

SZAKDOLGOZAT

Kerekes Petra Lilla

2025



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

**Növelt fehérjetartalmú gumicukrok emészthetőségének és
technológiai tulajdonságainak vizsgálata**

Belső konzulensek: Vargáné Dr. Tóth Adrienn

Tudományos munkatárs

Tormási Judit

Egyetemi adjunktus

Belső konzulens intézete/tanszéke:

Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet,

**Állattermék és Élelmiszertartósítási Technológiai Tanszék, Élelmiszerkémia és
Analitika Tanszék**

Készítette: Kerekes Petra Lilla

Budapest

2025

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés és célkitűzések	3
1.1. Bevezetés	3
1.2. Kutatás célja és célkitűzései	4
2. Szakirodalmi áttekintés	5
2.1. Gumicukor története.....	5
2.1.1. A Haribo globális terjeszkedése.....	5
2.2. Gumicukor gyártási technológiája	5
2.2.1. A gumicukor fő alapanyagai.....	5
2.2.2. Az alapanyagok előkészítése	6
2.2.3. A formázás és szárítás folyamata.....	6
2.2.4. Végso technológiai lépések	7
2.3. Gumicukor piac és fogyasztói trendek	7
2.3.1. Gumicukor piacának változó fogyasztói preferenciái és forgalmazási csatornái	7
2.4. Új gumicukrok fejlesztése	8
2.4.1. Zselatin helyettesítők és azok hatásai.....	9
2.4.2. Cukorhelyettesítők alkalmazása gumicukrokban.....	9
2.4.3. Funkcionális gumicukrok és tápérték-növelés.....	10
2.5. Fehérjék szerepe és tulajdonságai	11
2.5.1. Az élelmiszerek emészthetőségének vizsgálata	11
2.5.2. Fehérjék emészthetősége és biohasznosulás	12
2.5.3. Emészthetőség vizsgálati módszerei	13
2.5.4. Statikus és dinamikus modellek.....	13
2.5.5. Fehérje indexek.....	13
2.5.6. A fehérjehiány hatásai és a fehérjeszükséglet optimalizálása	14
2.6. Zselatin, mint fehérje.....	15
2.6.1. Zselatin szerkezete és minőségi jellemzők	15
2.6.2. Zselatin alkalmazása és jótékony hatásai	16
3. Alkalmazott módszerek	18
3.1. Felhasznált anyagok	18
3.1.1. Termék elkészítése.....	22
3.2. Módszerek	23
3.2.1. pH mérés	23
3.2.2. Víz aktivitás mérése	24
3.2.3. Szín mérés	24
3.2.4. Szárazanyag-tartalom mérése	24
3.2.5. Állományprofil analízis.....	25
3.2.6. Érzékszervi vizsgálatok.....	26

3.2.7. Emészthetőség vizsgálata	27
4. Eredmények és értékelésük	30
4.1. pH mérés eredményei.....	30
4.2. Víz aktivitás eredményei	31
4.3. Színmérés eredményei.....	32
4.4. Szárazanyagtartalom-mérés eredményei	35
4.5. Állományprofil analízis eredményei	36
4.6. Érzékszervvizsgálat eredményei.....	41
4.7. Emészthetőség vizsgálat eredményei	46
5. Következtetések és javaslatok	49
6. Összefoglalás	51
7. Irodalomjegyzék	53
8. Táblázatok jegyzéke	57
9. Ábrák jegyzéke	58
10. Melléklet.....	59
Köszönetnyilvánítás.....	61

1. Bevezetés és célkitűzések

1.1. Bevezetés

A gemicukor széles körben kedvelt édesség, amelyet több korosztály is előszeretettel fogyaszt. Hagyományos változata elsősorban cukorból, zselésítő anyagokból (például zselatin vagy pektin), valamint ízesítő- és színezőanyagokból áll. Az utóbbi években azonban egyre nagyobb figyelem irányul az egészségtudatos táplálkozásra, ami új lehetőségeket teremt az édesiparban is. Ennek részeként a fehérjetartalom növelése egyre inkább előtérbe kerül, különösen az olyan termékek esetében, amelyek nemcsak élvezeti értékkel bírnak, hanem kedvező élettani hatásokat is kínálnak. Segíthet az idősebb felnőtteknek a szarkopénia megelőzésében vagy kezelésében, valamint a sportolóknak az izomregeneráció és az izomtömeg növelésének támogatásában.

A fehérje alapvető tápanyag, amely fontos szerepet játszik az izomépítésben, enzimek és hormonok képződésében, valamint az immunrendszer megfelelő működésében. A magas fehérjetartalmú élelmiszerek fogyasztása hozzájárulhat a szervezet regenerációjához, az izomtömeg fenntartásához és az általános táplálkozási egyensúly javításához. Különösen az aktív életmódot folytatók, sportolók és idősek körében nőtt meg az igény az ilyen típusú élelmiszerek iránt.

A gemicukrok népszerűsége, könnyű fogyaszthatósága és élvezeti értéke alkalmassá teszi arra, hogy alternatív fehérjeforrásként szolgáljon, különösen olyanoknak, akik számára a hagyományos fehérjebevitel kihívást jelent. A gemicukor fehérjetartalmának növelése azonban nem csupán táplálkozási előnyökkel jár, hanem technológiai kihívásokat is felvet, például az állag, az íz vagy a stabilitás szempontjából.

1.2. Kutatás célja és célkitűzései

A cél egy olyan gumi-cukor-termék előállítása és vizsgálata, amely megnövelt fehérjetartalommal rendelkezik, miközben megőrzi a hagyományos gumi-cukor által kedvelt textúrát és ízvilágot. Ehhez fontos megvizsgálni, hogy mely fehérjetípusok alkalmazhatók a gumi-cukor előállításában, hogyan befolyásolják ezek a termék fizikai tulajdonságait, valamint milyen technológiai módosításokra van szükség a kiváló minőség biztosítása érdekében.

A kutatás során különböző fehérjetípusok alkalmazásának hatását elemeztem a gumi-cukor állományára, rugalmasságára és ízére. Emellett vizsgáltam a megnövelt fehérjetartalmú gumi-cukor emészthetőségét és fehérjetápértékét.

A munkám részeként összehasonlító elemzést végeztem a hagyományos (Haribo Tropifrutti) és a fehérjedúsított gumi-cukor fizikai, kémiai és érzékszervi tulajdonságairól. Meghatároztam és elemeztem a termék állományát, szárazanyagtartalmát, vízaktivitását, pH-értékét, valamint színmérést is végeztem. Továbbá érzékszervi bírálatot készítettem annak érdekében, hogy feltárjam, a fehérjetartalom növelése milyen hatással van a gumi-cukor szerkezeti és érzékszervi tulajdonságaira, és ezáltal mennyire befolyásolja annak fogyasztói elfogadhatóságát.

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1. Gumicukor története

A gumicukor gyártása Hans Riegel német cukrász nevéhez fűződik, aki 1920-ban megalkotta a Haribo nevű édességgyártó céget. Hans Riegel 1922-ben mutatta be első gumyszerű édességét, amelyet Táncoló Medvének (németül Tanzbären) nevezett el. Ez a jelenlegi gumimaciknál nagyobb és karcsúbb volt, azokról a táncoló medvékről kapta a formáját, amelyek korábban az európai fesztiválokon szórakoztatták a gyerekeket. A Haribo gumimacik az évek során többször is megújultak, jelentős átalakuláson estek át 1960-ban, amikor a cég a táncoló medvéket Goldbears névre keresztelte. Riegel előtt már mások is kísérleteztek a gumicukorhoz hasonló édeségekkel, így munkája inkább egy meglévő ötlet továbbfejlesztésének tekinthető. 1909-ben Nagy-Britanniában megjelentek a zselatin alapú rágós cukorkák, például a borragógumik (nevük ellenére nem tartalmaztak alkoholt), valamint a Jujubes (1920) és a Chuckles (1921). A keményítőből készült Jujubes és a pektin alapú Chuckles nem tudta megidézni Riegel gumicukrainak textúráját, és egyik sem adta vissza ugyanazt a játékos hangulatot (Herrmann, 2022).

2.1.1. A Haribo globális terjeszkedése

A Haribo 1982-es belépése az Egyesült Államok piacára mérföldkőnek számított a márka történetében. Ezzel a lépéssel még több emberhez jutottak el a gumimacik, miközben új lehetőségeket teremtett a növekedés és az innováció számára. A siker után a Haribo folytatta globális terjeszkedését, tovább erősítve nemzetközi jelenlétét. A márka számos országban megtalálható, ahol a különböző piacok egyedi ízlésvilágához és fogyasztói preferenciáihoz alkalmazkodott (The history of gummy bears, n.d.).

2.2. Gumicukor gyártási technológiája

2.2.1. A gumicukor fő alapanyagai

A gumicukor világszerte az egyik legnépszerűbb édesség, amelynek előállítása összetett technológiai folyamatot igényel. A gumicukor fő összetevői a szacharóz, glükózsirup, amelyeket különféle zselésítőszerekkel egészítenek ki. Ezek lehetnek állati eredetű zselatinok,

vagy az egyre inkább elterjedtebb növényi alternatívák, például pektin, agar-agar vagy xantángumi. Azonban ezeknek az alkalmazása gondos mérlegelést igényel. Kiválasztásnál fontos figyelembe venni a pH-t, valamint hogy milyen hatással vannak a végtermék állagára, ízére és eltarthatóságára (Tarahi és mtsai., 2023).

A gumicukrok édes ízét különböző cukrok és cukoralkoholok adják, például a szacharóz, fruktóz, kukoricaszirup és szorbitol. A szacharóz a fő édesítő komponens, azonban a fruktóz jóval intenzívebb édességet ad. A kukoricaszirup nemcsak az íz kialakításában, hanem a nedvesség megőrzésében és a gyártási költségek csökkentésében is szerepet játszik. A szorbitol szintén hozzájárul a termék állagának és víztartalmának megőrzéséhez. A gumicukrok ízét a cukrok mellett természetes és mesterséges aromák is alakítják. A természetes aromák gyümölcsökből, mézből vagy melaszból származnak, míg a mesterségesek különféle illatanyag-keverékekből készülnek (Gummy candy, n.d.).

2.2.2. Az alapanyagok előkészítése

A gumicukrok gyártása az alapanyagok pontos kimérésével és előkészítésével kezdődik majd ezt követi a keverési szakasz. A szakemberek gondosan követik a receptek utasításait, és az összetevőket nagyméretű, keverési, fűtési és hűtési funkciókkal ellátott keverőtartályokba adagolják. A tétel méretétől függően az összeállítási folyamat 1-3 órát vesz igénybe. (Gummy candy, n.d.).

2.2.3. A formázás és szárítás folyamata

Miután a gumicukrok összeállítása megtörtént, a kész anyagot a keményítőformázógépbe helyezik. A keményítő három fő funkciót lát el: megakadályozza, hogy a gumicukrok a formához tapadjanak, stabilizálja a gumicukrokat a szárítás és hűtés során, valamint felszívja a felesleges nedvességet, biztosítva ezzel a megfelelő állagot és textúrát. A tálcák egymásra kerülnek, majd keményítőkukba szállítják, ahol a gumicukor egy rezgő szitán keresztül mentesül a felesleges keményítőtől. A pneumatikus keményítőkuk továbbá képes a felesleges keményítőt sűrített levegő segítségével eltávolítani. A tisztított és megszáritott keményítőt visszajuttatják a folyamatba, így újra felhasználható lesz. (Gummy candy, n.d.).

