofood Kft.) 75%, a tökmagfehérje por (Prana Bio Tökmag fehérje, Nol-Sweet Kft.) 60% fehérjét tartalmazott.

A vizsgált fehérjeporok közé tartozott még a szezámfehérje por (Bio szezámfehérjepor, Raab Vitalfood GmbH) 55%, a mandulafehérje por (Mandulafehérje por, Balance Food Kft.) 50-55%, kendermagfehérje por (BioMenü Bio Kendermag fehérje por, Caleido IT-Outsource Kft.) 50%, a csillagfürtmag fehérjepor (Bio csillagfürtmag fehérjepor, joy.foods GmbH) 39%, a chia fehérjepor (Prana Bio Chia fehérje, Nol-Sweet Kft.) 25% fehérjetartalommal.

Az állati eredetű fehérjék közül a tejsavófehérje-koncentrátum (WPC 80 instant, Buda Family Kft.) 80%, a sertéskollagén peptid (GAL- Sertéskollagén peptidek, GAL SynergyTech Zrt.) 90%, marhakollagén peptid (GAL- Marhakollagén peptidek, GAL SynergyTech Zrt.) 90%, tojásfehérje por (Porlasztva szárított tojásfehérje, Capriovus Kft.) 83% fehérjét tartalmazott.

3.1.2. Előkísérlet

Korábbi kutatások során kifejlesztett ToTu kávé ital receptúráját követve elsőként elkészítettem egy kávé és eritritet tartalmazó kontroll mintát. Ehhez 100 g termékhez 10 g eritritet és 1 g instant kávé kevertem. Ezután elkészítettem a többi mintát a 2. táblázatban meghatározott összetevők arányában. Összesen 13 féle fehérjeport vizsgáltam, és különböző %-os arányban (3%, 5%, és 7%) dúsítottam az italokat. 100 g -os adagot készítettem minden minta esetében. Hűtőszekrényben 0 és 4 °C között tárolt ToTu italt kísérletem megkezdésekor kivettem. Ehhez a por állagú készítményeket a gyártói előírásokat követve először összekevertem, valamint a ToTu ital tojásfehérje készítményt külön kimértem egy-egy főzőpohárba, laboratóriumi mérleg segítségével.

2. táblázat. Előkísérlethez használt minták összetevői és azok mennyisége
(Forrás: saját szerkesztés)

Összetevők	Mennyiség (g /100 g)
instant kávé	1 g
eritrit	10 g
3% fehérjepor hozzáadásakor:	
- ToTu ital tojásfehérje készítmény	86 g
- Fehérjepor	3 g
5% fehérjepor hozzáadásakor:	
- ToTu ital tojásfehérje készítmény	84 g
- Fehérjepor	5 g
7% fehérjepor hozzáadásakor:	
- ToTu ital tojásfehérje készítmény	82 g
- Fehérjepor	7 g
Aroma hozzáadásakor:	
Marhakoll_p_N: - narancsolaj	0,4 g
Marhakoll_p_V: - vanília aroma	0,4 g
Sertéskoll_p_K: - kókusztejpör	1 g
Tojásfeh_M: - mogyoró aroma	1 g

A kimért ToTu italt mikrohullámú sütőbe helyeztem fél percre, majd ennek lejárta után homogenizáltam a kimért anyagokkal. Ezt követően Robot coupe Mini MP 190 V.V. készülékkel (3.ábra), 2 percig homogenizáltam a mintákat. 100 ml-es mintatartókba töltöttem a vizsgálandó mintákat, majd a laboratóriumi hűtőszekrénybe helyeztem őket 4 °C -ra. Két nap elteltével megfigyeltem, hogy mennyire ülepedtek le a mintatartó aljára, majd az elkészítésükkel készített képekkel hasonlítottam össze a mintákat, illetve érzékszervi

vizsgálattal választottam ki a különböző koncentrációjú mintákból a kellemes ízvilágú mintákat minden fehérjepor esetében. Ha túl erősnek, karakteresnek bizonyult a termékben egy-egy fehérjepor, úgy annak a használatát elvettem.

3. ábra. Robot coupe Mini MP 190 V.V. készülék
(Forrás: saját fénykép)



A kísérlet következő részében az eredmények alapján kiválasztottam a legjobbnak bizonyult fehérjeporokat, melyek az alábbiak voltak: mandulafehérjepor, sertéskollagén peptid, marhakollagén peptid, tejsavófehérje-koncentrátum (WPC), és tojásfehérje por. A további kísérleteket ezek felhasználásával végeztem el. A fehérjeporokat a már korábban megfelelőnek talált koncentrációban használtam. A sertéskollagén peptidből 5 m/m%-ot, vagyis 100 g-os mintához 5 g-ot kevertem, míg a maradék négy fehérjeport tartalmazó termékeknél a választott arány 3 m/m% lett. A mintákhoz kereskedelmi forgalomban kapható aromákat és ízesítőket adagoltam, (szintén a 2. táblázatban ismertetett receptúra, koncentrációk alapján) az egyes fehérjeporok ízének, illatának kialakítása, javítása szempontjából. Ezeknek a termékeknek a gyártója, összetevői az 3. táblázatban látható.

3. táblázat. Mintákhoz felhasznált kereskedelmi forgalomban kapható aromák, ízesítők
(Forrás: saját szerkesztés)

Név	Gyártó	Összetevők	Megjelenés	Ajánlott adagolás
Mogyoró aroma- GyK decor	Gyertyakovács Kft.	aromakészítmény, víz, hordozó: propilénglikol (E1520), sűrítőanyag: xantángumi (E415), tartósítószer: nátriumbenzoát (E211)	gél állagú, törökmogyoró ízű aroma	3-5 g/kg
Prana Bio narancsolaj	Nol-Sweet Kft.	100% bio narancsolaj	világos narancssárga/sárgás színű folyadék, állaga olajszerű, illata friss, édes, citrusos	pár csepp ízlés szerint a kívánt termékhez
Dr. Oetker vanília aroma	Dr. Oetker Kft.	ivóvíz, propilénglikol, színezék (karamell (E150a)), aroma, 0,2% etilalkohol	enyhén barnás színű folyadék, intenzív vaníliás ízű	2 ml 500 ml folyadékhoz
Trigramm Kókusztejpör	Ko-Ko Impex Kft.	kókusztejpör, csomósodást gátló anyag: maltodextrin	fehér/világos krémszínű por, állaga könnyű és porózus; Íze jellegzetesen édes, gazdag kókuszaromával	Sovány kókusztej készítéséhez 1-2 teáskanál kókusztejpört keverjen el 100 ml vízben
dmBio örölt bourbon vanília	dm Kft.	örölt bourbon vanília ellenőrzött ökológiai gazdálkodásból	apró, finom, világosbarna színű por, bourbon vanília jellegzetes, aromás illata és íze	néhány g ízlés szerint

Mind az öt fehérjénél 2 különböző ízesítő koncentrációjú mintát készítettem, mind az öt ízesítővel, hogy megállapítsam a megfelelő mennyiségüket, intenzitásukat. Az ízesítőkből egy karakteresebb és egy kevésbé intenzív íz kialakításához 1 m/m% és 0,4 m/m% mennyiségben adtam a mintákhoz aromákat. A Café Frei választékban megtalálhatók az édes, krémes ízek, mint a vanília, mogyoró, kókusz és emellett megjelennek a gyümölcsös és egzotikus kombinációk, mint a narancsos. Az Café Frei ízvilága a nemzetközi trendeket követi, és a különleges ízélményt kereső fogyasztókra épít. A kísérletem során használt ízesítőket ez alapján választottam, hiszen több kávé jellegű készítményben felhasználjuk őket.

A vizsgálat során itt is minden minta esetében 100 g-os adagot állítottam elő. A por állagú készítményeket a gyártói előírások alapján előzetesen összekevertem, míg a ToTu tojásfehérje italt külön-külön kimértem főzőpoharakba, laboratóriumi mérleg segítségével. A kimért ToTu italokat fél percre mikrohullámú sütőbe helyeztem, majd az előmelegítés után hozzáadtam az előzőleg előkészített por alapú anyagokat. Ezután a keverékeket Robot coupe Mini MP 190 V.V. készülékkel 2 percig homogenizáltam. A homogenizált mintákat mintatartóba töltöttem, majd hűtőszekrényben tároltam 4 °C-on. Két nappal később megfigyeltem ennél is, hogy mennyire ülepedtek le az anyagok a mintatartók aljára. Ehhez a minták elkészítésekor készített képekkel hasonlítottam össze. Ezt követően szintén minden fehérje esetében érzékszervi vizsgálatot végeztem. Ebben az esetben is, ha nagyon intenzív lett a terméknek az aromavilága az adott fehérjepornál, akkor azt az ízesítést elvettem, vagy a kisebb mennyiséggel vizsgáltam tovább a mintákat.

3.1.3. A fő kísérlet

Az előkísérleteim során levont következtetéseim alapján végeztem el a dolgozatom fő kísérletét. Az előkísérleteim eredményeit az Eredmények fejezet első alfejezetében ismertetem. A fő kísérletemben 100 g helyett 250 g-os mintákat készítettem a receptúra alapján, a már kiválasztott 5 db fehérjeporral (mandula-, tojásfehérjepor, WPC, sertés-, és marhakollagén peptid), melynek összetevői és arányai szintén a 2. táblázatban találhatóak. Minden fehérjével először aromák, ízalkakítók nélkül készítettem a mintákat, majd 3 m/m% tojásfehérje por esetében 1 m/m% mogyoró aromát, 5 m/m% sertéskollagén peptidnél 1 m/m% kókusztejpport, valamint 3 m/m% marhakollagén peptidnél 0,4 m/m% narancsolajat, illetve 0,4 m/m% vanília aromát használtam a fehérjék mellékízének javítása érdekében. A mandulafehérjeporos, illetve a WPC mintáknál nem alkalmaztam hozzáadott aroma anyagokat. Az ezekből készült kávé minták pH-jának, színének, szárazanyag-tartalmának és reológiai tulajdonságainak változását

vizsgáltam a továbbiakban. A 3. oldalon található Jelölések és rövidítések jegyzékében leírtak szerint fogom a dolgozatom további fejezeteiben jelölni az egyes minták nevét, összetételüket.

3.2. Vizsgálati módszerek

3.2.1. pH mérés

Az elkészített, egyes fehérjeporokat tartalmazó (mandula-, tojásfehérjepor, WPC, sertés- és marhakollagén peptid), kávé ízesítésű tojásfehérje alapú minták pH értékének meghatározásához folyadékokhoz való pH mérőműszert (Testo 206-pH1, Testo SE & Co. KGaA, Titisee-Neustadt, Németország) alkalmaztam (4. ábra), amelyet a mérések kezdése előtt kalibráltam. A kísérletet 4°C -os mintákkal készítettem, minden minta esetében 3 párhuzamos mérést végeztem. Minden minta között a mérőelektrodát megtisztítottam desztillált vízzel, és szárazra töröltem.

4. ábra. Testo 206-pH1 folyadék pH mérő műszer
(Forrás: saját fénykép)



5. ábra. Konica Minolta CR-400 színmérő készülék
(Forrás: saját fénykép)



3.2.2. Színmérés

A hűtött, fehérjeporral dúsított tojásfehérje alapú tejtermékhelyettesítő minták színének méréséhez Konica Minolta CR-400 (Konica Minolta Sensing Inc., Osaka, Japan) típusú színmérő készüléket használtam, amely az 5. ábrán látható. A CIE Lab színtér pontos, emberi színérzékeléshez illeszkedő paramétereket használ a színek leírására. Az L^* érték a világossági tényező, az a^* a vörös-zöld színtényező, míg a b^* a sárga-kék színtényező. Ez a háromdimenziós rendszer lehetővé teszi a szín egyértelmű és összehasonlítható meghatározását. A minták színének mérését Petri-csészékbe öntve, illetve fóliazáróval lezárt műanyag tasakokba helyezett mintákon végeztem el, Konica Minolta CR 410 típusú kézi digitális színmérő műszer segítségével. A készülékkel rögzítettem az adott minták L^* , a^* és b^* értékeit, amelyek alapján pontos képet kaptam azok színbeli jellemzőiről. Ehhez először fehér etalon ellenében kalibráltam a készüléket a mérések elkezdése előtt, majd a Petri-csészébe

töltött mintáknál frissen tartó fólián, és a tasakok csomagolóanyagául használt PA-PE fólián keresztül kalibráltam a készüléket fehér etalonon. Ezután a kávé ital minták színét a csomagolóanyagokon keresztül rögzítettem. Minden mintánál 5 párhuzamos mérést végeztem, és az ebből kapott értékeket átlagoltam.

A színínger-különbséget, vagyis a ΔE^*_{ab} értéket a CIE Lab színtérben két színpont közötti távolságként értelmezzük. Ez a távolság geometriai értelemben háromdimenziós euklideszi térben mérhető, és kiszámítása a térbeli Pitagorasz-tételen alapul. A ΔE^*_{ab} így a két szín közötti objektív eltérés mértékét fejezi ki, amely alkalmas különböző minták színazonosságának vagy színeltérésének kvantitatív értékelésére. Ez, ha minél nagyobb érték, annál jobban látható a két szín közti különbség. Számításának módja az alábbi egyenlet alapján történik:

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(L_a^* - L_b^*)^2 + (a_a^* - a_b^*)^2 + (b_a^* - b_b^*)^2} \quad (1. \text{ egyenlet})$$

A korábban 4.1.3. A fő kísérlet alfejezetben ismertetett minták között számoltam ΔE^*_{ab} értékeket. A kapott eredmények alapján a 4. táblázatban leírtaknak megfelelően meghatároztam, hogy az emberi szemmel miként érzékeljük a két minta közti különbséget.