2.2.4. Végso technológiai lépések

A keményítőt az üres tálcákba töltik, majd egyenletesen elsimítják. A megtöltött tálcákat a nyomtatóasztalra helyezik, ahol egy nyomólap, amelyen a termékek fordított formája található, belepréseli a mintát a keményítőrétegbe. Így alakulnak ki azok a mélyedések, ahová a későbbiekben a cukormasszát öntik. Ezután a tálcák tovább haladnak a betétező egységbe. Ez a berendezés olyan töltőfejekkel van felszerelve, amelyek pontosan meghatározott mennyiségű masszát adagolnak a formákba, miközben a tálcák alatta haladnak el. A betétező egység akár 30 vagy több töltőfejet is tartalmazhat, attól függően, hogy a tálcákban mennyi lenyomat található. A modernebb rendszerek további előnyt kínálnak, mivel a színezékeket, ízesítőket és savakat közvetlenül a töltőfejekben lehet hozzáadni az alaptömeghez. Lehetővé téve ezzel, hogy egyszerre többféle színű és ízű termék készüljön, gyorsítva és hatékonyabbá téve a gyártási folyamatot. A formákba adagolás után a cukormasszát, a megtöltött tálcákat egy rakodógép összegyűjti, és a hűtőhelyiségbe szállítja. Itt a cukrok hosszabb ideig, akár 24 órán keresztül hűlnek és szilárdulnak, hogy elérjék a megfelelő állagot és formát. A pihentetés során a massa megszilárdul, és felveszi a végleges alakját. Amikor a folyamat befejeződött, a tálcákat visszaviszik a gépbe és kezdetét veszi egy újabb folyamat (Gummy candy, n.d.).

2.3. Gumicukor piac és fogyasztói trendek

A globális gumicukor-piac napjainkban rendkívül gyorsan fejlődik, és több szempont alapján is felosztható. A legfontosabb tényezők közé tartozik a termék típusa, az ízvilág, az alkalmazás, valamint a forgalmazási csatornák. A fejlődés fő mozgatórugója a fogyasztók édességekkel kapcsolatos kereslete, továbbá az útközben is könnyen fogyasztható nassolnivalók iránti egyre növekvő igény (Gusain, 2024).

2.3.1. Gumicukor piacának változó fogyasztói preferenciái és forgalmazási csatornái

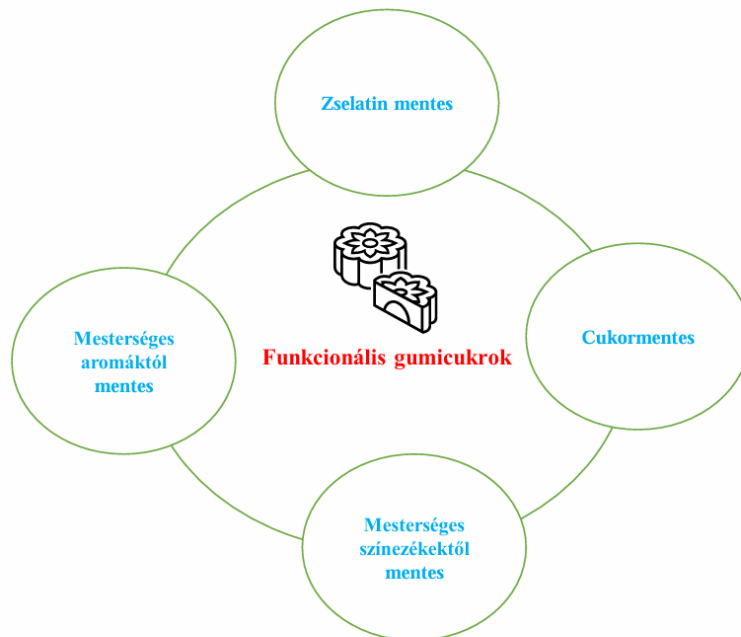
A gumimacik vitaminos és étrend-kiegészítő változatai kényelmes, élvezetes formában biztosítják a szükséges tápanyagok bevitelét. Mindemellett egyedi állaguk, gyümölcsös ízviláguk és medve alakjuk miatt vonzóak a gyermekek és felnőttek számára, alternatívát nyújtva a hagyományos tablettákkal szemben. A funkcionális gumicukrok között találunk olyanokat, amelyek vitaminokkal és ásványi anyagokkal erősítik az immunrendszert, de elérhetőek olyan változatok is, amelyek omega-3 zsírsavakat tartalmaznak a szív- és érrendszeri

egészség támogatására, valamint probiotikumot és prebiotikumokat, amelyek elősegítik a bélflóra egyensúlyát és a bélrendszer megfelelő működését. A technológiai fejlődés lehetővé teszi, hogy a gyártók olyan megoldásokat alkalmazzanak, amelyek irányítottan szabadítják fel a gemicukor hatóanyagait. Bizonyos gemicukrokat úgy fejlesztenek ki, hogy hatóanyagaikat fokozatosan, elnyújtott idő alatt szabadítsák fel, ezáltal tartósabb élettani hatást biztosítva a fogyasztók számára. Továbbá, a piaci szereplők egyre nagyobb hangsúlyt fektetnek olyan innovatív gemicukor-termékek fejlesztésére, amelyek speciális egészségügyi célokat vagy életkori sajátosságokat vesznek figyelembe. A fogyasztók ma egyre inkább egészségükkel és környezetvédelemmel összhangban álló termékeket részesítenek előnyben. Ennek eredményeként a növényi alapú gemicukrok fenntarthatósági és egészségügyi szempontból előnyösebb választást jelentenek az állati eredetű zselatint tartalmazó termékekhez képest. Emellett a vegán és vegetáriánus étrendet követők számára kiemelten fontos, hogy olyan gemicukrot válasszanak, amely egységben áll étkezési szokásaikkal. A terjesztési csatornák tekintetében a szupermarketek, kisboltok és hagyományos kiskereskedelmi üzletek- azaz az offline forgalmazási csatornák, nagyobb elérhetőséggel rendelkeznek, mint az online kereskedelem. Ugyanakkor a fogyasztók számára az online vásárlás kényelme és a házhoz szállítás opciója egyre inkább vonzó megoldássá válik. A régió gemicukorgyártói folyamatosan új ízekkel reagálnak a fogyasztói igények változására, amelyek különösen a fiatalabb korosztály, köztük a gyermekek körében vonzóak. Ez várhatóan további keresletnövekedést eredményez, hozzájárulva ezzel az európai gemicukorpiac fejlődéséhez (Gummy Market Size, Share & Growth Analysis Report, 2030, n.d.).

2.4. Új gemicukrok fejlesztése

Noha a gemicukrok népszerűek, általában alacsony tápértékkel rendelkeznek és magas cukortartalmúak, ami hozzájárulhat olyan krónikus állapotok kialakulásához, mint az elhízás, fogszuvasodás, hiperglikémia és 2-es típusú cukorbetegség. A problémára az új típusú, alacsonyabb cukortartalmú vagy alternatív édesítőszeret tartalmazó készítmények fejlesztése ígéretes lehet. Ugyanis ez lehetővé teszi, hogy az egészségügyi előnyök mellett a kellemes érzékszervi tulajdonságok is megmaradjanak (Tarahi és mtsai., 2023).

1. ábra: A funkcionális gumicukrok új formulái (forrás: Tarahi és mtsai., 2023; saját szerkesztés)



2.4.1. Zselatin helyettesítők és azok hatásai

Az új típusú gumicukrok gyártásában kulcsfontosságú szerepet kap az agar-agar és agargumi, amelyek a zselatin helyett alkalmazhatók, lehetővé téve a gyártók számára, olyan vegán termékek készítését, amelyek egyedi textúrával és élvezeti értékkel rendelkeznek (Tarahi és mtsai., 2023). Az agar-agar jelentősen befolyásolja a gumicukrok textúráját, mivel elősegíti a rugalmas és szilárd gél kialakulását, ami feszesebb és stabilabb állagot eredményez a termékben. A guargumi stabilizáló és sűrítő hatásainak köszönhetően megfelelő állagot és nedvességtartást biztosít a gumicukrok számára. Az alábbi alternatívák egyedileg nem képesek az elvárt gumicukor jellemzőket biztosítani, azonban kombinált alkalmazásuk eredményeként optimális rágóságot, gumisságot és nagyfokú általános elfogadhatóságot biztosítanak (Rawat és mtsai., 2024).

2.4.2. Cukorhelyettesítők alkalmazása gumicukrokban

A zselatin helyettesítők mellett egyre nagyobb szerepet kapnak a cukormentes készítmények, amelyek segítik az étrendi korlátozásokkal rendelkezőket abban, hogy ők is élvezhessék ezt a

finomságot. Az alternatív édesítőszer bevezetése a gemicukrok előállításánál számos tényező alapos mérlegelését igényli, beleértve az édesítőszer kiválasztását, recept módosítását, valamint annak hatását a végtermék textúrájára, ízére és eltarthatóságára. Az egyik legnépszerűbb édesítőszer alternatíva az eritrit, amely egy kukoricaalapú cukoralkohol és amelynek édesítőereje körülbelül 70%-át a cukorhoz képest eléri továbbá textúrája is hasonló a cukoréhoz (Tarahi és mtsai., 2023).

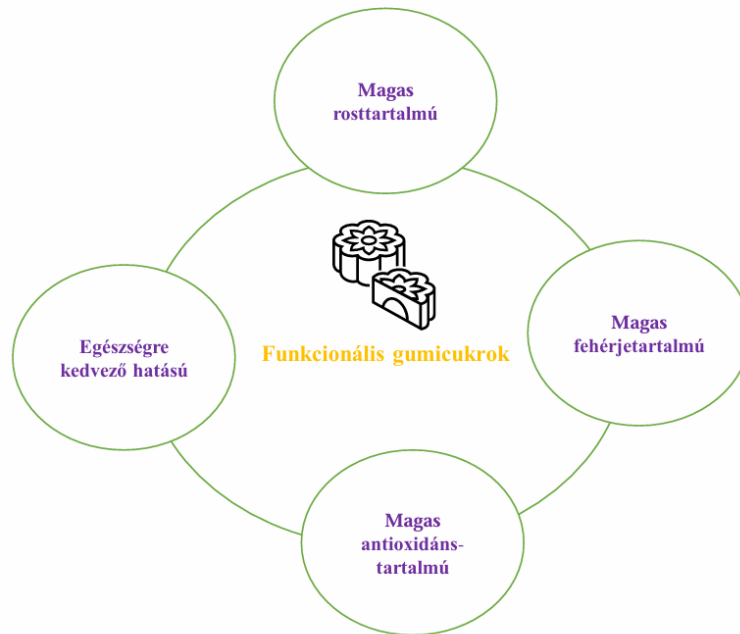
Gan és munkatársainak (2022) kutatása szerint a részben és teljesen cukorhelyettesített gemicukrok glikémiás indexe alacsonyabb a hagyományos termékekkel szemben, ami azt mutatja, hogy a cukor kiváltása mérsékli a glikémiás indexet, ezáltal a cukorbeteg számára készült étrend-kiegészítők gyártásában alkalmazható. Azonban nagy mennyiségben fogyasztva befolyásolhatja a gemicukrok általános ízét. A cukor helyettesítésére további lehetőségeket kínálnak olyan alternatív édesítőszer, mint a stevia, xilit, méz, izomaltulóz, maltit (Tarahi és mtsai., 2023).

2.4.3. Funkcionális gemicukrok és tápérték-növelés

A hagyományos gemicukrok nagy mennyiségben tartalmaznak gyorsan felszívódó szénhidrátokat, valamint olyan vegyületeket, amelyek kedvezőtlen élettani hatásuk miatt hozzájárulhatnak különféle egészségügyi problémák kialakulásához (Tarahi és mtsai., 2023).