4. táblázat. Érzékelt szín különbségek a szemünkkel és ΔE^*_{ab} színkülönbség kapcsolata
(Forrás: Dalmadi, 2009)

ΔE^*_{ab}	Szemmel érzékelhető eltérés
$\Delta E^*_{ab} \leq 0,5$	Nem érzékelhető
$0,5 < \Delta E^*_{ab} \leq 1,5$	Alig észrevehető
$1,5 < \Delta E^*_{ab} \leq 3,0$	Észrevehető
$3,0 < \Delta E^*_{ab} \leq 6,0$	Jól látható
$6,0 < \Delta E^*_{ab}$	Nagy

3.2.3. A minták szárazanyag-tartalmának meghatározása

A minták szárazanyag-tartalmának meghatározásához először feliratoztam a Petri-csészéket, majd a Petri-csészék tömegét analitikai pontossággal lemértem, és a mérleget táráztam. A bemért edényekbe 1,5–2 g kávé ital mintát adagoltam. A mérést 105°C-os klasszikus szárítószekrényben végeztem, tömegállandóságig szárítottam a mintákat. A szárítás után, egy üvegfogó csipesz segítségével kivettem a Petri-csészéket, szobahőmérsékleten hagytam lehűlni, majd újra megmértem a tömegüket. Végül a visszamaradó tömegből és a bemért italminta tömegéből kiszámítottam a minták szárazanyag-tartalmát, a visszamaradt anyagot tömegszázalékban határoztam meg (2. egyenlet). Ezt a mérést minden mintánál háromszor megismételtem.

$$SZ\% \left(\frac{g}{100g} \right) = \frac{\text{visszamért tömeg} - \text{petricsésze tömege}}{\text{bemért minta tömege}} * 100 \quad (2. \text{ egyenlet})$$

3.2.4. Reológiai tulajdonságok tanulmányozása

A rotációs reométer (6. ábra) egy precíziós műszer a folyadékok, és viszkózus (folyási tulajdonsággal bíró) anyagok reológiai tulajdonságainak vizsgálatára. Az eszköz forgó mozgást alkalmazva méri az anyag viszkozitását és egyéb reológiai paramétereit, például a nyírási viselkedést vagy a tixotrópiát. Mintáim esetében a rotációs reométerrel meghatározható a viszkozitásuk különböző hőmérsékleteken és nyírási sebességeken. A készülék a viszkozitás mellett képes a nyírási feszültség, nyírási sebesség, és veszteségi modulus mérésére is, így átfogó képet ad az anyag áramlási és deformációs viselkedéséről. A mérés során a mintába helyezett mérőtest forgó mozgása révén határozza meg a szükséges nyomatékot, és ebből számolja ki a viszkozitást vagy egyéb reológiai jellemzőket, illetve a berendezés rendelkezik PTD (Peltier Temperature Device) hőmérsékletszabályzóval, amely lehetővé teszi a pontos hőmérséklet-vezérlést, ez kritikus szerepet játszik sok anyag reológiai viselkedésének pontos értelmezésében (Mezger, 2014).

A kávé ízesítésű, tojásfehérje alapú minták reológiai tulajdonságait Anton Paar MCR 92 típusú reométer segítségével elemeztem (Graz, Ausztria). A vizsgálatokat rotációs üzemmódban végeztem, koncentrikus hengeres mérőrendszerrel (Hidas, 2022). A nyírófeszültség mérése 10-től 500 1/s-ig terjedő növekvő, majd csökkenő nyírási sebesség mellett történt minden fehérjével dúsított kávé ital esetén. A vizsgálatokat 20°C-on hajtottam végre, ezért a mintákat előzetesen temperáltam, miután kivettem őket a laboratóriumi hűtőből. A kiértékelés során a lassuló szakasznál kapott eredményeket használtam fel. A kapott eredmények alapján folyásgörbéket készítettem, amelyek a nyírási sebességhez tartozó nyírófeszültség értékeket ábrázolják. Emellett viszkozitásgörbéket is készítettem, ahol a nyírási sebesség függvényében a látszólagos viszkozitást tüntettem fel. A folyásgörbék értékelésére a Herschel–Bulkley modellt alkalmaztam. Microsoft Excel 365 Solver eszközével végeztem modell paramétereinek illesztését, a legkisebb négyzetek módszerével, ahol a τ_0 , K és n szolgáltak változóként, melyet a 3. egyenlet alapján számoltam. A célom volt a mért és számított értékek eltérésének négyzetösszegét minimalizálni. Minden minta esetében három párhuzamos mérést hajtottam végre.

6. ábra. MCR 92 reométer (Anton Paar, Graz, Ausztria) (Forrás: saját fénykép)



$$\tau = \tau_0 + K \left(\frac{d\gamma}{dt}\right)^n \quad (3. \text{ egyenlet})$$

Az egyenletben a τ a nyírófeszültség (Pa), τ_0 : folyáshatár (Pa), K: konzisztencia koefficiens ($\text{Pa}\cdot\text{s}^n$), $d\gamma/dt$ a nyírási sebesség (1/s) és n a folyásindex (amely a Newtoni folyadékok esetében $n=1$)(Hidas, 2022).

3.2.5. Érzékszervi vizsgálatok

Az érzékszervi vizsgálatot a kiválasztott 5 db fehérjeporral, valamint ezeknek az aromával ízesített mintáival végeztem, így összesen 9 féle mintát minősítettek a bírálók. A mintakészítés után egy nappal végeztem az érzékszervi bírálatokat. Randomizált három számjegyű kódokkal láttam el a mintákat, amelyeket a bírálók az elkészítést követően a következő napon bíráltak. A bírálók laikus bírálók voltak, összesen 19 fő vett részt. Kedveltségi tesztet végeztem, amely során 5 db bírálati szempontot határoztam meg, szín, illat, íz, állomány, összbenyomás, valamint kiválaszhatták, hogy melyik minta lett a kedvencük, és melyikeket vásárolnák meg szívesen. A bírálók a bírálati lapon (M4 melléklet tartalmazza), melyet papír alapon töltöttek ki 1-9-es skálán értékelték a minták érzékszervi tulajdonságait (1-egyáltalán nem tetszik, 9-nagyon kedvelem). Célom a minták összehasonlítása, hogy melyiknél érződik ki az egyes fehérjeporok mellékíze, illetve, meghatározom a hozzáadott fehérje mennyiséget, amelyet szívesen fogyasztanak a hétköznapokban. A bírálat eredményei alapján átlagot számoltam, és azokat értékeltem ki.

3.2.6. A kapott eredmények statisztikai elemzése

A mérési eredmények statisztikai feldolgozását az IBM SPSS Statistics 24 szoftver segítségével futtattam le 5%-os szignifikanciaszint figyelembevételével. Az adatsorok eloszlásának normális eloszlását Shapiro–Wilk próbával teszteltem, míg a szórások homogenitását Levene’s-féle teszttel ellenőriztem. A csoportok közötti különbségek vizsgálatához, a szignifikáns különbségek meghatározásához $p<0,05$ érték mellett egytényezős varianciaanalízist (ANOVA) alkalmaztam. Szignifikáns varianciaanalízis esetén a csoportok elkülönítését, amennyiben teljesült a szóráshomogenitás, Tukey-féle HSD próbával, ellenkező esetben Games–Howell teszttel végeztem. Az értékelés során az ábrákon bemutatott oszlopdiagramok felett elhelyezett kis betűkkel jellemeztem, hogy az adott adatok között volt-e szignifikáns különbség. A különböző kis betűk egymástól szignifikánsan eltérő értékeket jeleznek.

4. Eredmények és értékelésük

4.1. Az előkísérletek eredménye

4.1.1. Fehérjepor kiválasztása

A kávé ízesítésű tojásfehérje alapú mintáimat az elkészítést követően 2 napon keresztül hűtve tároltam laboratóriumi hűtőszekrényben 4°C-on, majd ezt követően kivettem megvizsgálni őket az érzékszervi jellemzőik alapján, illetve megfigyeltem, hogy melyik fehérje esetében ülepedett le a minta, amihez a mintakészítéskor készített képekkel vettem össze a mintákat. Majd az érzékszervi tulajdonságok vizsgálata előtt, kanál segítségével homogenizáltam őket. Az előkísérlet során megállapítottam, hogy nagy mennyiségű fehérjepor, 7 m/m%, már nem alkalmazható anélkül, hogy nagyon intenzív, poros íze lenne a mintának.

Jellemző tendencia volt megfigyelhető, mert minden növényi fehérje leülepedett nagyon hamar, kivéve a mandulafehérje. Mandulafehérje esetében édeskés, krémes állományú mintákat kaptam, amely kellemesebb textúrájú volt, ellentétben a többi növényi fehérjével. Ez a mandula természetes cukortartalma miatt volt érezhető, így csak a 3%-os arányban hozzáadott fehérje volt kellemes, marcipános ízű, hiszen a dúsabb változatok már töménynek bizonyultak. A csillagfürtfehérje íze semleges, kissé dióra emlékeztető, enyhén földes aromájú, így túlságosan kiérezhető volt a kávé italból, ennek okán ezt a fehérjét a további kísérletek során nem használtam. A kendermagfehérje por 3%-os arányban is teljesen leülepedett homogenizálást követő néhány percen belül, íze és illata szintén a csillagfürtéhoz hasonlóan enyhén diós, földes jellegű volt, színe viszont zöldesebb árnyalatú lett, mely ronthatja a termék megítélését, hiszen sokszor a vásárló a szín alapján dönt, hogy megveszi-e a terméket. A legkevésbé kedvező állományt a chiafehérjénél kaptam, mely sűrűbbé és zseléesebbé vált a folyadékban, ennek oka, hogy a chia nagy mennyiségű vizet képes megkötni. Sűrűbb, lisztes, szemcsés állomány volt megfigyelhető a rizs-, és szójafehérje esetén. Nehezebben oldódott, üledékes maradt, emellett enyhe kesernyés és fanyar utóízűt kölcsönzött a mintáknak. A borsófehérje vizsgálatakor (7. ábra) észrevehető volt, hogy kevésbé édes, mint más növényi fehérjék.

A szezámfehérje kissé fanyar utóízű volt, pörkölt szezámhoz hasonló aromát adott a mintának, valamint kisebb-nagyobb darabok érezhetőek, láthatóak voltak. Önmagában túl intenzív ízt adott a mintáknak, de megfelelő kombinációkkal (pl. mandula aroma) kellemesebbé tehető. A tökmagfehérjepor alkalmazásánál kissé zöldes mintát kaptunk. Enyhén fanyar tökmagos utóízzel rendelkezett, kissé szemcsés állagú lett, nehezen oldódott a ToTu italban.

7. ábra. Különböző arányú borsó-, és szójafehérjét tartalmazó minták
(Forrás: saját fénykép)



Az állati eredetű fehérjeporok használatakor a tojásfehérjepor esetében csak a 3%-os arány volt megfelelő, mivel ez nem ülepedett ki a mintatartóban, emellett kellemes, lágy textúrát kölcsönzött a mintának, a 5%-os mennyiségnél sűrű, krémes állományt adott (8. ábra).

A tejsavófehérje-koncentrátum alkalmazásánál szinte alig volt különbség a 3% és 5% között, íze édesebb, krémesebb lett a magasabb laktóztartalma miatt, így rosszul emészthető lehet egyes fogyasztók számára.

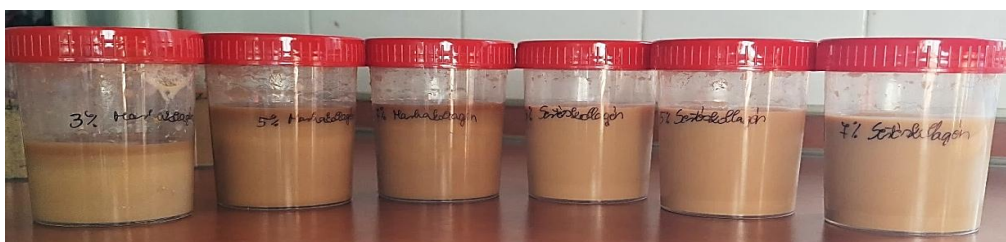
A sertés-, és marhakollagén peptidnél is tapasztalható volt, hogy hidrolizált kollagén révén könnyen oldódott, kevésbé sűrítette az italt, mint a növényi fehérjék, mivel nem tartalmaznak rostot, illetve közel semleges ízt kölcsönzött a terméknek (9. ábra).

Az előbbieken ismertetett szempontok alapján az előkísérletben elvégzett érzékszervi vizsgálat során az alábbiak bizonyultak megfelelőnek a következő koncentrációkban alkalmazva: 3 m/m% mandulafehérjepor, 5 m/m% sertéskollagén peptid, 3 m/m% marhakollagén peptid, 3 m/m% tejsavófehérje-koncentrátum, 3 m/m% porlasztva szárított tojásfehérje.