A tudatos fogyasztók számára fontos, hogy egyszerűen és kényelmesen beilleszthessék a funkcionális összetevőket az étrendjükbe (Vojvodić Cebin és mtsai., 2024). Ennek következtében megnövekedett az igény a funkcionális gemicukrok előállítás iránt. A funkcionális gemicukrok egy vagy több biológiailag aktív összetevőt tartalmaznak, amelyek támogatják a szervezet különböző működéseit és egészségét. Tápértékük javításának egyik lehetséges módja a dúsítás, amely történhet rostokkal, fehérjékkel, antioxidánsokkal, ásványi anyagokkal, vitaminokkal és probiotikumokkal. A fehérjék az emberi táplálkozás alapvető makrotápanyagai, ugyanis fontos szerepet játszanak az immunválaszokban, sérült sejtek regenerálásában és az izomtömeg fenntartásában. A fogyasztók fehérjebevitelének növeléséhez szükséges a fehérjével dúsított élelmiszer-készítmények kifejlesztése. A magas fehérjetartalmú gemicukrok nemcsak jobb tárolhatóságot kínálnak, hanem érzékszervi tulajdonságaik is kedvezőbbek lehetnek a fogyasztók számára (Tarahi és mtsai., 2023).

2. ábra: A funkcionális gumicukrok típusai (forrás: Tarahi és mtsai., 2023; saját szerkesztés)



2.5. Fehérjék szerepe és tulajdonságai

A fehérjék aminosavakból épülnek fel, amelyek amino- és karbonilcsoportot tartalmazó szerves anyagok. Felépítésük hatással van az emészthetőségükre, az aminosavak biológiai hasznosulására, valamint a szervezetben általuk kiváltott élettani hatásokra. Az étrendi fehérjék aminosav-összetétele és biológiai hasznosulása kulcsfontosságú a fehérjeforrás tápértékének meghatározásában. A fehérje szerkezetének, táplálkozási szerepének, emészthetőségének és biológiai hasznosulásának ismerete elengedhetetlen az optimális étrendi döntésekhez és a szervezet megfelelő tápanyagellátásának biztosításához (Ajomiwe és mtsai., 2024).

2.5.1. Az élelmiszerek emészthetőségének vizsgálata

Manapság egyre nagyobb figyelmet fordítanak arra, hogy miként befolyásolja a táplálkozás az emberi egészséget. Ennek egyik fontos lépése az élelmiszerek emésztésének és viselkedésének vizsgálata a gyomor-bélrendszerben. Az ilyen vizsgálatok során gyakran alkalmaznak *in vitro* módszereket, amelyek képesek modellezni az emésztési folyamatokat. Ezek a rendszerek lehetővé teszik az élelmiszerek szerkezeti változásainak, az emészthetőségüknek, valamint a tápanyagok és egyéb összetevők felszabadulásának tanulmányozását. Ezáltal pontosabb képet

kaphatunk arról, hogy az elfogyasztott élelmiszerek milyen mértékben hasznosulnak a szervezetben, ami elősegíti az egészséges étrendek és élelmiszer-fejlesztési stratégiák kialakítását (Kiran és mtsai., 2025).

2.5.2. Fehérjék emészthetősége és biohasznosulás

A különböző fehérjék emészthetősége jelentős mértékben eltér. Halból, húsból, sajtból és tojásból származó állati eredetű fehérjék jól emészthetőek. Ezzel szemben a növényi eredetű fehérjeforrások gyakran tartalmaznak olyan antinutritív anyagokat, amelyek az emésztés során gátolják a fehérjék lebontását és hasznosulását. Emellett a nagyméretű, rostos fehérjekomplexek lebontása nehezebb, mint a kisebb fehérjéké, és bizonyos típusok, például a keratin, egyáltalán nem emészthetők. A fehérje alakja is befolyásolja az emészthetőséget, a szoros gömb alakú vagy hidrofób maggal rendelkező fehérjék ellenállóbbak a hidrolízissel szemben, ezért lassabban bomlanak le. A fehérje szerkezete a különböző eljárások hatására megváltozhat, ami javíthatja vagy csökkentheti emészthetőségüket, annak függvényében, hogy milyen technológiát és fehérjét alkalmaznak. A legjelentősebb hatást a hőkezelés és a nyíróerők fejtik ki, valamint ezek energiabevitel megzavarja a fehérjék harmadlagos szerkezetét, ami hidrofób régiók feltárlásához és emésztéssel szemben ellenálló fehérjeaggregátumok képződéséhez vezethet. A folyamat során diszulfidkötések is átrendeződhetnek, amelyek stabilizálják az aggregátumokat, megnehezítve a fehérjék megfelelő újratekeredését (Ajomiwe és mtsai., 2024).

A biológiai hozzáférhetőség azt mutatja meg, hogy az elfogyasztott tápanyagok milyen mértékben és formában válnak a szervezet számára hasznosíthatóvá. Ez az arány azt mutatja meg, hogy az emésztés során a tápanyagok vagy vegyületek mennyire szabadulnak fel az élelmiszer-mátrixból, továbbá mennyire válhatnak elérhetővé a vékonybélben történő felszívódásra. Végül soron a biológiai hozzáférhetőség a szervezetbe jutott, metabolizált vagy változatlan formában érkező vegyületek mennyiségét jelzi, amelyek képesek kifejteni bioaktív hatásukat vagy raktározódni a célszövetekben (Rodrigues és mtsai., 2022).

A biológiai hozzáférhetőséget számos tényező befolyásolja, többek között az emésztett élelmiszer-mátrix összetétele, az egyes komponensek kölcsönhatása, valamint a fizikai, kémiai tulajdonságok, mint például a mátrix pH-ja, hőmérséklete és textúrája. Ezen felül a bioaktív vegyületek molekuláris szerkezete is jelentősen meghatározza felszívódásuk mértékét és hatékonyságát (Rein és mtsai., 2013).

2.5.3. Emészthetőség vizsgálati módszerei

Az emészthetőséget általában százalékban fejezik ki. Élelmiszerek, takarmányok fehérje tápértékének meghatározására számos *in vitro* és *in vivo* módszer áll rendelkezésünkre. Az *in vitro* emészthetőség a fehérje lebontásának laboratóriumi körülmények között végzett szimulációja, amelyet kémcsövekben hajtanak végre. Ezt a módszert a fehérje hidrolízis mértékének meghatározására, illetve az emészthetőség számszerűsítésére használják különböző állatfajoknál és embereknél egyaránt. Bár ezek a modellek nem képesek teljes mértékben megmutatni a szervezetben jelenlévő enzimek és folyamatok összetett hatásait, jó közelítéssel utánozzák a természetes emésztést (Rojo-Arreola és mtsai., 2019). Az *in vitro* módszerek nagy előnye, hogy gyorsan, költséghatékonyan és reprodukálhatóan teszik lehetővé a fehérjék emészthetőségének vizsgálatát (Swaigood és Catignani, 1991).

2.5.4. Statikus és dinamikus modellek

Az *in vitro* emésztési modellek alapvető eszközt jelentenek az élelmiszerek emészthetőségének vizsgálatában, mivel lehetővé teszik az emberi emésztőrendszer működésének utánozását szabályozott laboratóriumi körülmények között (Sensoy, 2021). Ezzel szemben az *in vivo* modellek az emberi szervezetben vagy élőállatokban végzett vizsgálatokat jelentik, amelyek etikai, időbeli és költségbeli korlátaik miatt kevésbé alkalmasak nagyobb mintaszámú kísérletekre (Kiran és mtsai., 2025).

Az *in vitro* statikus rendszerek képesek leegyszerűsíteni a rendkívül bonyolult emberi emésztési folyamatot, azáltal, hogy szimulálják a száj, a gyomor és a bél állapotát. Továbbá egyszerű felépítésűek, gyorsan alkalmazhatóak és jól ismételhetők, így különösen hasznosak a fehérjeemésztés vizsgálatában (Xavier és Mariutti, 2021).

A dinamikus rendszerek kialakítása lehet egy-vagy többrekeszes, utóbbiak általában a gyomor és a vékonybél működését utánozzák, de bizonyos modellek, a vastagbél folyamatainak szimulációját is tartalmazzák (Sensoy, 2021).

2.5.5. Fehérje indexek

A fehérjeminőség értékelése a táplálkozástudományban kiemelten fontos, mivel a fehérjék aminosav-összetétele és emészthetősége alapvetően befolyásolja azok tényleges tápértékét. A FAO/WHO által ajánlott módszerek közé tartozik a fehérje emészthetőséggel korrigált aminosav-pontszám (PDCAAS) és az emészthető nélkülözhetetlen aminosav-pontszám

(DIAAS), amelyek a fehérjék tápértékét a szervezet számára hasznosítható aminosavak mennyisége alapján határozzák meg.

A PDCAAS egy olyan mutató, amely a vizsgált fehérje első korlátozó aminosavának arányát hasonlítja össze a referenciafehérje megfelelő aminosavával (Ajomiwe és mtsai., 2024). A számítás során a FAO/WHO/UNU által meghatározott aminosav-referenciamintát veszik alapul, és az így kapott aminosav-pontszámot megszorozzák a fehérje emészthetőségi tényezőjével. A PDCAAS értéke 0 és 1 (vagy 0-100 %) között mozog, a 100% feletti értéket pedig 100%-ra korlátozzák (Forester és mtsai., 2023). A PDCAAS módszer előnye, hogy viszonylag egyszerűen alkalmazhatóak és közvetlen összefüggést mutat az emberi szervezet fehérjeszükségleteivel. Ugyanakkor számos korlátjai is vannak. A referencia aminosav minta a szövetek növekedéséhez és fenntartásához szükséges minimális aminosav igényt veszi alapul, amely viszont nem feltétlenül tükrözi az optimális aminosav bevitelt (Schaafsma, 2012).

A DIAAS a PDCAAS továbbfejlesztett változata, amely a fehérjeminőség pontosabb meghatározására szolgál. A módszert úgy fejlesztették ki, hogy alkalmas legyen egy adott élelmiszer fehérjeminőségének meghatározására, figyelembe véve az egyes esszenciális aminosavak ileumban mért, valódi emészthetőségét. A DIAAS az ileumban felszívódott étrendi nélkülözhetetlen aminosavak arányát mutatja a referenciafehérjéhez viszonyítva (Ajomiwe és mtsai., 2024). A DIAAS értékét az alábbi képlettel lehet kiszámolni (Moughan és Lim, 2024).

$$DIAAS(\%) = \min\left(\frac{\text{mg rendelkezésre álló első korlátozó esszenciális aminosav 1 g tesztfehérjében}}{\text{mg ugyanaz az aminosav 1 g referenciafehérjében}}\right) \times 100 \quad (1)$$

2.5.6. A fehérjehiány hatásai és a fehérjeszükséglet optimalizálása

Az elmúlt évtizedek kutatásainak eredményeként a fehérjeszükséglet kérdésköre átalakult, és ma már nem csupán az összes fehérje mennyiségre, hanem a nélkülözhetetlen aminosavak meghatározott mennyiségi igényeire helyeződik a hangsúly. A kutatók arra is rávilágítottak, hogy nem csak a limitáló aminosavak hiányát szükséges pótolni, hanem az esszenciális aminosavak harmonikus arányának biztosítására is törekedni kell. Az aminosavak iparszerű termelésének elindulása lehetővé tette a limitáló aminosavak pótlását. Emellett ma már rendelkezésre állnak olyan aminosav-összetételek, amelyek táplálkozás élettani szempontból optimálisnak tekinthetők (Csapó, 2018).

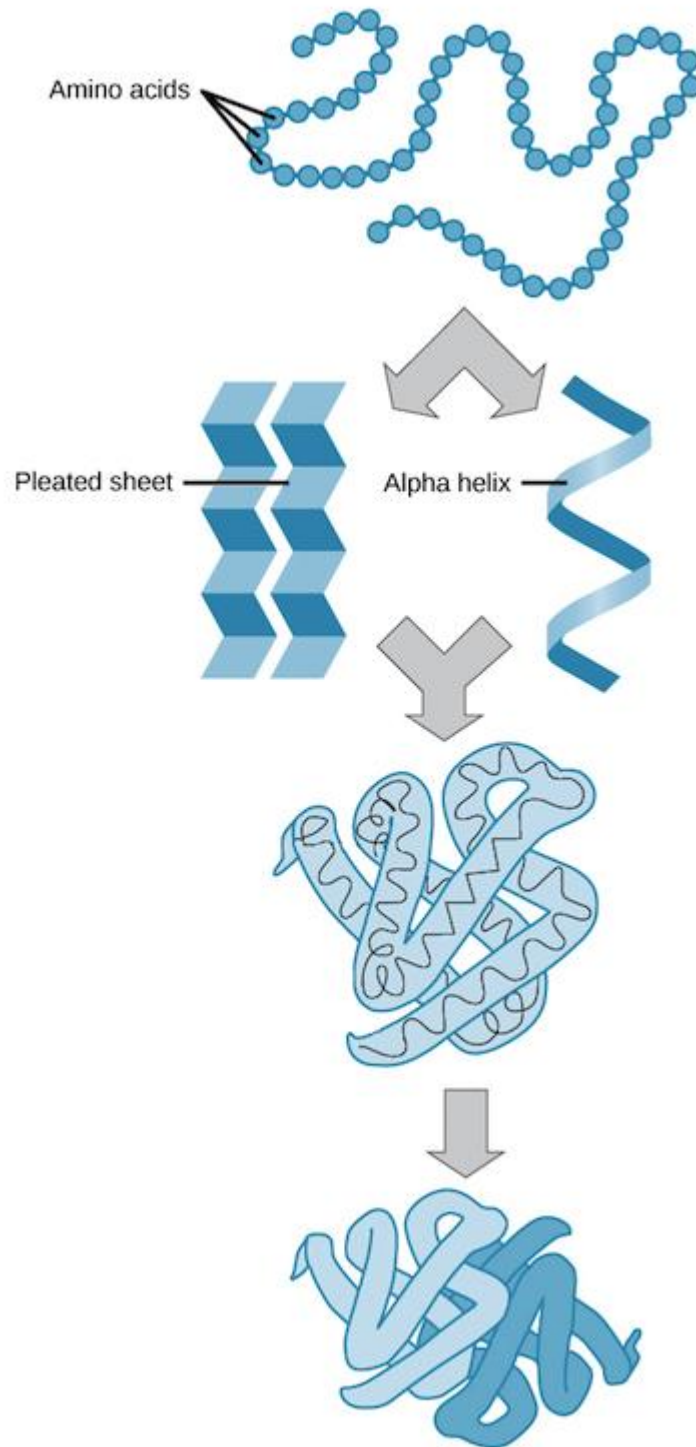
2.6. Zselatin, mint fehérje

A zselatin a kollagén lebontásával előállított természetes polimer, savas, lúgos vagy hőkezeléses hidrolízissel nyerhető. Az alkalmazott eljárás módja, az alapanyagként használt állatfaj (például: hal, sertés, marha vagy ló), valamint a felhasznált szövet típusa (bőr, csont, ín, pikkely) és az állat életkora mind befolyásolják a végtermék tulajdonságait. (Milano és mtsai., 2023).

2.6.1. Zselatin szerkezete és minőségi jellemzők

A zselatinnak két fő típusa létezik: A típusú (kationos), amely savas hidrolízissel készül, és a B típusú (anionos), amely lúgos kezeléssel származik. Az eljárás során a fehérje amid és karboxilcsoportjai átalakulnak, ami a zselatin izoelektromos pontját és töltését befolyásolja. A zselatin polipeptidláncai különböző molekulatömegűek lehetnek, és szerkezetük három szinten rendeződik: elsődleges (aminosavsorrend), másodlagos (α -láncok kölcsönhatásai, hurkok) és harmadlagos (láncok térbeli elrendeződése). A zselatin fizikai, kémiai tulajdonságai, például viszkozitás, gélerősség (Bloom-érték), hőstabilitás, olvadási és zselésedési hőmérséklet, a koncentráció, hőmérséklet, pH, polimerláncok szerkezet és molekulatömeg-elosztása függvényében változnak. Általánosságban az emlősökből származó zselatin erősebb gélképződést és magasabb olvadási hőmérsékletet biztosít, míg a hal zselatin alacsonyabb hőmérsékleten gélesedik és kevésbé erős gélt alkot (Milano és mtsai., 2023).

3. ábra: Fehérje szerkezeti szintjei (forrás: *Orders of protein structure, n.d.*)



2.6.2. Zselatin alkalmazása és jótékony hatásai

A zselatin egy sokoldalúan felhasználható polimer. Nemcsak olcsó és könnyen beszerezhető, hanem biológiailag lebomló, alacsony immunválaszt vált ki, és jól kompatibilis az élő

szervezetekkel. Emellett belső bioaktivitással is rendelkezik, mivel tartalmaz egy arginin-glicin-aszparagin (RGD) szekvenciát, amely segíti a sejtek megtapadását és kapcsolódását. Ráadásul a zselatin számos funkciós csoporttal rendelkezik, amelyek könnyen módosíthatók, például térhálós anyagokkal vagy célzott ligandumokkal való összekapcsolás révén. Ennek köszönhetően széles körben alkalmazzák különböző iparágakban, például az orvosi biológiai, gyógyszeripari, kozmetikai és élelmiszeripari szektorban, ahol szubsztrátok és egyéb funkcionális anyagok előállítására használják. Az élelmiszeriparban leginkább sűrítőanyagként, emulgeálószerként, stabilizátorként, textúrázószerként alkalmazzák, emellett filmképző tulajdonságainak köszönhetően húsipari termékek és édességek bevonataként is felhasználják (Milano és mtsai., 2023).

A zselatinnak számos jótékony hatása van az emberi szervezetre. Elsősorban a bőr, az ízületek, a haj, a köröm és a bélrendszer egészségét támogathatja. A zselatin esszenciális aminosavakat tartalmaz, amelyek szükségesek a fehérjék felépítéséhez, és számos egészségügyi előnnyel bírnak. Ezek a fehérjék és aminosavak hozzájárulhatnak a kollagén képződéséhez, mely elengedhetetlen az egészséges bőr fenntartásához. Továbbá erősítik a kötőszöveteket és mérséklék az ízületi panaszokat. A zselatinban található lizin erősíti a csontokat és csökkenti a csontritkulás kockázatát. A zselatin fehérjéi erősítik a bélfalat, segítve a védő nyálkahártya kialakulását. A zselatin glutamint is tartalmaz, amely megvédi a bélfalat a sérülésektől és megelőzi a szivárgó bél szindrómát. A glicin pedig hozzájárulhat a vércukorszint szabályozásához, különösen a 2-es típusú cukorbetegségeknél (Health benefits of gelatin, n.d.).

3. Alkalmazott módszerek

3.1. Felhasznált anyagok

Az alábbi táblázatok a gumicukor előállításánál felhasznált alapanyagok legfontosabb adatait tartalmazzák. A táblázatokban feltüntetésre került a termékek nevei, gyártója, valamint a tápértékjelölés alapján megadott energia, zsír, telített zsírsav, szénhidrát, cukor, fehérje és sótartalom. Ezek az információk különösen fontos szerepet játszottak a gumicukor fehérjetartalmának kiszámításában.

A gumicukor előállításánál az alapanyagokat azok fehérjetartalma és technológiai tulajdonságai alapján választottam ki. A tojásfehérje-alapú Totu termékek természetes, jól emészthető fehérjeforrások, amelyek a gumicukor fehérjetartalmának növelését szolgálták. A zselatin a termék állagának és textúrájának a kialakításában töltött be fontos szerepet, míg a Les Vergers gyümölcspüréi természetes színt és ízt biztosítottak. Az eritritol (Belbake) alacsony kalóriatartalmú édesítőszerként, a C-vitamin por (Vital Trend) pedig antioxidánsként járult hozzá a termékhez. Az alapanyagok kiválasztásánál a minőség, biztonság, és egészség tudatosság voltak a meghatározó szempontok.

A termékekre vonatkozó tápértékadatok saját adatgyűjtés eredményeként kerültek rögzítésre. Az adatok elsősorban a termékek csomagolásán feltüntetett jelölésekből származnak, a citrompüré esetében pedig a gyártó által kiadott műszaki adatlap szolgált forrásul.

1. táblázat: Totu ital összetétele (Totu ital csomagolása)

Termék neve	Totu ital (tojásfehérje készítmény)
Gyártó	Capriovus Kft.
Energia	105 kJ/25 kcal
Zsír	0 g/100 g
Telített zsírsav	0 g/100 g
Szénhidrát	0,2 g/100 g
Cukor	0,1 g/100 g
Fehérje	6,0 g/100 g
Só	0,4 g/100 g

2. táblázat: Totu krém összetétele (Totu krém csomagolása)

Termék neve	Totu krém (tojásfehérje készítmény)
Gyártó	Capriovus Kft.
Energia	260 kJ/61 kcal
Zsír	0 g/100 g
Telített zsírsav	0 g/100 g
Szénhidrát	0,3 g/100 g
Cukor	0,2 g/100 g
Fehérje	15 g/100 g
Só	0,3 g/100 g

3. táblázat: Trópusi gyümölcspüré összetétele (Gyümölcspüré csomagolása)

Termék neve	Pasztörözött gyümölcspüré – Trópusi gyümölcs
Gyártó	Les Vergers Boiron S.A.S.
Energia	305 kJ/72 kcal
Zsír	0 g/100 ml
Telített zsírsav	0 g/100 ml
Szénhidrát	17 g/100 ml
Cukor	14,3 g/100 ml
Rost	0,6 g/100 g
Fehérje	0,6 g/100 ml
Só	0 g/100 ml

4. táblázat: Les Vergers Boiron citrompüré összetétele (Internet 1)

Termék neve	Fagyasztott gyümölcspüré – citrom
Gyártó	Les Vergers Boiron S.A.S.
Energia	137 kJ/33 kcal
Zsír	0,1 g/100 g
Telített zsírsav	0 g/100 g
Szénhidrát	7 g/100 g
Cukor	0,7 g/100 g
Rost	0,1 g/100 g
Fehérje	0,9 g/100 g
Só	0 g/100 g

5. táblázat: C-vitamin por összetétele (Vital Trend C-vitamin por csomagolása)

Termék neve	C-vitamin por
Gyártó	Vital Trend Kft.
Energia	0 kJ/0 kcal
Zsír	0, g/100 g
Telített zsírsav	0 g/100 g
Szénhidrát	0 g/100 g
Cukor	0 g/100 g
Fehérje	0 g/100 g
Só	0 g/100 g

6. táblázat: Eritritol összetétele (Belbake Eritritol csomagolása)

Termék neve	Belbake Eritritol
Gyártó	Belbake/Lidl
Energia	0 kJ/0 kcal
Zsír	0, g/100 g
Telített zsírsav	0 g/100 g
Szénhidrát	99,8 g/100 g
Cukor	99,8 g/100 g
Fehérje	0 g/100 g
Só	0 g/100 g

7. táblázat: Zselatin összetétele (Paleolit étkezési zselatin csomagolása)

Termék neve	Paleolit étkezési zselatin
Gyártó	PaleoCentrum Kft.
Energia	1436 kJ/342 kcal
Zsír	0, g/100 g
Szénhidrát	0 g/100 g
Fehérje	87 g/100 g
Só	0,295 g /100 g

8. táblázat: Marhakollagén peptid összetétele (Paleolit marhakollagén peptid csomagolása)

Termék neve	Paleolit marhakollagén peptid
Gyártó	PaleoCentrum Kft.
Energia	1549 kJ/396 kcal
Zsír	0, g/100 g
Telített zsírsav	0 g/100 g
Szénhidrát	0 g/100 g
Cukor	0 g/100 g
Fehérje	90 g/100 g
Rost	0 g/100 g
Só	≤ 0,295 g /100 g

9. táblázat: Tojásfehérje por összetétele (Porlasztva szárított tojásfehérje csomagolása)

Termék neve	Porlasztva szárított tojásfehérje
Gyártó	Capriovus Kft.
Energia	2050 kJ/480 kcal
Zsír	0, g/100 g
Telített zsírsav	0 g/100 g
Szénhidrát	6,0 g/100 g
Cukor	4,0 g/100 g
Fehérje	83 g/100 g
Só	3,8 g /100 g

10. táblázat: WPC 80 (tejsavófehérje-koncentrátum) összetétele (Spomlek WPC 80 csomagolása)

Termék neve	Spomlek WPC 80
Gyártó	Spóldzielcza Mleczarnia Spomlek
Energia	- kJ/- kcal
Zsír	- g/100 g
Telített zsírsav	- g/100 g
Szénhidrát	- g/100 g
Cukor	- g/100 g
Fehérje	≥ 80 g/100 g
Só	- g /100 g

A Spomlek WPC 80 esetében hivatalos tápérték-adat nem áll rendelkezésre, mivel a gyártó nem tüntetett fel ilyen információt a csomagoláson vagy a termékhez tartozó dokumentációban.