8. ábra. Különböző arányú tojásfehérjeport tartalmazó minták
(Forrás: saját fénykép)



9. ábra. Különböző arányú marha-, és sertéskollagén peptidet tartalmazó minták
(Forrás: saját fénykép)



4.1.2. Hozzáadott ízkialakítók kiválasztása

A fehérjeporok koncentrációjának meghatározását követően kereskedelmi forgalomban kapható ízesítőket adtam az öt kiválasztott mintához 2 különböző ízesítő koncentrációban, 1 m/m% és 0,4 m/m%-ban. A következő ízesítőket alkalmaztam: narancsolaj, vanília aroma, bourbon vanília őrlemény, kókusztejpör, mogyoró aroma. Gyártójuk, összetevőik az Előkísérlet alfejezetben a 3. táblázatban található.

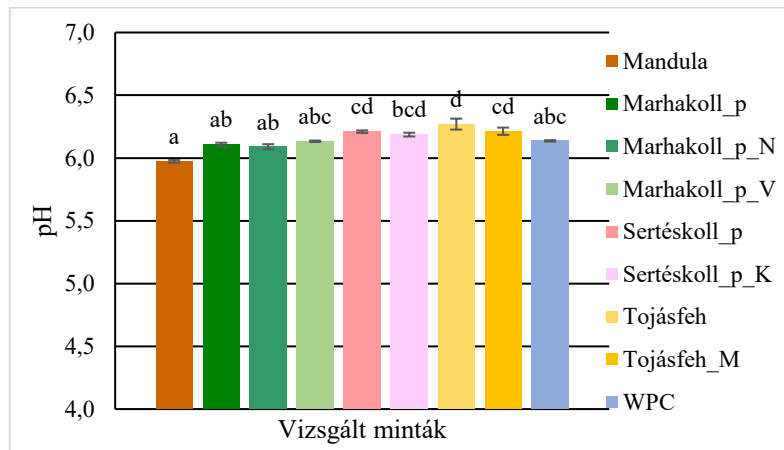
Az ízesített kávé italoknál volt a legkevésbé érezhető a fehérjék karakteres poros mellékíze. Megvizsgáltam tejsavófehérje-koncentrátumhoz, valamint mandulafehérjéhez adva őket, de az összes esetben kellemetlen mellékíz társult, illetve őrlött bourbon vanília hozzáadásánál leülepedett a fűszer, így a sima kávé ízesítésű tojásfehérje alapú minta kellemesebb ízűnek bizonyult. A vanília őrlemény ülepedésre való hajlamából kifolyólag a továbbiakban csak a folyékony aromát használtam, amely sokkal jobb aromakomponensként volt jelen. Tojásfehérje por ízvilága az 1 m/m% mogyoró aroma mennyiséggel harmonizált a legjobban. Míg a marhakollagén peptid esetében a 0,4 m/m% narancsolaj és 0,4 m/m% vanília aroma bizonyult a legjobbnak. A sertéskollagén peptidnél pedig 1 m/m% kókusztejpört tartalmazó termék felelt meg. Homogenizálás előtt megfigyelhető volt, hogy a minták tetején a narancsolaj, illetve a kókusztejpör szétvált az elkészített mintától, de ez a homogenizálás után már nem volt rájuk jellemző.

Az ízesítők hozzáadása során megállapítottam, hogy a következő ízesített kávé mintákkal érdemes a további kísérleteket végezni: a tojásfehérje por 1 m/m% mogyoró aromával, a marhakollagén peptid 0,4 m/m% narancsolajjal, illetve 0,4 m/m% vanília aromával, végül a sertéskollagén peptid 1 m/m% kókusztejpörrel.

4.2. A kiválasztott kávé minták pH-jának alakulása

A termékfejlesztés során a kapott pH értékek információt adhatnak a különböző minták eltarthatóságáról, illetve a vizsgálataim során megmutatják, hogy az egyes fehérjeporok, valamint hozzáadott ízesítők hogyan befolyásolták a pH-t. A pH mérés eredményeit a 10. ábra mutatja be.

10. ábra. pH értékek közötti különbség, összetevők hatása
(Forrás: saját szerkesztés)



Elmondható, hogy viszonylag kis pH tartományban, 5,8 és 6,27 között mozogtak a minták pH értékei. Továbbá meg kell említeni, hogy a ToTu ital a termékspecifikációja alapján pH 6,5 körüli értékkel rendelkezik, amelyet a hőkezelés során határoznak meg (Mourad et al., 2023). Megfigyelhető, hogy a hozzáadott fehérjék, alapanyagok hogyan befolyásolták a minták pH-ját. Eredményeiből látható, hogy a fehérjeporok, eritrit, instant kávé és egyes mintáknál az ízesítők lényegesen megváltoztatták, csökkentették a ToTu ital pH-ját. A mandulafehérjét tartalmazó mintánál látható, hogy szignifikánsan különbözik a tojásfehérje port, és marhakollagén peptidet tartalmazó mintáktól, de nem különbözik nagy mértékben a marhakollagén peptidet, WPC-t tartalmazó minták pH értékeitől.

A mandulafehérjét tartalmazó minta 5,8-as pH-ja volt a legalacsonyabb az összes minta közül. Ez az érték szignifikánsan alacsonyabb az összes állati eredetű fehérjével készített minta pH-jánál, melyek jellemzően 6,1 felett helyezkednek el. A feloldott mandula-fehérjeizolátum oldatok természetes pH-ját használták Sze-Tao és munkatársai (2000), ehhez a fehérjeizolátumot desztillált ioncserélt vízben diszpergálták, mely a mandulafehérje-izolátum esetén pH 6,46-os érték lett. Megvizsgálták a mintákat pH 5-ös és 8,2-es értéken is. Azért választották az 5-ös pH-t, mert ez közelebb áll a mandulafehérje izoelektromos pontjához, mivel esetében ez 4-5 közötti érték. A kutatással összevetve az eredményeimet megállapítható, hogy a mandula pH értéke miatt kaptam alacsonyabb pH értékeket ennél a mintánál.

A sertéskollagén peptides minták esetében látható, hogy a kókusztejpórá minimálisan levitte a termék pH-ját a sima sertéskollagén peptides mintához képest. Hasonló tendencia volt jellemző a marhakollagén peptiddel dúsított mintáknál a narancsolaj hozzáadásával, viszont ezzel ellentétben a vanília aroma kis mértékben növelte az ital pH értékét. A ToTu ital pH értékéhez legközelebb a tojásfehérje porral növelt minta esett, pH 6,27-es értékkel.

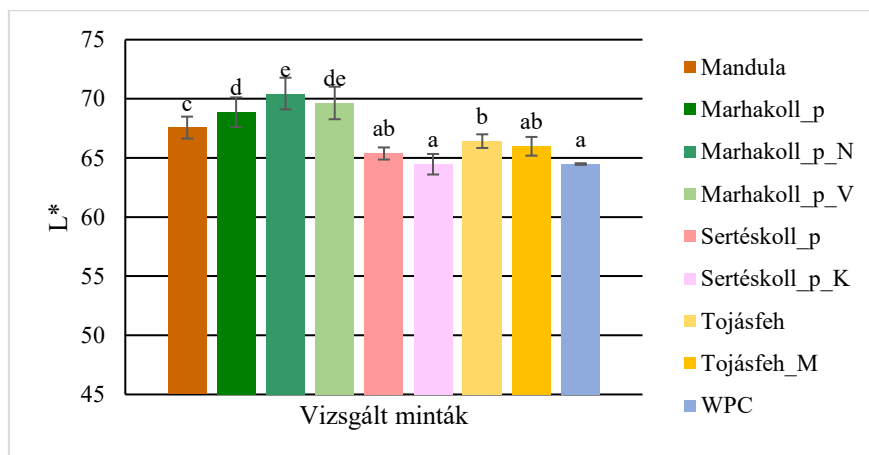
A minták pH változását összegezve elmondható, hogy az egyes fehérjék rendelkezhetnek pufferkapacitással, ami szintén befolyással van a pH-ra. Hiszen az ionogén csoportok átlagos előfordulási aránya körülbelül 0,1, ezért bármely fehérje oldata a tömegkoncentrációjához képest mérsékelt puffererőt biztosít (Righetti et al., 2001).

Megállapítható, hogy a mért pH eredmények közel semlegesek, 4,5-ös pH felett találhatók, így ezeknek a termékeknek a későbbi vizsgálata során megfelelő tartósítási módot kell megválasztani, illetve a minták korlátozott eltarthatósággal rendelkeznek, ezért indokolt tárolási kísérletet végezni mikrobiológiai vizsgálatokkal.

4.3. A kiválasztott kávé minták színének alakulása

A minták világossági tényezői (11. ábra), 64 és 71 közötti L^* tartományba estek, amely nem tekinthető nagy különbségnek. A világossági tényezőnél egy minta minél nagyobb értéket vett fel, annál világosabb volt.

11. ábra. A kiválasztott minták világossági tényezői
(Forrás: saját szerkesztés)



A világossági tényező értékeit szemléltető diagramon a mandulafehérjét tartalmazó minta L^* értéke alapján megállapítható, hogy szignifikánsan különbözött a többi mintától ($p < 0,001$), például a narancsolajat, marhakollagén peptidet tartalmazó italtól, nagymértékű változás volt tapasztalható, az elkészített minta viszonylag világos tónusú volt. A normalitás feltétele teljesült (Shapiro-Wilk $p = 0,804$), azonban a Levene-teszt szerint a szórások nem voltak homogének ($p < 0,001$), így a Games-Howell post hoc tesztet kellett alkalmaznom. Az eredmények alapján a marhakollagén minták, különösen a narancsolajos és vanília aromás minták, magasabb L^* értékekkel rendelkeztek, világosabbak voltak, szignifikánsan különböztek a többi mintától, mivel ezek a kávé italok alacsonyabb L^* értéket mutattak, ami sötétebb színárnyalatot jelentett.

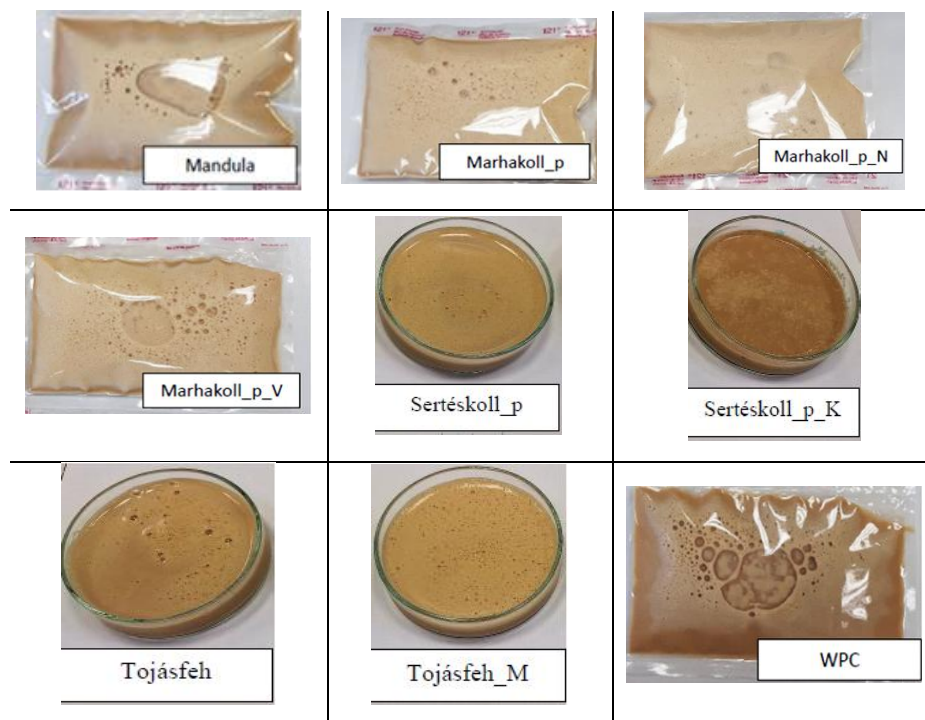
A legsötétebb minta a kókusztejjel ízesített sertéskollagén peptides kávé ital volt, amely 5 m/m% hozzáadott fehérjét, és 1 m/m% kókusztejszót tartalmazott, amely hatással volt a minta

L* értékeire. A legmagasabb világossági tényezője a narancsolajat tartalmazó marhakollagén peptides mintának lett köszönhetően a fehérjepor tulajdonságainak, továbbá a hozzáadott a narancsolajnak, valamint a statisztikai adatok alapján nem különbözött szignifikánsan a vanília aromát tartalmazó marhakollagén peptides mintától.

Az összes eredményt figyelembe véve elmondható, hogy a hozzáadott anyagok, aromák befolyásolhatták a minták színét, de ettől függetlenül ezek az eltérések nem számítanak nagy különbségnek.

A 11. ábrán kapott értékek összevethetők a 12. ábrán található minták képeivel, melyek alapján valóban a marhakollagén peptiddel dúsított minták voltak a legvilágosabbak, valamint a kókusztejport tartalmazó sertéskollagén peptides minta, és tejsavófehérje-koncentrátumos minta hasonlóan sötétebb volt a többinél.