3.1.1. Termék elkészítése

11. táblázat: Összetevők mennyisége 100 g-ban (saját)

Összetevők megnevezése	Tömeg (g)
Totu ital	45,0 g (kontrollnál: 50,0 g)
Totu krém	10,0 g
Gyümölcs püré	20,0 g
100 %-os citrompüré	2,5 g
Aszkorbinsav	0,5 g
Eritrit	12,0 g
Zselatin	5,0 g
Fehérje	5,0 g (kontrollnál: 0 g)

A gumicukor előállításánál először kimértem a folyékony összetevőket: Totu italt, Totu krémet, gyümölcspürét és a 100%-os citrompürét, majd egy főzőpohárba helyeztem őket. Ezt követően hozzáadtam a száraz alapanyagokat: aszkorbinsavat, eritritet, valamint a kontroll minta kivételével a megfelelő fehérjét. Az alapanyagokat alaposan összekevertem, míg egynemű, sima állagú keveréket nem kaptam. Ezt követően körülbelül 70 °C-ra melegítettem, hogy elősegítsem a megfelelő oldódást. A zselatint ebben a melegített állapotban adtam hozzá, és alapos keveréssel biztosítottam annak teljes feloldódását. A homogén keveréket formákba öntöttem, majd hűtőszekrényben dermedtettem a gumicukrokat a kívánt textúra eléréséig.

A különböző minták előállításánál a kontroll minta összetétele a következő volt: Totu ital 50 g, Totu krém 10 g, gyümölcspüré 20 g, 100%-os citrompüré 2,5 g, aszkorbinsav 0,5 g, eritrit 12 g és zselatin 5 g, hozzáadott fehérjét nem tartalmazott. A fehérjével dúsított minták esetében a Totu ital mennyisége 45 g volt, a többi összetevő mennyisége változatlan maradt, és a kontroll gumicukor minta összetételéhez képest 5 g fehérjét adtam, amely EWP, WPC vagy marhakollagén peptid volt. A keverési és formázási lépések minden mintánál azonosak voltak, a gumicukrok formába öntött és kész állapotát a 4. és 5. ábra mutatja be.

4. ábra: Formába öntött gemicukrok



5. ábra: Elkészített gemicukrok



3.2. Módszerek

3.2.1. pH mérés

A gemicukor-minták pH-értékét pH-mérő műszerrel határoztam meg, közvetlenül az összetevők összekeverését követően. A mérés célja az volt, hogy meghatározzam, a különböző fehérjeforrások miként befolyásolják a termék savasságát.

A mérések megkezdése előtt a pH-mérőt kalibráltam, standard pH 4,00 és pH 7,00 kalibráló oldatok segítségével. Minden mintából három párhuzamos mérést végeztem, és ezek átlagát vettem figyelembe az eredmények kiértékelésénél.

3.2.2. Víz aktivitás mérése

A minták vízáktívítástát (a_w) vízáktívításmérő műszerral határoztam meg. A készülék az egyensúlyi állapot elérését követően automatikusan megjelenítette a vízáktívítást értéket. Minden mintatípus esetében három párhuzamos mérést végeztem és az ezekből számított átlagértéket használtam fel az eredmények kiértékeléséhez.

3.2.3. Színmérés

A gumicukor-minták színét Konica Minolta CR400 típusú színmérő műszerral határoztam meg. Ez az eszköz a minták színét a CIE $L^*a^*b^*$ színrendszer alapján adja meg, ahol az L^* az objektum világosságát, az a^* a zöld-piros, míg a b^* a kék-sárga színekomponeust jelöli.

A mérések előtt a műszert kalibráltam, a pontos és reprodukálható eredmények biztosítása érdekében. A kalibrációt a főmenüben található CAL gomb megnyomásával végeztem, a gyártó által biztosított kalibráló csempe felhasználásával. A méréseket a minták felületének öt különböző pontján végeztem, a színmérési eredmények megbízhatóságának növelése érdekében.

3.2.4. Szárazanyag-tartalom mérése

A vizsgált minták szárazanyagtartalmát szárítószekrényben, tömegmérésen alapuló módszerrel határoztam meg. A mérés során petricsészét használtam, amelynek tömegét a minta elhelyezése előtt megmértem. Ezután a pontosan lemért mintát a petricsészébe helyeztem, majd szárítószekrényben meghatározott ideig (24 óra) és hőmérsékleten (105 °C) szárítottam. A szárítást követően a minták visszamérésével határoztam meg a vízveszteséget, illetve ez alapján számítottam ki a szárazanyagtartalmat.

$$\text{Száranyagtartalom (\%)} = \frac{m_{\text{visszamért}} - m_{\text{petricsésze}}}{m_{\text{bemért minta}}} \times 100 \quad (2)$$

ahol

$m_{\text{visszamért}}$ = szárítás után visszamért tömeg (g)

$m_{\text{petricsésze}}$ = üres petricsésze tömege (g)

$m_{\text{bemért minta}}$ = bemért minta tömege (g)

Minden mintatípus esetében három párhuzamos mérést végeztem, és az átlagértéket vettem figyelembe az értékelés során. A vizsgálat során nemcsak a fehérjedús gumicukrokat, hanem a

kereskedelemben kapható Haribo gumicukrokat is elemeztem az összehasonlíthatóság érdekében.

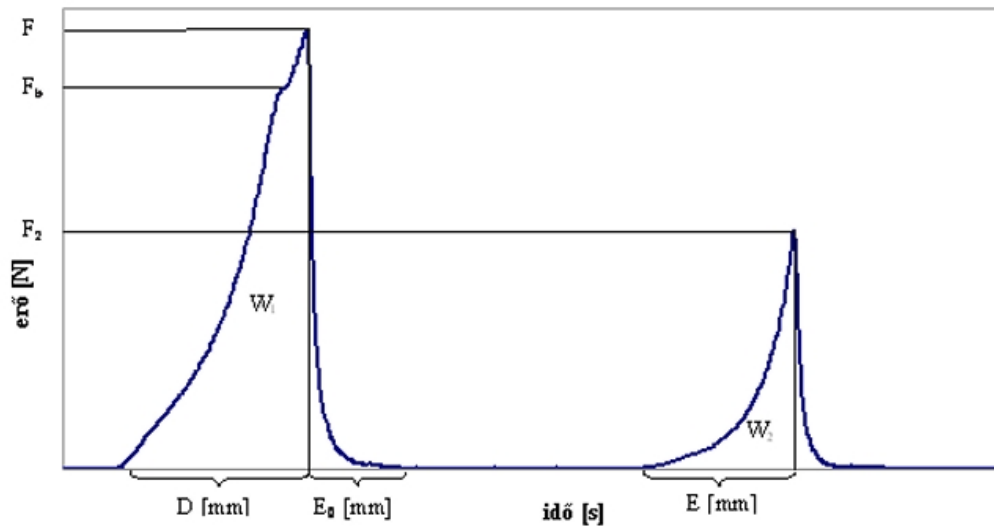
3.2.5. Állományprofil analízis

A minták állományának vizsgálatához az SMS TA.XT Plus készüléket alkalmaztam (6. ábra). A műszer lehetővé teszi a termékek különböző textúra jellemzőinek, mint a keménység, rugalmasság, és rághatóság mérését. A mérések során a mérőfej 2 mm/s sebességgel hatolt a mintákba 11,4 mm mélységig, a készülék alapbeállításait alkalmazva. A műszer folyamatosan rögzítette a mérőfejbe ható erő változását, amelyből meghatározhatók a minták mechanikai tulajdonságai. A vizsgálat elve a TPA (Texture Profile Analysis) módszeren alapul (7. ábra), amely az erő-deformáció görbék alapján értékeli a minták mechanikai tulajdonságait. Minden mintából öt párhuzamos mérést végeztem, a mintákat pedig kisebb részekre vágtam (8. ábra), hogy a mérőfej a teljes állományt megfelelően érje, így pontosan értékelhettem a gumicukrok rugalmasságát és textúráját.

6. ábra: SMS TA.XT Plus állománymérő készülék



7. ábra: TPA mérés (Texture Profile Analysis) sematikus erő-deformáció görbéje (forrás: Darnay, 2017)



8. ábra: Gumicukrok előkészítése állományméréshez



3.2.6. Érzékszervi vizsgálatok

Az érzékszervi vizsgálatban összesen 13 fő vett részt, akik különböző szempontok szerint értékelték a gumicukor-mintákat. Az értékelési szempontok a következők voltak: szín, illat, íz, állag és összbenyomás. A bírálók minden tulajdonságot egy 1-5-ig terjedő skálán értékelték, ahol az 1-es érték a legkevésbé kedvező, míg az 5-ös a legkedvezőbb értékelést jelentette.

A bírálat vakteszt formájában történt, minden minta azonos fehér színű tányéron került felszolgálásra, és háromjegyű kóddal voltak ellátva, annak érdekében, hogy a mintákat

azonosítani lehessen, de a kóstolók számára a beazonosíthatóság kizárt legyen. A résztvevők egyenként kóstolták meg a mintákat, majd a tapasztalt érzékszervi jellemzők alapján kitöltötték az online értékelőlapot.

3.2.7. Emészthetőség vizsgálata

A fehérjével dúsított gumicukor minták emészthetőségét *in vitro* Infogest emésztési modell segítségével határoztam meg (Brodkorb és mtsai., 2019; Sousa és mtsai., 2023). A vizsgálat célja az volt, hogy meghatározzam a minták fehérjeemészthetőségét. Emellett célom volt megvizsgálni az egységnyi emészthető fehérjetartalmat a különböző fehérjeforrások (marhakollagén peptid, tejsavófehérje-koncentrátum, tojásfehérje-por) hatásának összehasonlításával a kontroll mintához viszonyítva. Első lépésként az összetevők fehérjetartalma alapján kiszámítottam, hogy az általam készített gumicukroknak mennyi a fehérjetartalma 100 g termékre vetítve. Ezt követően kiszámítottam, hogy az emésztésszimulációhoz szükséges 0,040 g fehérje hány gramm termékben található. A gumicukor minták pontos kimérését követően (12. táblázat) desztillált vízzel kiegészítettem 1 grammra a termékek tömegét, majd elvégeztem az *in vitro* emésztést. Az első, száj fázisban a mintákhoz 3,50 mL szerves nyál szimulánst, 25 μL $\text{CaCl}_2(\text{H}_2\text{O})_2$, 0,50 mL nyálamiláz-oldatot, valamint 0,975 mL desztillált vizet adtam a pH 7 beállításához. Az elegyet ezután 37 °C-on, folyamatos keverés mellett, 2 percig inkubáltam. A gyomor fázisban a mintákhoz 6,40 mL szerves gyomornedv-szimulánst, 5 μL $\text{CaCl}_2(\text{H}_2\text{O})_2$ -t és 1,6 mL sertéspepszin-oldatot adtam, amely összesen 0,0567 g pepszint tartalmazot. Továbbá HCL-t, valamint desztillált vizet a pH 3 biztosításához, majd 2 órára 37 °C-on inkubáltam. A vékonybél-fázisban 8,50 mL szerves vékonybél-nedv szimulánst, 40 μL $\text{CaCl}_2(\text{H}_2\text{O})_2$ -t, 250 mL epeoldatot (0,0144g epe) és 5,00 mL pankreatinoldatot (0,6870 g pankreatin) adtam. Beállítottam a semleges pH-t (7) és ezt is 2 órán keresztül inkubáltam 37 °C-on.

Az emésztés befejeztével a mintákhoz 32 ml metanolt adtam, az emésztetlen fehérjék elkülönítésének céljából. A csöveket 1 órára -20 °C-os fagyasztóba helyeztem, majd centrifugáltam (6000 rpm, 20 perc, 4 °C), és a felülúszót (emésztett fehérjék) és a csapadékot (emésztetlen maradék) gondosan elválasztottam egymástól.

A fehérjetartalmat mindkét frakcióban Kjeldahl-módszerrel határoztam meg, és ezen adatok alapján végeztem a számításokat. A módszer első lépése a késavas roncsolás, amelynek során a kimért mintákat emésztőcsőbe helyeztem majd 1 mL CuSO_4 oldatot és 1 g K_2SO_4 -ot, illetve

a fülke alatt 20 mL tömény kénsavat (H_2SO_4) adtam hozzájuk. A roncsolást fokozatosan végeztem: 50 °C-on 5 percig, 150 °C-on 20 percig, 250 °C-on 20 percig, majd végül 370 °C-on 120 percig. A roncsolás végeztével hagytam, hogy a minták lehűljenek, amelyet követően 40 mL desztillált vizet adtam a kémcsövekhez és a GERHARDT VAPODEST 45S készülék segítségével elvégeztem a desztillációt. Utolsó lépésként 0,05 M H_2SO_4 oldattal elvégeztem a titrálást. A titrálást kevert indikátor jelenlétében és folyamatos keverés mellett végeztem. Minden titrálás végeztével feljegyeztem a fogyást, melyből nitrogén-tartalmat, majd egy korrekciós faktor használatával (6,25) fehérje-tartalmat számoltam.

A fehérjeemészhetőség (IVPD%) meghatározásához a felülúszóban és csapadékban mért fehérjetartalom szolgált alapul. A felülúszó az emésztett, míg a csapadék a nem emésztett frakciót tartalmazza. A felülúszó fehérjetartalmát a vak mintával korrigáltam, majd az alábbi képlettel számoltam ki a fehérjeemészhetőséget:

$$IVPD\% = \frac{(m_{felülúszó} - m_{vak\ minta})}{(m_{felülúszó} - m_{vak\ minta}) + m_{csapadék}} \times 100 \quad (3)$$

ahol

$m_{felülúszó}$ = felülúszóban mért fehérjemennyiség (mg)

$m_{vak\ minta}$ = vak minta felülúszójában mért fehérjemennyiség (mg)

$m_{csapadék}$ = csapadékban mért fehérjemennyiség (mg)

Az IVPD % -értékek segítségével meghatároztam, hogy az adott minta teljes fehérjetartalmának mekkora hányada emésztődött meg az alkalmazott *in vitro* körülmények között. Majd ennek segítségével, meghatároztam az egységnyi emészthető fehérjetartalmat a következő képlet segítségével:

$$Egységnyi\ emészthető\ fehérjetartalom = \frac{m_{fehérje} \times IVPD}{100} \quad (4)$$

ahol

$m_{fehérje}$ = termék fehérjetartalma 100g-ra vetítve

Ez az érték megmutatja, hogy 100 g termékből mennyi fehérje emészthető és hasznosul ténylegesen a szervezet számára.

12. táblázat: Emésztéshez bemért mennyiségek

Minta	Bemért mennyiség (g)
Kontroll	0,446 g
Mathakollagén peptid	0,308 g
EWP	0,312 g
WPC	0,316 g
Vak	1,000 g

9. ábra: A Kjeldahl-módszer titrálási lépése

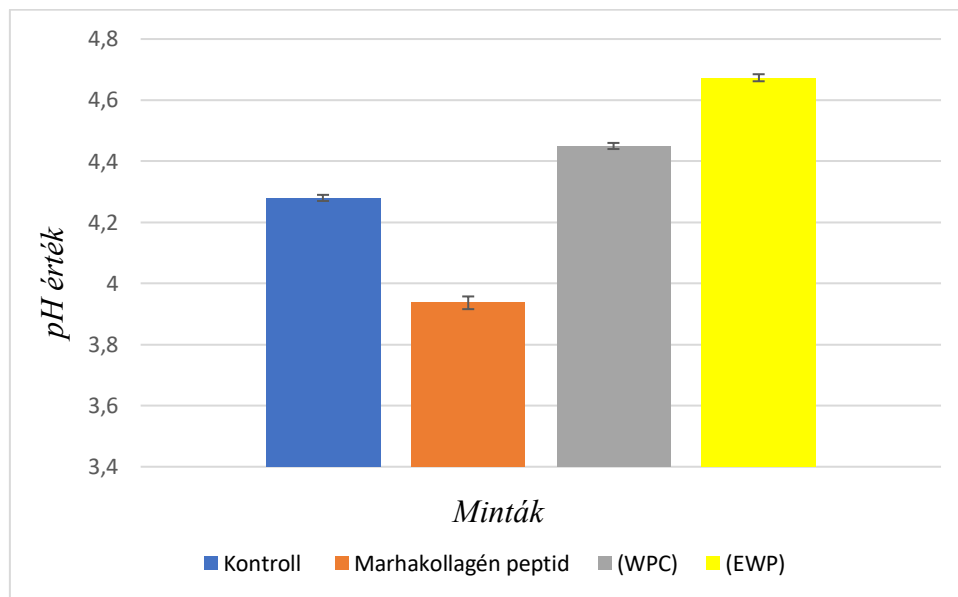


4. Eredmények és értékelésük

4.1. pH mérés eredményei

A gumicukrok pH-értékeit három párhuzamos mérés alapján határoztam meg. Az eredmények összefoglalását a 10. ábra szemlélteti.

10. ábra: Vizsgált gumicukor minták pH-értékei (saját szerkesztés)

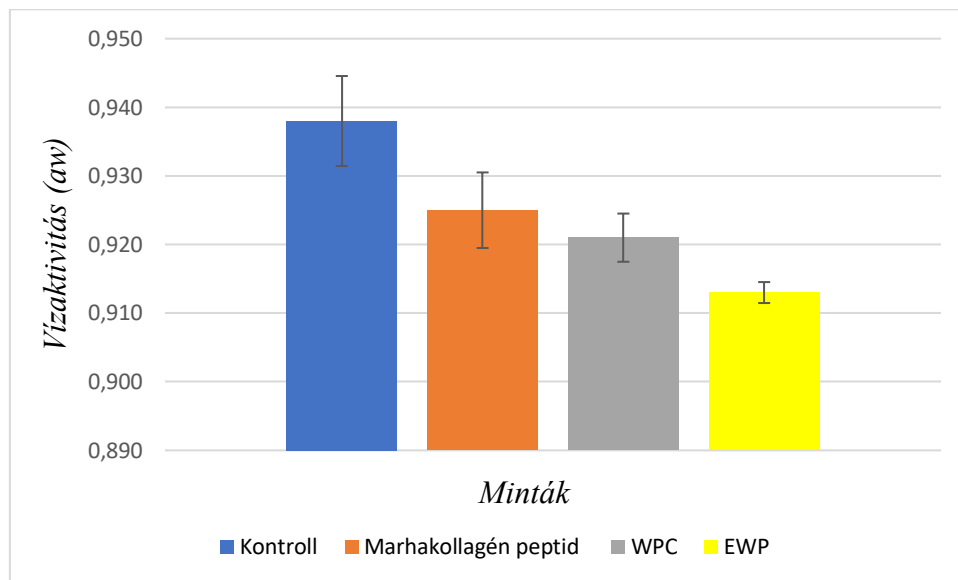


A pH-érték kulcsfontosságú szerepet játszik a termékek fizikai és kémiai tulajdonságainak kialakításában. A kontrollmintához (~4,3) képest jelentős eltérések voltak megfigyelhetők, a marhakollagén-peptidet tartalmazó minta pH-ja csökkent (~3,9), míg a WPC- és EWP-tartalmú minták esetében emelkedett (4,45, illetve ~4,7). A legmagasabb pH-érték az EWP-vel (porlasztva szárított tojásfehérje-porral) dúsított gumicukornál volt mérhető. A különböző fehérjék pH-ra gyakorolt hatása összefüggésben áll azok savas-bázikus tulajdonságaival. Emellett a fehérjékben található aminosavak, valamint azok oldódása eltérő mértékben befolyásolják a savasságot vagy lúgosságot. Az eredmények technológiai szempontból is jelentősek, mivel a pH közvetlenül befolyásolja a termék mikrobiológiai stabilitását, állományát és ízprofilját.

4.2. Víz aktivitás eredményei

A különböző gumicukor-minták vízakтивitásának eredményeit a 11. ábra mutatja be.

11. ábra: Vizsgált gumicukorminták vízakтивitása (saját szerkesztés)

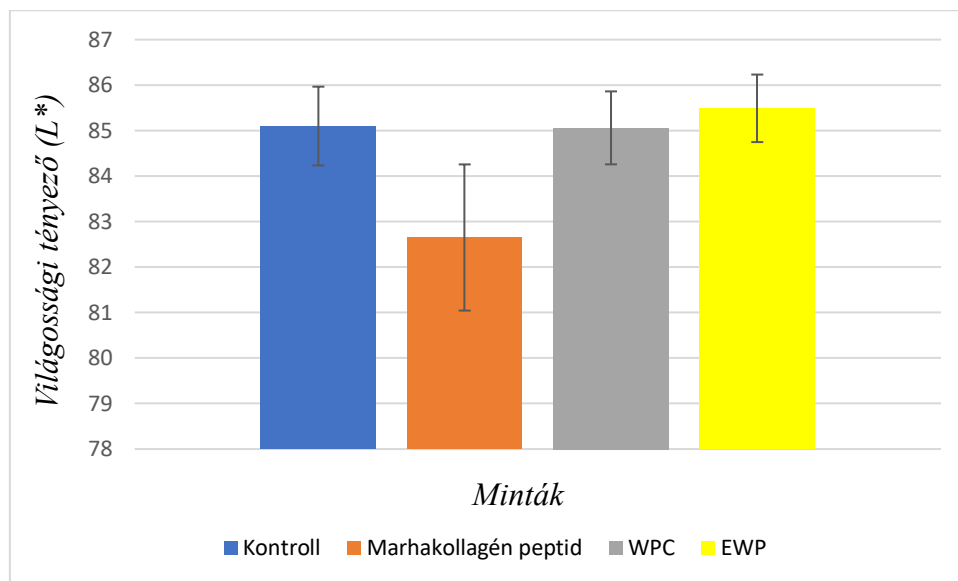


A gumicukrok vízakтивitását minden mintán három párhuzamos méréssel határoztam meg. Az eredmények alapján a kontrollminta rendelkezett a legmagasabb vízakтивitással (0,938), míg a tojásfehérje-port tartalmazó változat mutatta a legalacsonyabb értéket (0,913). A marhakollagén-peptiddel és WPC-vel dúsított minták közel azonos vízakтивitást mutattak (0,925, illetve 0,921). Bár a mért különbségek viszonylag kismértékűek, arra utalnak, hogy a felhasznált fehérjék befolyásolhatják a termék vízmegkötő képességét, ezáltal a vízakтивitását is. Ez az eltérés is hatással lehet a gumicukrok állományára és mikrobiológiai stabilitására, mivel a vízakтивitás kulcsfontosságú a termék tartóssága szempontjából. A kapott eredmények összhangban vannak a pH-mérésekkel, ami arra utal, hogy a felhasznált fehérjék egyszerre befolyásolják a termék savasságát és vízmegkötő képességét.