12. ábra. Színmérés során szabad szemmel megfigyelhető különbségek minták között
(Forrás: saját fénykép)



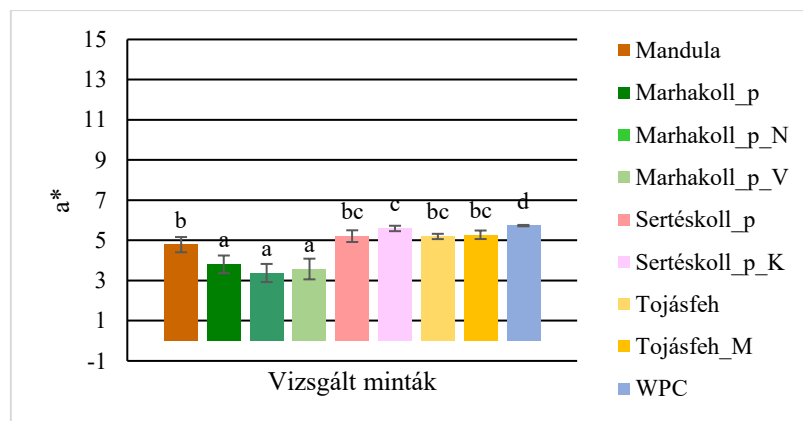
A minták a* értékei alapján elmondható, hogy a pozitív tartományba, inkább a vöröses színezeti tényező tartományában tér el a vörös-zöld hányados, a kapott értékek 0 és 6 közé estek (13. ábra), ebből adódóan kisebb eltérések voltak megfigyelhetők a minták között. Az egytényezős varianciaanalízis alapján statisztikailag igazolható különbség volt megfigyelhető az egyes minták értékei között ($p < 0,001$). A normalitás feltétele teljesült (Shapiro–Wilk $p = 0,415$), azonban a szórások nem voltak homogének (Levene-teszt $p = 0,001$), ezért a Games-Howell post hoc tesztet alkalmaztam. A mandulafehérjével dúsított minta a marhakollagént tartalmazó minták után volt a legjobban vöröses színezetű. A mandulafehérjét tartalmazó minta vörös

színezete és a tojásfehérje port tartalmazó minták a^* értékei nem különböztek szignifikánsan egymástól. A mandulafehérjét és az állati eredetű fehérjéket tartalmazó minták között nem volt számottevően nagyobb különbség.

Továbbá meg kell említeni, hogy az a^* értékek azt mutatják, hogy az marhakollagén peptides minták vörös színezete a legkisebb, ettől szignifikánsan eltér a többi minta vörös színezete. A sertéskollagén peptides mintának a vörös színezetét megemelte a hozzáadott kókusztejpör, illetve a leginkább vörös színezetű a tejsavófehérje hozzáadásával készített minta, amely különösen magas értéket mutatott, szignifikánsan eltérve az összes marhakollagén peptides csoporttól.

Összegezve elmondható, hogy a hozzáadott anyagok és aromák hatással lehettek a minták színére, azonban ezek az eltérések nem tekinthetők jelentősnek, hiszen szemmel láthatólag egyik minta sem volt vöröses színezetű.

13. ábra. Vörös-zöld színezeti tényező közti különbségek
(Forrás: saját szerkesztés)

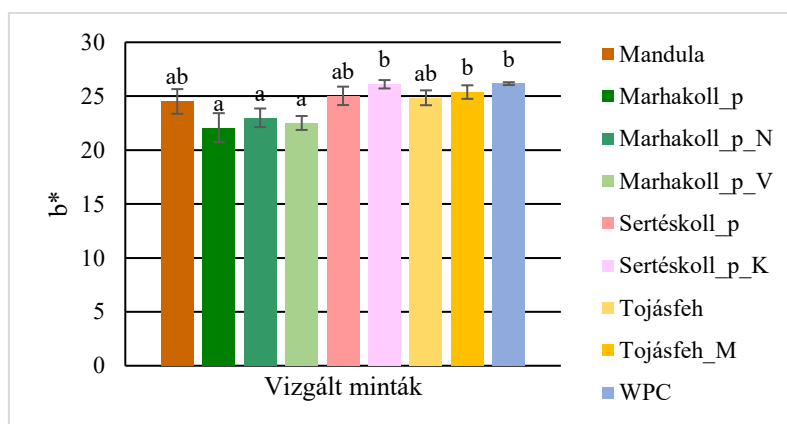


Az a^* értékekkel szemben a b^* értékek (sárga-kék hányados) esetében is látható, hogy pozitív tartományba, 22 és 27 közé estek az értékek (14. ábra), és szignifikáns különbségek voltak a különböző minták között ($p < 0,001$). A normalitás és szóráshomogenitás feltételei teljesültek (Shapiro–Wilk $p = 0,102$, Levene-teszt $p = 0,218$), ezért a Tukey HSD post hoc tesztet végeztem. Minden mintánál elmondható, hogy a sárga színezeti tényező viszonylag magas értékeket mutatott. A mandulafehérjét tartalmazó minta közel azonos sárga színezet jellemezte, mint a tojásfehérjeport tartalmazó mintát, nem különböztek szignifikánsan egymástól.

Az eredmények alapján a marhakollagén peptides minták jelentősen alacsonyabb sárgás színezeti értékeket mutattak, mint a többi minta sárgás színezete, tehát szignifikánsan különböztek a többi kávé italtól. Ennél a színezeti tényezőnél is megemlíthető, hogy a sertéskollagén peptiddel dúsított mintáknak a sárga színezetét megemelte a hozzáadott kókusztejpör, valamint a leginkább sárga színezetű a tejsavófehérje hozzáadásával készített

minta volt, emellett a mogyoró aromás tojásfehérje porral dúsított minta is magasabb értékeket mutatott, így szignifikánsan eltértek az összes marhakollagén peptides csoporttól.

14. ábra. Sárga-kék szintényezők közti különbségek
(Forrás: saját szerkesztés)



A színmérés során kapott értékekből kiszámoltam a minták színinger-különbségét, amely minél nagyobb érték lett, annál jobban volt érzékelhető a két minta közti szín különbség. Az 5. táblázatban megfigyelhető, hogy azok a minták között van kisebb színkülönbség, amelyekben azonos fehérjék találhatók.

5. táblázat. ΔE^*ab színkülönbség különböző minták között
(Forrás: saját szerkesztés)

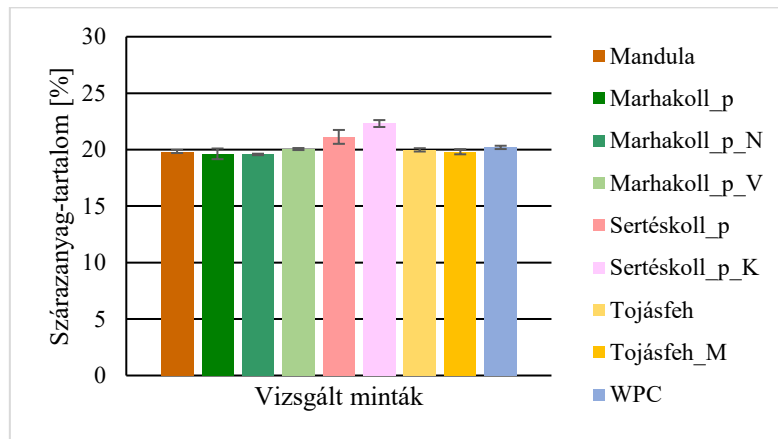
	Mandula	Marhakoll p	Marhakoll p N	Marhakoll p V	Sertéskoll p	Sertéskoll p K	Tojásfeh	Tojásfeh M	WPC
Mandula	0	Észrevehető.	Jól látható.	Jól látható.	Észrevehető.	Jól látható.	Alig észrevehető.	Észrevehető.	Jól látható.
Marhakoll p	2,93	0	Észrevehető.	Alig észrevehető.	Jól látható.	Nagy különbség.	Jól látható.	Jól látható.	Jól látható.
Marhakoll p N	3,54	1,87	0	Alig észrevehető.	Jól látható.	Nagy különbség.	Jól látható.	Jól látható.	Nagy különbség.
Marhakoll p V	3,13	0,93	0,95	0	Jól látható.	Nagy különbség.	Jól látható.	Jól látható.	Nagy különbség.
Sertéskoll p	2,29	4,78	5,76	5,22	0	Alig észrevehető.	Alig észrevehető.	Alig észrevehető.	Nagy különbség.
Sertéskoll p K	3,58	6,23	7,09	6,62	1,46	0	Észrevehető.	Észrevehető.	Nem érzékelhető.
Tojásfeh	1,26	3,95	4,79	4,30	1,06	2,36	0	Alig észrevehető.	Észrevehető.
Tojásfeh M	1,87	4,62	5,40	4,95	0,71	1,71	0,69	0	Észrevehető.
WPC	3,62	6,30	7,15	6,68	1,53	0,15	2,40	1,75	0

A mandulafehérjét tartalmazó mintát összehasonlítva a többi mintával elmondható, hogy a tojásfehérjepor kivételével szemmel jól látható, észrevehető tartományba esik. A marhakollagén peptides mintáknál egymás között kisebb, alig észrevehető színkülönbség mutatkozott, ugyanez elmondható a sertéskollagén peptides minták között is. Míg WPC, illetve sertéskollagén peptiddel dúsított minták értékei a marhakollagén peptides mintákkal összevetve, a köztük lévő különbség nagy volt, amelyet a 12. ábrán látható képek is bizonyítanak.

4.4. A kiválasztott kávé minták szárazanyag-tartalmának meghatározása

A minták szárazanyag-tartalmának vizsgálatakor megfigyelhető, hogy a mandulafehérjés mintánál a legtöbb állati eredetű fehérjénél magasabb értékeket kaptam (15. ábra).

15. ábra. Minták szárazanyag-tartalma %-os értékben
(Forrás: saját szerkesztés)



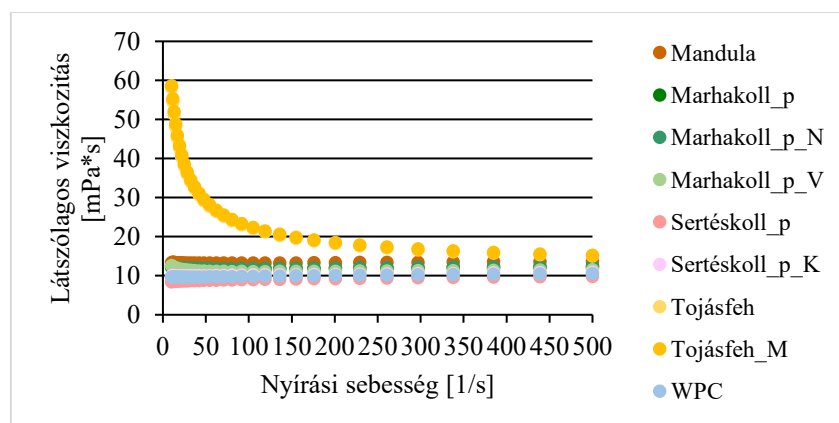
A mérés eredményei alapján arra a következtetésre jutottam, hogy kókusztejjel ízesített sertéskollagén peptides mintánál kaptam a legmagasabb értéket. Ez azzal magyarázható, hogy a kókusztejpor, illetve az 5%-os fehérje arány jelentősen megnövelte a szárazanyag-tartalmat.

4.5. A kiválasztott kávé minták reológiai tulajdonságainak alakulása

A reológiai paraméterek elemzése kulcsfontosságú a termékfejlesztési folyamatban, mert adatokat szolgáltatnak az anyagok folyási tulajdonságairól, áramlásáról, a technológiai szivattyúzhatóságáról és a fogyasztás közben a szájban keltett érzéséről is információt adhat.

A tojásfehérje alapú kávé ízesítésű mintáim reométerrel felvett viszkozitásgörbéit a 16. ábra tartalmazza, ahol a párhuzamos mérések során kapott viszkozitásgörbék átlagos értékeit szemléltetem. A vizsgált minták viszkozitásgörbéje eltérő lefutású.

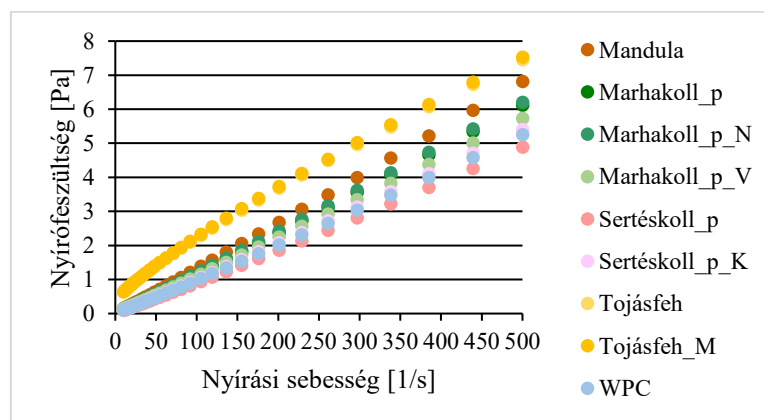
16. ábra. A különböző minták viszkozitásgörbéi
(Forrás: saját szerkesztés)



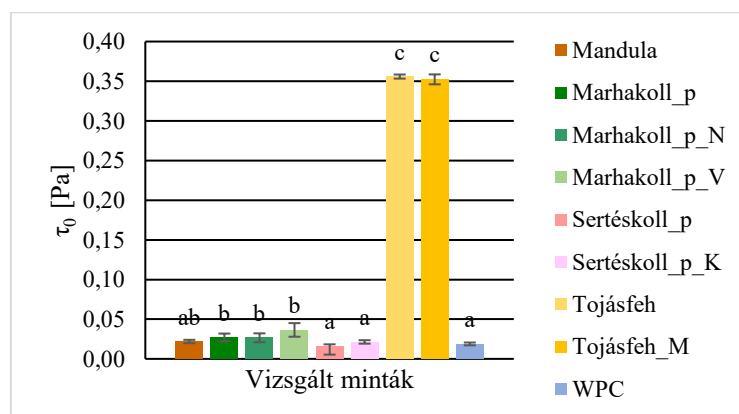
A tojásfehérje port tartalmazó minták egyértelműen nagyobb kezdeti viszkozitással rendelkeztek, mint a további minták. A különbség a nyírási sebesség emelésével csökkent, azonban ezek a minták bizonyultak a legviszkózusabbnak a teljes mérés során. A tojásfehérje hozzáadása Lotfian és munkatársai (2019) kísérleteiben is jelentősen növelte az ital kezdeti viszkozitását, miközben csökkentette a fáziselválást és az üledékképződést. A mandulafehérjés kávé italok viszkozitása a tojásfehérjeport tartalmazó minták után magasabbnak tekinthetők a többi állati eredetű fehérjeporos mintánál. A legalacsonyabb viszkozitása a kókusztejpor nélküli sertéskollagén peptidet tartalmazó mintának volt, így ez a minta bizonyult a legfolyósabbnak. Elmondható, hogy az 5 m/m% -al növelt fehérjepor koncentráció miatt lettek a legkevésbé viszkózusak.

A kávé ízesítésű tojásfehérje alapú mintáim folyásgörbéi a 17. ábrán láthatók. A bemutatott folyásgörbék esetében a modell illesztések statisztikai megbízhatóságát magas korrelációs együttható (R^2) igazolta, amely minden esetben 0,99 feletti értékkel rendelkezett. Az értékelés során a párhuzamos mérések eredményeit átlagoltam, mind a modellezett görbék, mind az illesztések során kapott τ_0 (18. ábra), K (19. ábra) és n (20. ábra) értékek esetében.

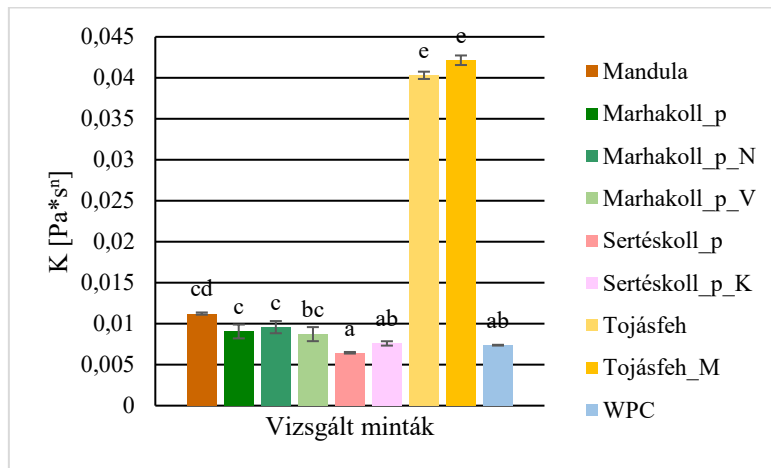
17. ábra. A különböző minták folyásgörbéi
(Forrás: saját szerkesztés)



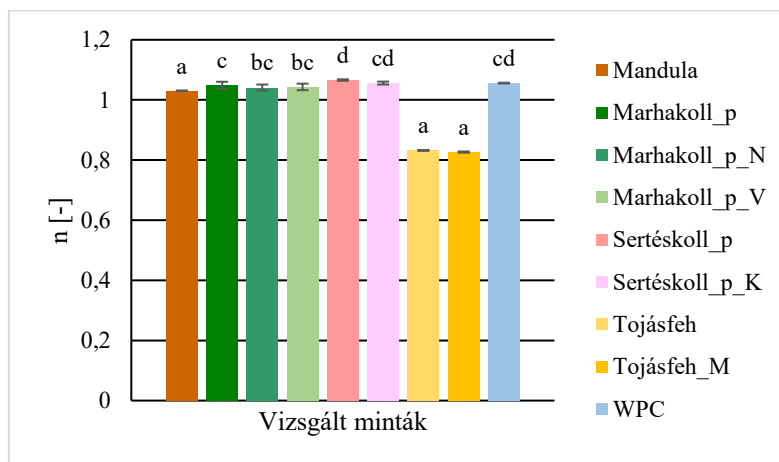
18. ábra. Folyáshatár értékek alakulása
(Forrás: saját szerkesztés)



19. ábra. Konzisztencia koefficiens értékek alakulása
(Forrás: saját szerkesztés)



20. ábra. Folyásindex értékek alakulása különböző fehérjéknél
(Forrás: saját szerkesztés)



A 17. ábrán látható folyásgörbénél megfigyelhető, hogy milyen nyírófeszültség értékeket kellett ahhoz elérni a mintáknak, hogy a minták elkezdjenek folyni. Méréseim alapján megállapítható, hogy a legmagasabb nyírófeszültség értékeket a nyírási folyamat során a tojásfehérjeporos minták esetében értem el, a nyíróhatással szemben nagyobb ellenállást mutattak. Emellett végig jóval magasabb nyírófeszültség értékekkel rendelkezett a többi mintánál mandulafehérjés minta, majd ennél kicsivel alacsonyabb folyásgörbét kaptam a kollagén peptides mintáknál.

Egyes fehérjékről elmondható a 17. ábra alapján, hogy jobban gélképző képesek pl. mandulafehérje, tojásfehérje. Kisebb nyírófeszültséget mértem nagyobb szárazanyag-tartalmú minták esetében, a sertéskollagén peptiddel dúsított mintának voltak a legkisebb nyírófeszültség értékei. Tojásfehérjeport tartalmazó mintáknál egyértelműen látszik, hogy ezek viszkózusabb minták a többihez képest, tehát szükségük volt ahhoz, hogy a kapott nyírási sebesség értékeket elérjék.

A folyásgörbékről és a τ_0 értékekből is látszik (18. ábra), hogy a tojásfehérje port tartalmazó minták esetében a folyáshatár értéke nagyobb lett, mint ami a többi mintánál volt tapasztalható. A folyásgörbén ez onnan látható, hogy nagyobb a minták tengelymetszete. A tojásfehérjepor alapú mintáknak el kellett érniük egy minimális nyírófeszültség értéket, ahhoz, hogy folyjni kezdjenek. A Herschel-Bulkley modellel számított τ_0 értékek 0,016 és 0,36 Pa között változtak. A legalacsonyabb τ_0 értéket az egyik legmagasabb fehérjepor koncentrációt tartalmazó, a sertéskollagén peptiddel dúsított mintára kaptam, amelynek folyásgörbéje a teljes vizsgált intervallumban a legalacsonyabb nyírófeszültség értékeket mutatta. A τ_0 értékeknél normalitás feltétele teljesült (Shapiro–Wilk $p = 0,854$), és a szórások is homogének voltak (Levene-teszt $p = 0,254$), így a Tukey HSD post hoc teszt alkalmazhattam. Az egytényezős varianciaanalízis vizsgálat igazolta, hogy rendkívül szignifikáns különbségek voltak a minták között ($F(8,18) = 2998,073$; $p < 0,001$). A τ_0 eredményeket vizsgálva látható, hogy a mandulafehérjés minták esetében a folyáshatár értékek 0,025 körüliek voltak, szignifikánsan különböztek a tojásfehérje port tartalmazó kávé italoktól, amelyek a legmagasabb, 0,35 feletti folyáshatár értékekkel rendelkeztek. A marhakollagén peptidet tartalmazó minták egyedül a mandulafehérjés mintától nem különbözött szignifikánsan.

A konzisztencia koefficiens (19. ábra) egy olyan állandó, amely a minták viszkozitásával együtt változik, tehát ha nagyobb egy mintának a viszkozitása, akkor nagyobb a konzisztencia koefficiensét kaptam. A Shapiro–Wilk teszt alapján teljesült a normalitás feltétele ($p = 0,098$). A Levene-teszt szerint a szórások nem lettek homogének ($p < 0,05$). A K értékek 0,0065 és 0,042 közötti tartományban mozogtak. Szignifikáns különbség figyelhető meg a ($p < 0,05$) tojásfehérjeport tartalmazó és a többi minta között. A kapott K értékek megerősítették, hogy valóban a tojásfehérjeporos minták lettek a legviszkózusabbak. A sertéskollagén peptides, és a tejsavófehérjés minták alacsony konzisztencia koefficiens értékeket mutattak, így szignifikánsan eltértek a magasabb csoportoktól. A 19. ábrán egyértelműen látszik, hogy a mandulafehérje rendelkezett magasabb értékekkel a WPC-nél, illetve a kollagén peptides mintáknál. A K érték a látszólagos viszkozitással viszonylag arányosítható, nem egy lineáris összefüggést mutat, de alapvetően minél nagyobb a látszólagos viszkozitás az adott mérési sebességen, így várható, hogy nagyobb lesz ez a konzisztencia állandó is, hiszen minél viszkózusabb egy anyag, annál konzisztensebb. Így ebből elmondható, hogy a tojásfehérjeport nem tartalmazó minták newtoni viselkedéshez közeli viselkedést mutatnak, tehát dilatációs reológiai tulajdonságokkal rendelkeznek.

A 20. ábrán látható, hogy a legtöbb minta esetében közelít az 1-es értékhez a folyásindexük, nagyobbak, mint 1, ezzel elletétben a tojásfehérjeport tartalmazó mintáknak kisebb lett, mint 1.

Normalitásvizsgálatnál megállapítható, hogy Kolmogorov-Smirnov: $p = 0,005$, így szignifikáns, azaz nem normális eloszlás. Shapiro-Wilk $p = 0,013$, így ez is szignifikáns, tehát nem teljesült a normalitás feltétele. Games-Howell teszt alapján számos szignifikáns különbség mutatkozott. A mandulafehérje szignifikánsan kisebb átlagot mutatott a tojásfehérjéporos mintákhoz képest (különbség = $-0,2040$; $p < 0,001$), így nem különböztek szignifikánsan egymástól. A kollagén peptides, illetve a tejsavófehérjés minták mivel a folyásindexük nagyobb volt, mint 1, szignifikánsan különböztek a tojásfehérjéporos mintáktól. A sertéskollagén peptides minta szignifikánsan eltért minden más csoporttól, legmagasabb folyásindex értékkel rendelkezett. Az n értékekből is összegezve megállapítható, hogy a tojásfehérjés mintáknál pszeudoplasztikus áramlási viselkedés figyelhető meg, míg a többi minta dilatációs, de newtonihoz közeli reológiai viselkedést mutattak.

A pszeudoplasztikus áramlási viselkedés jellemzően konvex folyásgörbe formát eredményez, ami arra utal, hogy a molekulák közötti belső kölcsönhatások lazulnak, így az anyag könnyebben áramlik. Jellemző még, hogy a nyírófeszültség a nyírási sebesség növelésével ugyan emelkedik, de egyre kisebb mértékben, meredeksége a nyírási sebességgel csökken. Ez a viselkedés a látszólagos viszkozitás csökkenésében jelenik meg, vagyis az egységnyi nyírási sebességre jutó áramlási ellenállás mérséklődik, miközben a nyírófeszültség továbbra is növekszik. A minta tulajdonságaitól függően lehet reverzibilis vagy irreverzibilis a folyamat (Figura and Teixeira, 2007; Hidas, 2022).

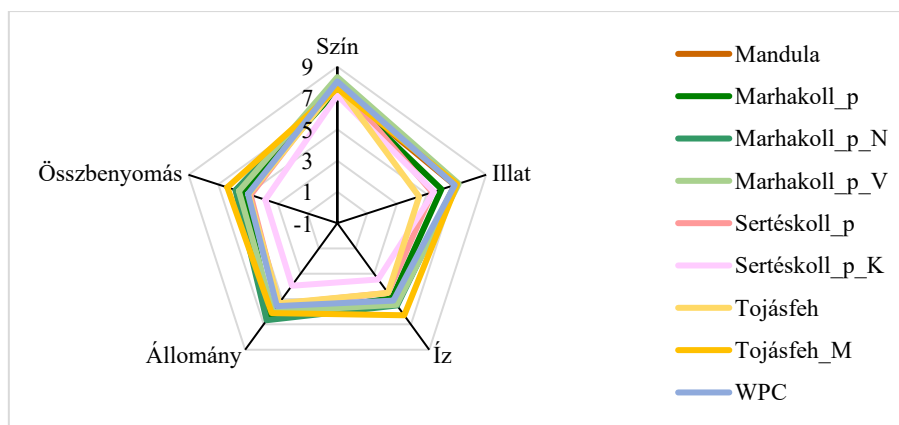
Polachini és munkatársai (2017) tojásfehérjéje reológiai tulajdonságait, a minták viszkozitásának csökkenését tanulmányozták nyíróerő hatására. Kutatásuk során megállapították, hogy a tojásfehérjéje nem-newtoni, nyírásra vékonyodó folyadékként viselkedik. A mérések során felvett folyásgörbékre több reológiai modellt illesztettek, amelyek alapján meghatározták, hogy a Herschel-Bulkley modell mellett a Power-law modell illeszkedik a legjobban az értékekre (Polachini et al., 2017). A nem-newtoni viselkedés azt jelenti, hogy viszkozitásuk nem állandó, hanem a rájuk ható nyíróerőtől függően változik. Az áramlási körülményektől függő látszólagos viszkozitás és nyírófeszültség értékekkel írhatók le (Figura and Teixeira, 2007). Hasonló eredményekről számoltak be Varga-Tóth és munkatársai (2023), akik marhakollagén peptidek és vegyes bogyós gyümölcsös tojásfehérje alapú italoknak a reológiai paramétereit elemezték. Ha $n > 1$ lett, akkor azt a folyási viselkedést dilatációsak vagy nyírásra sűrűsödőnek tekintették. A dilatáló áramlási viselkedés azonban olyan viselkedésként tekinthető, amely a viszkozitás növekedését mutatja a nyírási sebesség növekedésével. A vizsgálatok alapján megállapították, hogy minden minta pszeudoplasztikus viselkedéssel rendelkezett (Varga-Tóth et al., 2023).