4.3. Színmérés eredményei

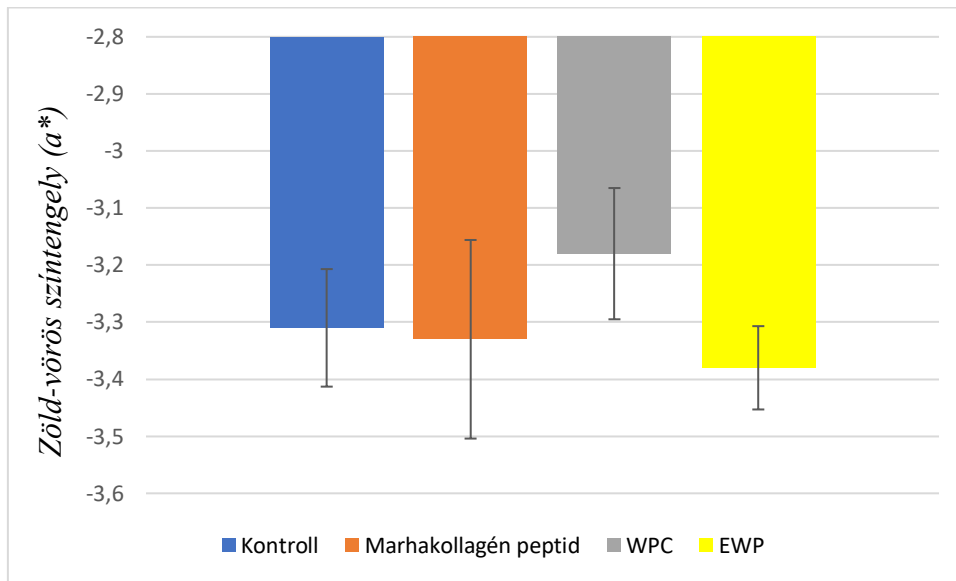
A színmérés eredményeit a következő diagramok szemléltetik. A mért színparaméterek (L^* , a^* , b^*) alapján megállapítható, hogyan befolyásolják a különböző fehérjék a végtermékek színét és milyen eltérések mutatkoznak az egyes minták között.

12. ábra: Vizsgált minták L^* értékei (saját szerkesztés)



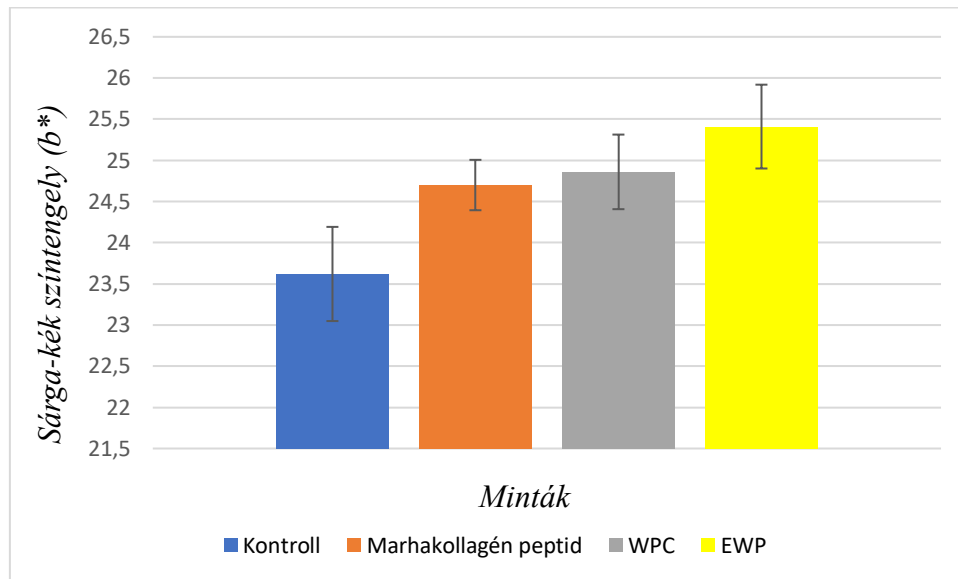
Az L^* értéke a szín világosságát jelzi, ahol a magasabb értékek világosabb, míg az alacsonyabbak sötétebb színt jeleznek. Az EWP minta átlagos L^* értéke (85,49) a legmagasabb, tehát ez a legvilágosabb árnyalatú gümucukor. A legalacsonyabb érték (82,65) a marhakollagén peptid tartalmú gümucukor esetében jelentkezett, amely tehát sötétebb színt eredményezett. A kontroll- és a WPC tartalmú minták világossági értékei nagyon hasonlóak (85,1 és 85,06), szemrevételezéssel nem különíthető el egyértelműen melyik világosabb vagy sötétebb. A világosságkülönbségek elsősorban annak tulajdoníthatók, hogy a felhasznált fehérjék különböző alapanyagokból származnak, amelyek eltérően befolyásolják a késztermék színét.

13. ábra: Vizsgált minták a* értékei (saját szerkesztés)



Az a* színparaméter értékei minden mintában negatív tartományban helyezkedtek el (-3,18 és -3,38 között). Az a* pozitív irányba való eltolódása vöröses, míg a negatív irányba való eltérés zöldes tónust jelez. A legzöldebb árnyalatú gumicukor (-3,38) az EWP-vel dúsított minta volt, a legkevésbé zöldes tónust (-3,18) pedig a WPC-t tartalmazó minta mutatta. A kontroll és a marhakollagén peptides gumicukornál nagyon hasonló értékek figyelhetők meg (-3,31 és -3,33). A mért értékek alapján egyik minta sem jelzett vöröses elszíneződést, ugyanakkor jelentős eltérés sem figyelhető meg közöttük, az értékek kis mértékben változtak a különböző fehérjék alkalmazása során. A gumicukor trópusi gyümölcsös ízesítése - ananászt, mangót, passiógyümölcsöt és zöldcitromot tartalmaz, ezek befolyásolhatják az a* értékét, különösen a mangó és a passiógyümölcs, amelyek vöröses árnyalatot adhatnak a terméknek. Azonban a zöldcitrom jelenléte, továbbá a hozzáadott fehérjék következtében mégsem ez az árnyalat vált meghatározóvá. Feltehetőleg az összetevők együttesen eredményezték az enyhén zöldes szín eltolódást, amely azonban szabad szemmel alig észlelhető. Az a* értékek közötti minimális eltéréséből arra következtethetünk, hogy a fehérjék típusának hatása kevésbé volt jelentős erre a paraméterre.

14. ábra: Vizsgált minták b* értékei (saját szerkesztés)

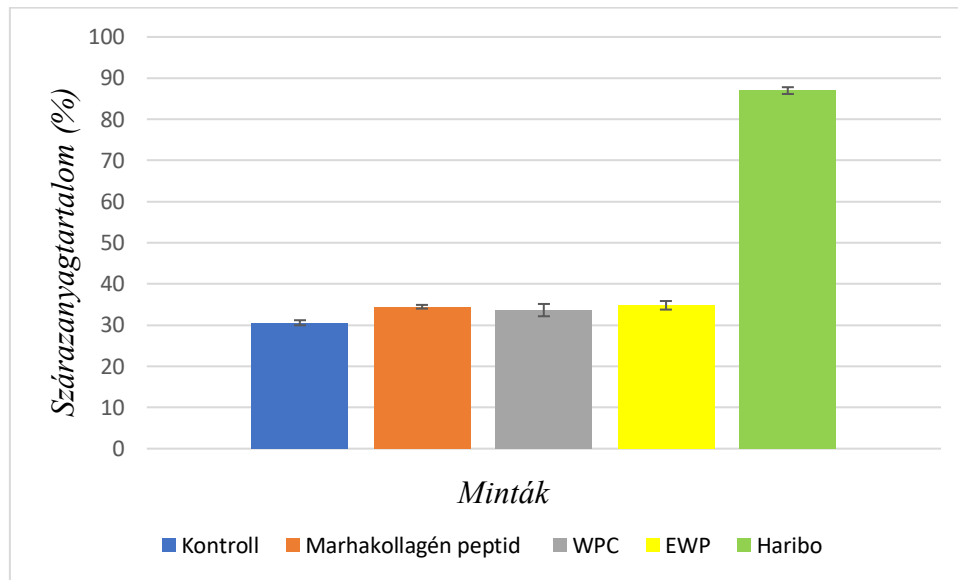


A b* színparaméter a kék-sárga színskála mentén értelmezhető, ahol a pozitív értékek sárgás, a negatív értékek pedig kékes árnyalatot jeleznek. A vizsgált minták mindegyike pozitív értékkel rendelkezett, tehát a minták a sárga árnyalat felé tolódtak, amely szabad szemmel is jól érzékelhető és összhangban van a termék trópusi gyümölcs ízesítésével. A legmagasabb átlagos b* értéket az EWP-tartalmú minta mutatta (25,41), míg a legalacsonyabbat a kontroll minta (23,62). A marhakollagén-peptiddel és WPC-vel dúsított minták köztes értékkel rendelkeznek (24,70, valamint 24,86). A kontroll mintánál tapasztalt alacsonyabb érték arra enged következtetni, hogy fehérjék hiányában a termék sárgás színe kevésbé volt intenzív. Összességében a minták közötti eltérések kicsik, de megállapítható, hogy a fehérje típusa befolyásolta a végtermék sárgás színezetét.

4.4. Szárazanyagtartalom-mérés eredményei

A szárazanyagtartalom mérési eredményeit a 15. ábra szemlélteti.

15. ábra: Vizsgált gumicukrok szárazanyagtartalma (saját szerkesztés)



A szárazanyagtartalom vizsgálat eredményei alapján megállapítható, hogy a különböző fehérjékkel dúsított gumicukor-minták hasonló, 30-35% közötti szárazanyagtartalommal rendelkeztek, míg az ipari viszonyítási alapként szolgáló Haribo minta jelentősen magasabb, közel 90%-os értéket mutatott.