4.6. A kiválasztott kávé minták érzékszervi bírálata

Az érzékszervi bírálat eredményei alapján (21. ábra) a mandulafehérjés, illetve a narancsolajat tartalmazó marhakollagén peptides kávé ital volt a legkedveltebb állományú, míg a kókusztejjel ízesített sertéskollagén peptides minta lett a legkevésbé kedvelt. Illat tekintetében a tojásfehérjeporos minta lett a legkisebb kedveltségű, ezzel ellentétben a mogyoró aromás változata, valamint a vanília aromás marhakollagén peptiddel dúsított minta, és a mandulafehérjés kávé ital kapta a legmagasabb pontot. Ízre a tojásfehérje port tartalmazó ital mogyoró aromás mintája volt a legkedveltebb, míg a legkevésbé kedvelt ízű minta a kókusztejjel ízesített sertéskollagén peptid volt. Színnél közel hasonló eredmények figyelhetők meg.

Elmondható, hogy összbenyomásra a mogyoró aromás marhakollagén peptides, illetve a mandulafehérjés minta volt a legkedveltebb, azonos értékeléseket kaptak, ezeket a mintákat vásárolnák meg szívesen a bírálók. Kiugró, alacsony értékeket mutattak a sertéskollagén peptides minták minden bírálati szempontnál.

21. ábra. A kiválasztott kávé minták érzékszervi bírálatának eredménye
(Forrás: saját szerkesztés)



Az ízesített marhakollagén peptides mintákat közel hasonlóan értékelték. Közülük illat és szín tekintetében a vanília aromával kiegészített termékek lettek a legjobban kedveltek, míg állománynál a narancsolajos minta kapta a legtöbb pontot. Összességében megállapítható, hogy a hozzáadott ízesítők a kókusztejjel kivételével pozitív irányba tolták el a fehérjével dúsított minták érzékszervi tulajdonságait. Elmondható, hogy a hozzáadott kókusztejjel rontott a minták érzékszervi tulajdonságain, illetve az 5 m/m% fehérjepor koncentrációt kevésbé kedvelték a bírálók. A bírálat során a pszeudoplasztikus folyási tulajdonságú minták jobb értékelést kaptak, így látható összefüggés van az állomány és a reológiai tulajdonságok között. Az eredmények azt mutatták, hogy az a minta nyerte el a bírálók tetszését, amelynek kevésbé sárgás színe volt, és összességében elmondható, hogy a világosabb mintákat preferálták.

5. Következtetések és javaslatok

Megállapítottam, hogy a kávé minták pH-ja közel semleges tartományban változott, hiszen 5,8 és 6,25-ös pH értékek között mozogtak, amely nem tekinthető nagy különbségnek, az értékek főként a hozzáadott alapanyagok mennyiségével, illetve azok kémhatásával magyarázható. Mivel a minták korlátozott eltarthatósággal rendelkeznek, a későbbiekben érdemes megfelelő tartósítási módot vizsgálni, valamint tárolási kísérletet végezni, mikrobiológiai vizsgálatokkal értékelni a mintákat, hogy meghatározható legyen a minőségmegőrzési idejük.

Színmérés eredményeként a világossági tényezőnél szignifikánsan különbözött a narancsolajat, marhakollagén peptidet tartalmazó minta, amelynél a legmagasabb L^* értéket kaptam. A WPC-vel készített mintánál a legkisebb L^* értékek voltak megfigyelhetők, elmondható, hogy a hozzáadott fehérje számottevően befolyásolta a színét. Az a^* értékeknél látható, hogy vöröses színezet jellemző, míg a b^* értékeknél szintén pozitív tartományba esett a sárga-kék színtényező, megfigyelhető, hogy minden minta sárga színárnyalattal rendelkezett.

A szárazanyag-tartalom vizsgálatánál az azonos fehérje koncentrációjú italok között jelentős eltérés nem volt tapasztalható.

A reológiai eredmények alapján megállapítottam, hogy a tojásfehérjepor alkalmazásával készített minták nagyobb kezdeti viszkozitással rendelkeztek, mint a többi minta. Ez az eltérés a nyírási sebesség emelésével csökkent, azonban ezek a minták mutatkoztak a legviszkózusabbnak a mérési folyamat során. A τ_0 értékek is nagyobbak bizonyultak. A K értékek is alátámasztották, hogy valóban ezek a kávé minták a legviszkózusabbak. A folyásindex értékekből is megállapítható, hogy a tojásfehérjés minták pszeudoplasztikusak, az összes többi pedig dilatációs, de newtonihoz közeli reológiai viselkedést mutattak.

Az érzékszervi minősítésben előnyt élveztek pszeudoplasztikus folyási tulajdonságú minták, amely jól mutatja, hogy az állomány szorosan kapcsolódik a reológiai paraméterekhez, hiszen az egyik legkedveltebb minta a mogyoró aromával ízesített tojásfehérjeporral dúsított minta lett. Elmondható, hogy azonos kedveltségű volt a mandulafehérjés minta, illat és íz tekintetében az egyik legjobbra pontozták a bírálók. Eltérő eredményt mutattak a sertéskollagén peptides minták, a bírálók kevésbé kedvelték ezeket a mintákat a magas fehérjepor koncentrációja miatt. Érdemes további vizsgálatokat végezni, hogy hőhatásra bekövetkező szerkezeti változások során miként változnának az egyes színtényezők és reológiai viselkedésük, és érzékszervi tulajdonságukat milyen mértékben befolyásolnák. A kísérlet folytatásaként szükség volna vízaktivitást, aminosav-összetételt mérni, és részecskeméret-eloszlást, termofizikai tulajdonságokat, valamint centrifugálásos stabilitási tesztek, emészthetőséget is vizsgálni.

6. Összefoglalás

Állati és növényi eredetű fehérjék élelmiszeripari felhasználása egyre elterjedtebb. Az egészséges és tudatos táplálkozás egyre több fogyasztó számára prioritást élvez, elsősorban a sportolók és az aktív életet élők esetében. A dolgozatom empirikus, kísérleti jellegű vizsgálatok eredményeit mutatja be, amely során a kávé ital fejlesztéséhez pasztörözött tojásfehérje lével dolgoztam, amelyet eltérő arányban állati, vagy növényi eredetű fehérjékkel dúsítottam, illetve többféle ízesítővel, és azok különböző mennyiségével készítettem el a mintákat.

Munkám célja volt elsősorban, hogy a megfelelő fehérjeporokat, ízesítéseket megtaláljam, és a velük készített mintáknak technofunkciós tulajdonságait vizsgáljam, hogy miként viselkednek az egyes fehérjekoncentrációjú kávé italok, és milyen eltérések tapasztalhatók a különböző fehérjeporok hozzáadása által. Fehérjeport tartalmazó kávé italoknál az oldhatóság kiemelten fontos tulajdonság, a magas fehérje tartalommal együttesen. Összesen 13 fehérjeport, 9 db növényi eredetű fehérjét, és 4 db állati eredetű fehérjéket használtam az oldhatósági vizsgálathoz. Ehhez először előkészítettem minden fehérjés italnál a 3 m/m%-os, 5 m/m%-os, 7 m/m %-os fehérjepor koncentrációnak megfelelő mennyiséget.

A kimért ToTu italt fél percre melegítettem, majd homogenizáltam a kimért alapanyagokkal. Az elkészült minták oldhatóságának vizsgálata során a szuszpenziókról képeket készítettem, majd 48 óra elteltével összehasonlítottam a korábbi képekkel. A legtöbb növényi eredetű fehérjénél elmondható, hogy oldódási tulajdonságuk rendkívül rossz volt a kávé italban, a mandula kivételével, míg az állati eredetű fehérjéknél bebizonyosodott, hogy oldhatóságuk jobb, így akár némelyik fehérjepornál az 5 m/m%-os szuszpenzió is jó oldódási tulajdonságokkal rendelkezett. A legjobbnak bizonyult fehérjeporokat (mandulafehérjepor, sertéskollagén peptid, marhakollagén peptid, tejsavófehérje-koncentrátum, tojásfehérje por) a megfelelőnek talált koncentrációban használtam, és ízesítőkből 1 m/m% és 0,4 m/m% mennyiséget adtam a mintákhoz. Ha nagyon intenzív lett egy terméknek az aromavilága az adott fehérjepornál, akkor azt az ízesítést elvettem, vagy a kisebb mennyiséggel vizsgáltam tovább. A fő kísérletemben a kiválasztott 5 db fehérjével először aromák, ízki alakítók nélkül készítettem a mintákat, majd 3 m/m% tojásfehérje por esetében 1 m/m%ogyoró aromát, 5 m/m% sertéskollagén peptidnél 1 m/m% kókusztejpport, valamint 3 m/m% marhakollagén peptidnél 0,4 m/m% narancsolajat, illetve 0,4 m/m% vanília aromát használtam a fehérjék mellékízének javítása érdekében.

Az ezekből készült kávé minták pH-ját, színét a színinger tényezők alapján, szárazanyag-tartalmát, és reológiai tulajdonságainak változását, valamint az érzékszervi jellemzőiket

vizsgáltam a továbbiakban. A vizsgálatokat Garay és munkatársai (2021) által használt mérési módszerek szerint alkalmaztam. A kávé ízesítésű tojásfehérje alapú minták pH mérésének eredményei alapján konklúzióm, hogy néhány tized különbség volt az egyes minták között, és enyhén savas kémhatásúak voltak. Legalacsonyabb pH a mandula fehérjénél volt, szignifikánsan különbözött a tojásfehérjeporos mintáktól. A továbbiakban indokolt a megfelelő tartósítási eljárás kiválasztásának vizsgálata, továbbá tárolási vizsgálat elvégzése és a minták mikrobiológiai értékelése a minőségmegőrzési idő meghatározása érdekében. Színmérés vizsgálata során az L^* színtényezőnél eltérő eredményeket kaptam, a narancsolajat, marhakollagén peptidet tartalmazó ital lett a legvilágosabb. Kiemelendő a tejsavófehérje-koncentrátumot tartalmazó minta, mely a 3 m/m% koncentráció ellenére lett a legsötétebb, így szabad szemmel is elkülöníthető. Az a^* és b^* 0 feletti értékeket vett fel, tehát vöröses színezeti tényező tartományába esett minden mintánál a vörös-zöld hányados, amihez a hozzáadott aromák hatással lehettek, illetve a sárga-kék színtényezőnél elmondható, hogy sárga színezettel rendelkeztek a minták. Szárazanyag-tartalomnál minél nagyobb fehérjepor koncentrációt használtam, annál magasabb értékeket kaptam, de összességében 20% szárazanyag-tartalom volt jellemző.

A reológiai tulajdonságok vizsgálata során megfigyeltem, hogy a tojásfehérjeport tartalmazó minták nyírása során ébredő nyírófeszültség értéke nőtt, ezért a Herschel-Bulkley modell illesztésével kapott konzisztencia koefficiens érték is nagyobbak lettek, mely megerősítette, hogy ezek a minták a legviszkózusabbak. Illetve a magas folyáshatár értékek mellett a folyásindex értékek kisebbnek bizonyultak, mint 1, megállapítottam, hogy a tojásfehérjés minták pszeudoplasztikusak. A többi minta τ_0 , K és n értékei alapján is elmondható, hogy a reológiai viselkedésük kevésbé hasonlított a newtoni folyadékokhoz, inkább dilatációs reológiai tulajdonsággal rendelkeztek.

Érzékszervi vizsgálat alapján a mandulafehérjét illat és íz tekintetében az egyik legjobbnak, míg a mogyorós ízesítésű tojásfehérjeporos mintát a színe, összbenyomása alapján a legkedveltebbnek értékelték. A sertéskollagén peptides minták nem voltak jó érzékszervi karakterűek, így ezzel a koncentrációval nem érdemes több kísérletet folytatni. Összegzőként megállapítható, hogy a hozzáadott ízesítők a kókusztejpör kivételével, kedvezően befolyásolták a fehérjével dúsított minták érzékszervi tulajdonságait. Indokolt további kísérletek elvégzése annak tisztázására, hogy a hőkezelés hogyan alakítja az egyes színtényezőket, a reológiai tulajdonságokat, és milyen mértékű változásokat idéz elő az érzékszervi jellemzőkben. Célszerű az emészthetőség vizsgálata is, mivel a fehérjemátrix szerkezete érdemben befolyásolhatja a lebomlás és felszívódás mértékét.

7. Irodalomjegyzék

- Achouri, A., Nail, V., Boye, J.I. (2012): Sesame protein isolate: Fractionation, secondary structure and functional properties. *Food Research International*. 46(1), 360–369. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.01.001>
- Ajomiwe, N., Boland, M., Phongthai, S., Bagiyal, M., Singh, J., Kaur, L. (2024): Protein Nutrition: Understanding Structure, Digestibility, and Bioavailability for Optimal Health. *Foods*. 13(11), Paper 1771, 15 p. <https://doi.org/10.3390/foods13111771>
- Akharume, F.U., Aluko, R.E., Adedeji, A.A. (2021): Modification of plant proteins for improved functionality: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 20(1), 198–224. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12688>
- Anton, M. (2013): Egg yolk: structures, functionalities and processes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 93(3), 2871–2880. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6247>
- Bíró, G., Bíró, Gy. (2000): *Élelmiszer-biztonság. Táplálkozás-egészségügy*. Agroinform Kiadó, Budapest, 255-257.
- Chang, C., Lahti, T., Tanaka, T., Nickerson, M.T. (2018): Egg proteins: fractionation, bioactive peptides and allergenicity. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 98(15), 5547–5558. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9150>
- Chen, S., Luo, X. (2024): Chia seed protein as a promising source for plant-based foods: Functional properties, processing methods and potential food applications. *Applied Food Research*. 4(2), Paper 100459, 15 p. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2024.100459>
- Csapó J., Csapóné K.Z. (2003): *Élelmiszer-kémia*. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 139-141, 378-395.
- Dalmadi I. (2009): *Hőkezeléssel és nagy hidrosztatikus nyomással pasztőrözött bogyósgyümölcs-pürék minőségjellemzőinek alakulása a tárolási hőmérséklet függvényében*. [PhD-értekezés] Budapest: Élelmiszertudományi Doktori Iskola. https://phd.lib.uni-corvinus.hu/387/1/dalmadi_istvan.pdf
- Day, L., Cakebread, J.A., Loveday, S.M. (2022): Food proteins from animals and plants: Differences in the nutritional and functional properties. *Trends in Food Science & Technology*. 119, 428–442. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.12.020>
- Devnani, B., Ong, L., Kentish, S., Gras, S.L. (2021): Structure and functionality of almond proteins as a function of pH. *Food Structure*. 30(13), Paper 100229, 11p. <https://doi.org/10.1016/j.foostr.2021.100229>

- Elmadfa, I., Meyer, A.L. (2017): Animal Proteins as Important Contributors to a Healthy Human Diet. *Annual Review of Animal Biosciences*. 5(1), 111–131. <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-022516-022943>
- Fekete, K., Sahin-Tóth, G., Suhajda, J. (2009): *Élelmiszerismeret II.*, Műszaki Könyvkiadó Kft., Budapest, 69-72.
- Figura, L.O., Teixeira, A.A. (2007): *Food Physics: Physical Properties - Measurement and Applications*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-34194-9>
- Galambosné, G.E., Horváth, P. (2020): *Élelmiszer- alapismeretek*. Műszaki Könyvkiadó Kft., Budapest, 91, 163.
- Garay, P.A., Villalva, F.J., Paz, N.F., Goncalvez de Oliveira, E., Iburguren, C., Alcocer, J.C., Curti, C.A., Ramón, A.N. (2021): Formulation of a protein fortified drink based on goat milk whey for athletes. *Small Ruminant Research*. 201, Paper 106418, 7 p. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2021.106418>
- Guilmineau, F., Krause, I., Kulozik, U. (2005): Efficient Analysis of Egg Yolk Proteins and Their Thermal Sensitivity Using Sodium Dodecyl Sulfate Polyacrylamide Gel Electrophoresis under Reducing and Nonreducing Conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 53(24), 9329–9336. <https://doi.org/10.1021/jf050475f>
- Hajj W.A., Salla M., Krayem M., Khaled S., Hassan H.F., Khatib S.E. (2024): Hydrolyzed collagen: Exploring its applications in the food and beverage industries and assessing its impact on human health - A comprehensive review. *Heliyon*. 10(16), Paper e36433, 15 p. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e36433>
- Hashim, P., Ridzwan, M.S.M., Bakar, J., Hashim, D.M. (2015): Collagen in food and beverage industries. *International Food Research Journal*. 22(1), 1-8. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20153093578>
- Hertzler, S.R., Lieblein-Boff, J.C., Weiler, M., Allgeier, C. (2020): Plant Proteins: Assessing Their Nutritional Quality and Effects on Health and Physical Function. *Nutrients*. 12(12), Paper 3704, 1-27 p. <https://doi.org/10.3390/nu12123704>
- Hidas K. (2022): *A fagyasztás hatásai a tojáslevek minőségi jellemzőire*. [PhD-értekezés] Budapest: Élelmiszertudományi Doktori Iskola. https://uni-mate.hu/documents/20123/336900/Hidas_Karina_Ilona_ertekezes.pdf/flaa9a5e-3544-76a4-0a0b-15ff96f7cbc1?t=1675170065504
- Hoogenkamp, H., Kumagai, H., Wanasundara, J.P.D. (2017): Rice Protein and Rice Protein Products, In: Nadathur, S.R., Wanasundara, Janitha P.D., Scanlin, L. (Eds.): *Sustainable*

- Protein Sources*. San Diego: Academic Press. pp. 47–65. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802778-3.00003-2>
- Jávor, A., Szigeti, J. (2011): *Termékminősítés és termékhigiéniá*. Debreceni Egyetem, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Pannon egyetem.47. 2011. 05. 30. Letöltés dátuma: 2025. 05. 03. Forrás: <http://dtk.tankonyvtar.hu/xmlui/handle/123456789/8683>
- Li, F., Jia, D., Yao, K. (2009): Amino acid composition and functional properties of collagen polypeptide from Yak (*Bos grunniens*) bone. *LWT - Food Science and Technology*. 42(5), 945–949. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2008.12.005>
- Li, Z., Huang, X., Tang, Q., Ma, M., Jin, Y., Sheng, L. (2022): Functional Properties and Extraction Techniques of Chicken Egg White Proteins. *Foods*. 11(16), Paper 2434, 19 p. <https://doi.org/10.3390/foods11162434>
- Liu, X., Yang, B., Lu, M., Ma, L., Huo, J., Geng, F., Huang, Q., Dong, S., Li, S. (2025): Potential role of ovomucin in the “skeleton effect” of egg white thermal gel: Enhancing the cross-linking degree of egg white protein and the stability of the thermal gel network structure. *Food Hydrocoll*.163, Paper 111083, 12 p. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2025.111083>
- Lo, B., Kasapis, S., Farahnaky, A. (2021): Lupin protein: Isolation and techno-functional properties, a review. *Food Hydrocoll*. 112, Paper 106318, 21 p. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106318>
- Lotfian, F., Karami, M., Moeini, S. (2019): Functional protein beverage with milk and egg white: physical properties, formulation, protein contents and amino acids components. *Journal of Food and Bioprocess Engineering*. 2(1), 49–54. https://jfabe.ut.ac.ir/article_73626.html
- Malomo, S.A., He, R., Aluko, R.E. (2014): Structural and Functional Properties of Hemp Seed Protein Products. *Journal of Food Science*. 79(8), C1512–C1521. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12537>
- Mezger, T.G. (2014): *Applied Rheology*. Anton Paar GmbH, Austria, 14-46.
- Mourad, R., Csehi, B., Friedrich, L., Nguyen, Q.D., Bujna, E. (2023): Investigating the shelf-life of probiotics fermented egg white-based beverage using prebiotics. *Progress in Agricultural Engineering Sciences*. 19(1), 105-111 <https://doi.org/10.1556/446.2023.00088>
- Nys, Y., Guyot, N. (2011): Egg formation and chemistry. In: Nys, Y., Bain, M., Immerseel, F. V. (Eds.): *Improving the Safety and Quality of Eggs and Egg Products: Volume 1: Egg*

- Chemistry, Production and Consumption*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited. pp. 83–132. <https://doi.org/10.1533/9780857093912.2.83>
- Polachini, T.C., Basso, R.C., Telis-Romero, J. (2017): Rheology and Fluid Dynamic of Egg White: Effect of Thixotropy on Engineering Design. *Journal of Food Process Engineering*. 40(1), Paper e12277, 11 p. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12277>
- Qin, P., Wang, T., Luo, Y. (2022): A review on plant-based proteins from soybean: Health benefits and soy product development. *Journal of Agriculture and Food Research*. 7, Paper 100265, 8 p. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2021.100265>
- Righetti, P.G., Stoyanov, A.V., Zhukov, M.Y. (Eds.) (2001): Chapter 8 Buffering capacity, In: *Journal of Chromatography Library, The Proteome Revisited Theory and Practice of All Relevant Electrophoretic Steps*. Elsevier, pp. 87–93. [https://doi.org/10.1016/S0301-4770\(01\)80040-3](https://doi.org/10.1016/S0301-4770(01)80040-3)
- Rodler, I. (2008): *Kalória- és tápanyagtáblázat*. Medicina Könyvkiadó Zrt., Budapest, 11-17.
- Salgó, A. (2001): *Élelmiszerkémia és táplálkozásstan I*. Műegyetemi Kiadó, Budapest 65-66.
- Sarantidi, E., Ainatzoglou, A., Papadimitriou, C., Stamoula, E., Maghiorou, K., Miflidi, A., Trichopoulou, A., Mountzouris, K.C., Anagnostopoulos, A.K. (2023): Egg White and Yolk Protein Atlas: New Protein Insights of a Global Landmark Food. *Foods*. 12(18), Paper 3470, 18 p. <https://doi.org/10.3390/foods12183470>
- Sarathy, S.P., Ravikumar, H., Nanjan, P., Alagesan, N., Chua, B.L. (2025): Plant-based protein: A multi-nutritional sustainable alternative to animal foods and their structure, functions, and relationship: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*. 321(3), Paper 146465, 17 p. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2025.146465>
- Shanthakumar, P., Klepacka, J., Bains, A., Chawla, P., Dhull, S.B., Najda, A. (2022): The Current Situation of Pea Protein and Its Application in the Food Industry. *Molecules*. 27(16), Paper 5354, 28 p. <https://doi.org/10.3390/molecules27165354>
- Shrestha, S., Hag, L. van 't, Haritos, V.S., Dhital, S. (2021): Lupin proteins: Structure, isolation and application. *Trends in Food Science & Technology*. 116, 928–939. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.08.035>
- Sunwoo, H.H., Gujral, N. (2015): Chemical Composition of Eggs and Egg Products, In: Cheung, P.C.K., Mehta, B.M. (Eds.): *Handbook of Food Chemistry*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. pp. 331–363. https://doi.org/10.1007/978-3-642-36605-5_28

- Sze-Tao, K.W.C., Sathe, S.K. (2000): Functional properties and in vitro digestibility of almond (*Prunus dulcis* L.) protein isolate. *Food Chemistry*. 69(2), 153–160. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(99\)00244-7](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(99)00244-7)
- Tang, C., Zhou, K., Zhu, Y., Zhang, W., Xie, Y., Wang, Z., Zhou, H., Yang, T., Zhang, Q., Xu, B. (2022): Collagen and its derivatives: From structure and properties to their applications in food industry. *Food Hydrocoll.* 131, Paper 107748, 19 p. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.107748>
- Tsermoula, P., Khakimov, B., Nielsen, J.H., Engelsen, S.B. (2021): WHEY - The waste-stream that became more valuable than the food product. *Trends in Food Science & Technology*. 118, 230–241. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.08.025>
- Varga-Tóth, A., Németh, C., Dalmadi, I., Csurka, T., Csorba, R., Elayan, M., Enkhbold, M., Hidas, K., Friedrich, L.F. (2023): Investigation of the effects of bovine collagen peptides and mixed berries on rheological properties and biological activity of egg white-based beverage via central composite design. *Frontiers in Nutrition*. 9. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1011553>
- Younis, K., Qadri, O.S., Prasad, S., Yousuf, O. (2025): Effect of almond processing on nutritional value and health outcomes. *Food Chemistry Advances*. 9, Paper 101113, 11 p. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2025.101113>
- Zeng, L., Wang, Z., He, Z., Zeng, M., Qin, F., Chen, J. (2023): Physicochemical and gel properties of pumpkin seed protein: a comparative study. *International Journal of Food Science and Technology*. 58(3), 1639–1651. <https://doi.org/10.1111/ijfs.16124>
- Zhang, Y., Pham, H.M., Tran, S.D. (2024): The Chicken Egg: An Advanced Material for Tissue Engineering. *Biomolecules*.14(4), Paper 439, 14 p. <https://doi.org/10.3390/biom14040439>

Internetes források

- Internet1. Statista. Letöltés dátuma: 2025.09.25. forrás: <https://www.statista.com/statistic>
- Internet2. KSH. Letöltés dátuma: 2025.03.25. forrás: <https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp>
- Internet3. Capriovus termékspecifikáció: ToTu rögös tojásfehérje, ToTu krém, ToTu extrán krémes. Letöltés dátuma: 2025.09.08. forrás: <https://capriovus.eu/wp-content/uploads>
- Internet4. Capriovus termékspecifikáció: ToTu Epres krémes, ToTu Ital, ToTu Kávéital. Letöltés dátuma: 2025.09.08. forrás: <https://capriovus.eu/wp-content/uploads/2024>
- Internet5. ToTu ital. Letöltés dátuma: 2025.10.13. forrás: <https://capriovus.eu/totu-ital-300-g/>

8. Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom mindazoknak, akik szakdolgozatom megírása során támogattak.

Szeretném köszönetemet kifejezni témavezetőimnek, Dr. Hidas Karinának és Vargáné Dr. Tóth Adrienn-nek, akik felé bármikor fordulhattam kérdéseimmel a munkám alatt, és a rengeteg szakmai segítséget, illetve tanácsokat a méréseim megtervezéséhez.

Ezúton megköszöném a Capriovus Kft.-nek, akik a kísérleteimhez használt alapanyagot nyújtották.

9. Ábrák és táblázatok jegyzéke

9.1. Ábrák jegyzéke






1. ábra. A tojás felépítése	6
2. ábra. ToTu ital.....	19
3. ábra. Robot coupe Mini MP 190 V.V. készülék	21
4. ábra. Testo 206-pH1 folyadék pH mérő műszer	23
5. ábra. Konica Minolta CR-400 színmérő készülék	23
6. ábra. MCR 92 reométer (Anton Paar, Graz, Ausztria).....	25
7. ábra. Különböző arányú borsó-, és szójafehérjét tartalmazó minták	28
8. ábra. Különböző arányú tojásfehérjeport tartalmazó minták	28
9. ábra. Különböző arányú marha-, és sertéskollagén peptidet tartalmazó minták.....	28
10. ábra. pH értékek közötti különbség, összetevők hatása	30
11. ábra. A kiválasztott minták világossági tényezői.....	31
12. ábra. Színmérés során szabad szemmel megfigyelhető különbségek minták között	32
13. ábra. Vörös-zöld színezeti tényező közti különbségek	33
14. ábra. Sárga-kék színtényezők közti különbségek.....	34
15. ábra. Minták szárazanyag-tartalma %-os értékben	35
16. ábra. A különböző minták viszkozitásgörbéi	35
17. ábra. A különböző minták folyásgörbéi	36
18. ábra. Folyáshatár értékek alakulása.....	36
19. ábra. Konzisztencia koefficiens értékek alakulása.....	37
20. ábra. Folyásindex értékek alakulása különböző fehérjéknél.....	37
21. ábra. A kiválasztott kávé minták érzékszervi bírálatának eredménye	40

9.2. Táblázatok jegyzéke





1. táblázat. A tojásfehérje fehérjéi	10
2. táblázat. Előkísérlethez használt minták összetevői és azok mennyisége	20
3. táblázat. Mintákhoz felhasznált kereskedelmi forgalomban kapható aromák, ízesítők.....	21
4. táblázat. Érzékelt szín különbségek a szemünkkel és ΔE^*_{ab} színkülönbség kapcsolata ...	24
5. táblázat. ΔE^*_{ab} színkülönbség különböző minták között	34

10. Mellékletek





M1. Rizs-, chia-, kendermag fehérjepor, szója-, borsófehérje izolátum tulajdonságai

		Név				
		BioMenü Bio Rizsfehérje por	BioMenü Bio Kendermag fehérje por	Dénes-Natura Szójafehérje izolátum	Vegan Protein Borsó fehérje izolátum	Prana Bio Chia fehérje
						
Fehérjetartalom		83,3%	50%	87%	75%	25%
Gyártó:		Caleido IT-Outsource Kft.	Caleido IT-Outsource Kft.	Dénes-Natura Kft.	Hofood Kft.	Nol-Sweet Kft.
Fizikai és kémiai paraméterek						
Összetevők		100% bio rizs (oryza sativa)	100% bio kendermag (cannabis sativa)	100% szójafehérje izolátum	borsófehérje izolátum, L-metionin, cianokobalamin	100% bio aztékszálama g
Szín		halványbarna	világos zöldes-barna	világos krémszínű/halványsárga	világos krémszínű vagy halványsárga	szürkés-barna
Íz és illat		enyhén diós/gabonás illat	enyhén diós vagy földes jellegű, illata pedig hasonlóan természetes, enyhe aromájú	enyhe, semleges ízű és illatú	enyhe, semleges ízű és illatú	nem túl erőteljes, diós íz
Állomány		finom és könnyen oldódó por	finom, könnyen oldódó por	finom, könnyen oldódó por	finom, könnyen oldódó por	finomra őrölt por, amely mérsékelten oldódik folyadékokban
Átlagos tápérték 100 g termékben	Energia	1684 kJ/402 kcal	1429 kJ/341 kcal	1601kJ/373 kcal	1550 kJ/370 kcal	1272kJ/308kcal
	Zsír	3,1 g	9,0 g	3,3 g	5,6 g	11g
	- amelyből telített zsírsavak	1,1 g	1,0 g	0,9 g	1 g	1,2g
	Szénhidrát	6,9 g	7,8 g	1,0 g	5 g	3,3g
	-amelyből cukrok	0,0 g	5,3 g	0 g	0 g	0g
	Rost	3,4 g	20,0 g	-	-	48g
	Fehérje	83,3 g	50,0 g	87,0 g	75 g	25g
	Só	0,4 g	0,21 g	3,0 g	1200 mg	0,01g

M2. Sertés-, marhakollagén peptidek, tejsavó-, tojásfehérje por tulajdonságai

		Név			
		GAL-Sertés-kollagén peptidek	GAL-Marhakollagén peptidek	WPC (tejsavófehérje-koncentrátum WPC 80 instant)	Porlasztva szárított tojásfehérje (tojásfehérje por)
					
Fehérjetartalom		90%	90%	80%	83%
Gyártó:		GAL SynergyTech Zrt.	GAL SynergyTech Zrt.	Buda Family Kft.	Capriovus Kft.
Fizikai és kémiai paraméterek					
Összetevők		Kollagén peptidek (hidrolizált sertés-kollagén)	Kollagén peptidek (hidrolizált marhakollagén)	tejsavófehérje-koncentrátum	Tojásfehérje
Szín		por színe általában fehér vagy halvány krémszínű	por színe általában fehér vagy halvány krémszínű	krémszínű, fehéres vagy enyhén sárgás árnyalatú	Fehér, idegen anyagot, szennyezést, égett szemcséket nem tartalmaz
Íz és illat		terméknek nincs kifejezett íze és illata	terméknek nincs kifejezett íze és illata	enyhén édeskés, tejszerű ízű, kesernyés utóízzel, enyhén tejes, krémes, édeskés illat	Tojásfehérje porra jellemző, kellemes, idegen íztől és illattól mentes
Állomány		finom, könnyen oldódó por, amely jól keveredik különféle folyadékokkal	finom, könnyen oldódó por, amely jól keveredik különféle folyadékokkal	por állagú, finom szemcsés, jól oldódó	Egyenletes por alakú, szemcsék szétnyomhatók
Átlagos tápérték 100 g termékben	Energia	1530 kJ/360 kcal	1530kJ/360kcal	379,88 kJ/kcal	2050 kJ / 480 kcal
	Zsír	0 g	0 g	4,92 g	0 g
	-amelyből telített zsírsavak	0 g	0 g	1,7 g	0 g
	Szénhidrát	0 g	0 g	4,5 g	6,0 g
	-amelyből cukrok	0 g	0 g	4,5 g	4,0 g
	Rost	-	-	-	0 g
	Fehérje	90 g	90 g	79,4 g	83,0 g
Só	0,7 g	0,7 g	-	3,8 g	

M3. Mandula-, tökmag-, szezám-, csillagfürtfehérje por tulajdonságai

		Név			
		Mandulafehérje por	Prana Bio Tökmag fehérje	Bio szezám fehérjepor	Bio Primo Lupinen Proteinpulver
					
Fehérjetartalom		50-55%	60%	55%	39%
Gyártó:		Balance Food Kft.	No!-Sweet Kft.	Raab Vitalfood GmbH	joy.foods GmbH
Fizikai és kémiai paraméterek					
Összetevők		100% mandulafehérje	100% bio tökmag	szezámfehérje	édes csillagfürtmag-por
Szín		világos krémszínű	zöldes-barna árnyalatú	sárgás színű	halványsárga
Íz és illat		jellegzetes mandula íz és illat, amely nem túl erőteljes	tökmag íz és illat	diós íz, enyhén érezhető a szezám illata	kissé szénás íz és illat
Állomány		finom, porszerű állagú, amely jól keveredik folyadékokkal	finomra őrölt por, amely mérsékelten oldódik folyadékokban	jól oldódik folyadékokban, bár néha enyhén szemcsés textúrájú lehet	jól oldódik folyadékokban, bár néha enyhén szemcsés textúrájú lehet
Átlagos tápérték 100 g termékben	Energia	1537 kJ/367 kcal	1684 kJ / 402 kcal	1675 / 400 kcal	1382 kJ/ 332 kcal
	Zsír	11 g	14 g	12 g	10 g
	-amelyből telített zsírsavak	1 g	2,6 g	2 g	1,5 g
	Szénhidrát	9,5 g	2,6g	16 g	4,5 g
	-amelyből cukrok	6,3 g	1,6g	1,5 g	3,5 g
	Rost	-	-	4 g	34 g
	Fehérje	50 g	60 g	55 g	39 g
Só	0,01 g	1,0 g	0,04 g	0,05 g	

M4. Érzékszervi bírálati lap

Kérem, értékelje a kávé ízesítésű tojásfehérje alapú minták érzékszervi tulajdonságait a megadott szempontok alapján! Pontozza a mintákat kedveltség szerint 1 – 9-es skálán (1 – egyáltalán nem tetszik, 9 – nagyon kedvelem)!

Minta kódja	Szín	Illat	Íz	Állomány	Összbenyomás	Megjegyzés
954						
931						
168						
571						
211						
378						
899						
333						
462						

11. Nyilatkozatok

MATE Szervezeti és Működési Szabályzat

III. Hallgatói Követelményrendszer

III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat

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

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

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Csordás Eszter
A Hallgató Neptun kódja: O4SMWE
A dolgozat címe: Növelt fehérjetartalmú tojásfehérje alapú kávé ital fejlesztése és vizsgálata
A megjelenés éve: 2025.
A konzulensek intézetének neve: Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet
A konzulensek tanszékének a neve: Állatitermék és Élelmiszertartósítási Technológiai Tanszék

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

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


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

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkorai 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: Budapest, 2025. november 3.


Hallgató aláírása

NYILATKOZAT

Csordás Eszter (hallgató Neptun azonosítója: O4SMWE) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védelemre javaslom / nem javaslom¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem²

Kelt: Budapest, 2025. november 3.



Belső konzulens aláírása
Dr. Hidas Karina Ilona



Belső konzulens aláírása
Vargáné Dr. Tóth Adrienn

¹ A megfelelő aláhúzendó.

² A megfelelő aláhúzendó.

Hallgatók, doktoranduszok nyilatkozata mesterséges intelligencia (MI) alkalmazásáról

1. Általános adatok

Hallgató neve:	Csordás Eszter
Neptun-kódja:	O4SMWE
Képzési szint (a megfelelőt jelölje X-szel):	X BSc/BA <input type="checkbox"/> MSc/MA <input type="checkbox"/> Doktori (PhD) X Egyéb: TDK
Tantárgy neve/kódja*:	Tudományos diákköri pályamunka
A munka címe:	Növelt fehérjetartalmú tojásfehérje alapú kávé ital fejlesztése és vizsgálata

* doktori értekezés esetén nem kitöltendő

2. Nyilatkozat az MI használatáról

Alulírott, etikai felelősségem teljes tudatában az alábbi nyilatkozatot teszem:

(Kérjük, válasszon egyet az alábbi lehetőségek közül!)

A) Nem alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Amennyiben ezt jelölte, a további táblázatok kitöltése nem szükséges.)

B) Alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Kérjük, töltsse ki a vonatkozó táblázatokat!)

3. A mesterséges intelligencia használatának részletezése

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

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

A felhasználás célja	Alkalmazott MI-eszköz neve és verziója	Érintett rész (ha nem a szöveg egészére vonatkozik)

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

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

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

	verziója, elérhetősége		bejegyzésének sorszáma

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

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

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

Oktató vagy témavezető által előírt szabályok:

.....

.....

.....

.....

4. Minden hallgatóra vonatkozó nyilatkozat:

Kijelentem, hogy az MI által esetlegesen generált tartalmakat minden esetben kritikailag felülvizsgáltam, szerkesztettem és a munkába illesztettem. A leadott munka minden eleméért, annak eredetiségéért és tudományos helytállóságáért teljes körű felelősséget vállalok. Tudomásul veszem, hogy a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem a benyújtott munkát mesterséges intelligencia detektorral ellenőrizheti, és eljárást kezdeményezhet, amennyiben a nyilatkozatom valótlan vagy hiányos.

Kelt: Budapest, 2025. október 27.

.....
Gondolós Erőss
Hallgató aláírása

.....
Dr. Hidas Karina Ilona
Konzulens/Témavezető aláírása

.....
Vargáné Dr. Tóth Adrienn
Konzulens/Témavezető aláírása