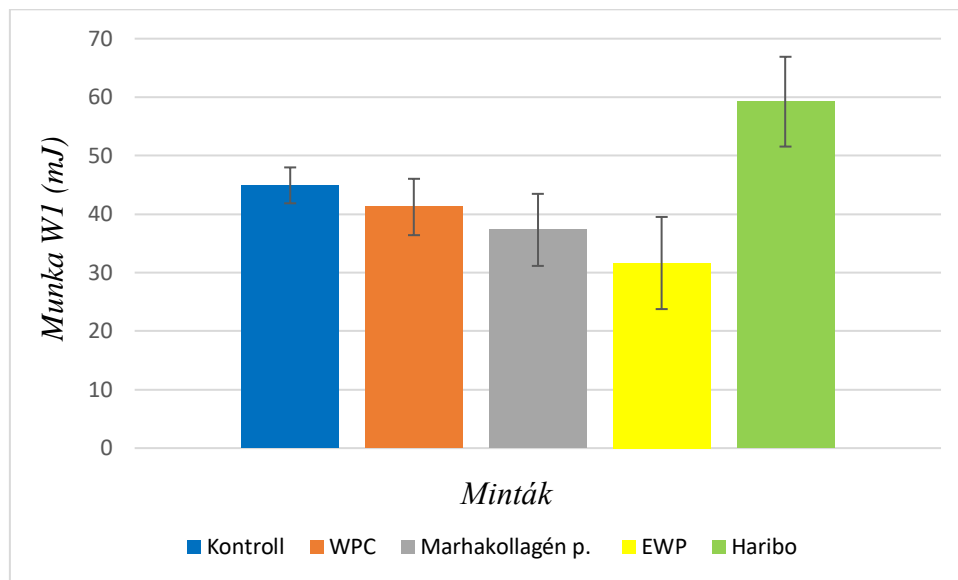
A kontrollmintához képest a marhakollagén peptidet, tejsavófehérje-koncentrátumot (WPC), illetve tojásfehérjeport (EWP) tartalmazó változatok enyhén növelték a szárazanyagtartalmat, azonban ezek az eltérések csak kismértékűek voltak. A Haribo jelentősen magasabb szárazanyagtartalma feltehetően a nagyobb cukor- és zselatintartalom, továbbá az ipari szárítási és koncentrálási eljárások eredménye.

A kapott eredmények arra utalnak, hogy a fehérjealapú dúsítás önmagában nem növeli jelentősen a gumicukor szárazanyagtartalmát.

4.5. Állományprofil analízis eredményei

A 16. ábra a vizsgált gumicukor-minták első harapásához szükséges erőt és energiabefektetést szemlélteti.

16. ábra: A gumicukor minták első harapásához szükséges energia (saját szerkesztés)

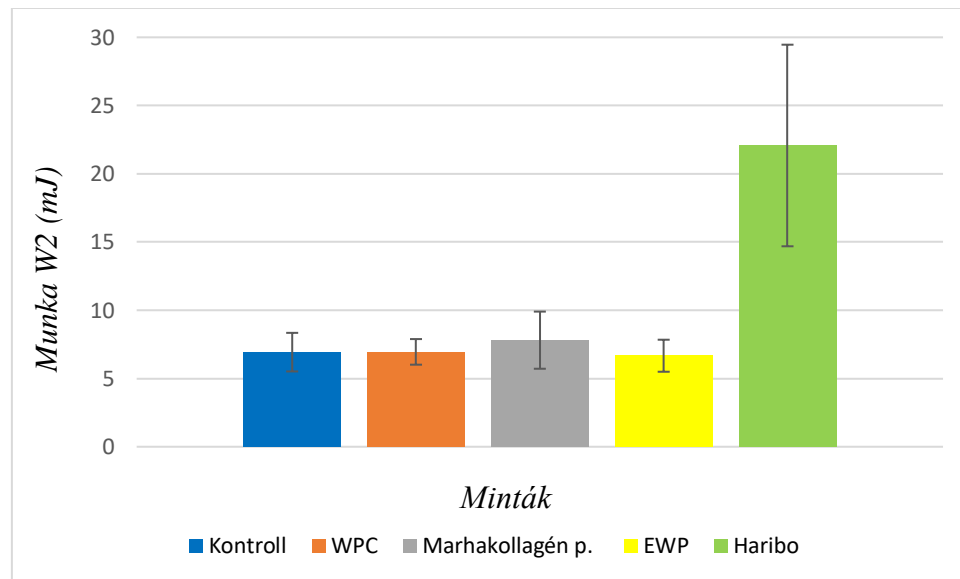


Az alábbi ábra különböző gumicukor-minták első összerágáshoz szükséges munkát (W1, mJ) mutatja be. A mérések alapján a legnagyobb W1 értéket a Haribo minta érte el (~60 mJ), tehát ez rendelkezik a legnagyobb rágáskezdeti ellenállással. Ez arra is utal, hogy állománya a többi mintánál szilárdabb, tömörebb. A kontroll minta (fehérje hozzáadása nélkül) közepes értéket eredményezett (~45 mJ), míg a WPC és marhakollagén peptiddel készült minták enyhén alacsonyabb értékeket mutattak (~41–37 mJ).

A legalacsonyabb W1 értékkel az EWP (tojásfehérje-porral készült) minta rendelkezik (~32 mJ), ami puhább, kevésbé ellenálló állományra utal. A mérési eredmények alapján megállapítható, hogy a különböző fehérjék eltérő módon befolyásolták a termék állományát. A marhakollagén és a WPC enyhén csökkentette a rágáskezdeti ellenállást, míg az EWP jelentősen csökkentette azt.

Az 17. ábra a gumi-cukor-minták második harapásához szükséges energiát (W_2 , mJ) szemlélteti.

17. ábra: A gumi-cukor minták második harapásához szükséges energia (saját szerkesztés)

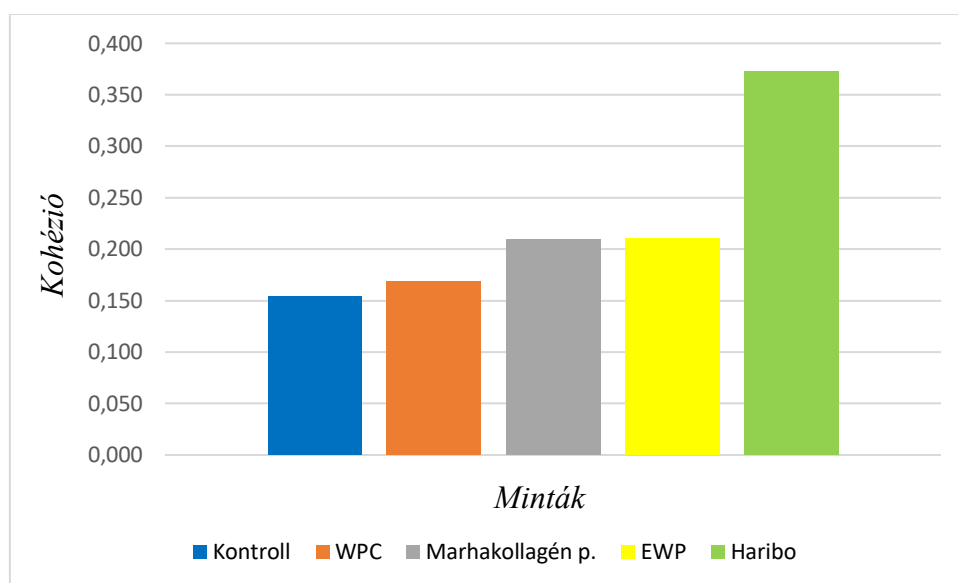


A W_2 érték azt mutatja meg, mekkora erő- és energiabefektetés szükséges a második harapáshoz, illetve összerágáshoz. A diagram jól szemlélteti, hogy a második harapáshoz minden minta jóval kisebb erőt igényelt, mint az elsőhöz. Ugyanakkor a második összerágás során is a Haribo minta esetében volt szükség a legnagyobb energiabefektetésre (~22 mJ). A saját készítésű gumi-cukroknál ez az érték jelentősen alacsonyabb volt, ami a puhább állománynak köszönhető. A kontroll, valamint a WPC és EWP-tartalmú minták esetén hasonló értékeket mértem (~7 mJ), míg a marhakollagén-peptiddel dúsított gumi-cukor kissé magasabb értéket mutatott (~8 mJ).

Mind az első, mind a második harapáshoz a Haribo minta esetén volt szükség a legnagyobb erő kifejtésre, szilárdabb, tömörebb állományának következtében. Ezzel szemben az EWP-t tartalmazó gumi-cukor összerágása igényelte a legkevesebb energiát, így vélhetően ez a minta a legpuhább.

A 18. ábra a gumicukor-minták kohéziós értékeit ábrázolja.

18. ábra: A gumicukor minták kohéziója (saját szerkesztés)



A 18. ábrán különböző összetételű gumicukrok kohéziója látható, amely a második harapás során kifejtett munka (W_2) és az első harapáshoz szükséges munka (W_1) hányadosaként számítható ki:

$$K = \frac{W_2}{W_1} \quad (5)$$

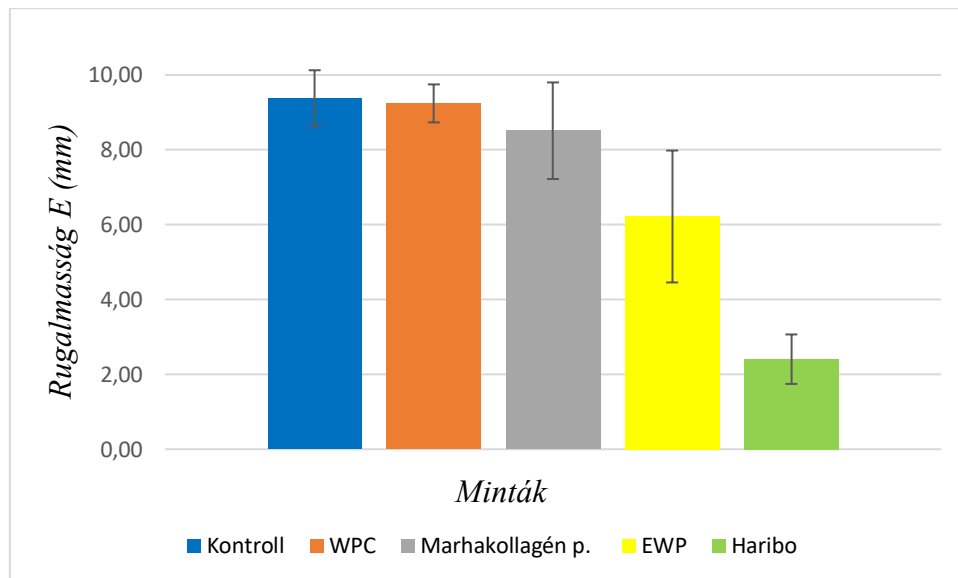
A kohézió értékei azt tükrözik, hogy a minta mennyire képes megtartani szerkezetét az első deformáció után.

A legnagyobb kohéziós értéket a Haribo mintánál mértem (0,373), amely a legszilárdabb, leginkább összetartó szerkezetre utal. A saját készítésű gumicukrok közül a marhakollagén peptiddel, illetve az EWP-vel dúsított minták mutatták a legnagyobb kohéziós értéket (0,209 és 0,211), ami azt jelzi, hogy ezek a termékek az első harapást követően viszonylag jól megtartották szerkezetüket. A kontroll minta kohéziója volt a legalacsonyabb (0,154), ami laza, kevésbé ellenálló állományra utal.

A kohézió változásából következtetni lehet arra, hogy a különböző fehérjék milyen mértékben befolyásolják a termék belső szerkezetének stabilitását. Az adatok alapján látható, hogy a fehérjével dúsított gumicukrok javították a szerkezetmegtartó képességüket a kontrollhoz képest, ugyanakkor a Haribo minta kiemelkedett a kohézió tekintetében.

A 19. ábra a gümükrok rugalmasságát mutatja be az SMS TA.XT Plus állománymérővel végzett vizsgálatok alapján.

19. ábra: Gümükor minták rugalmassága (saját szerkesztés)

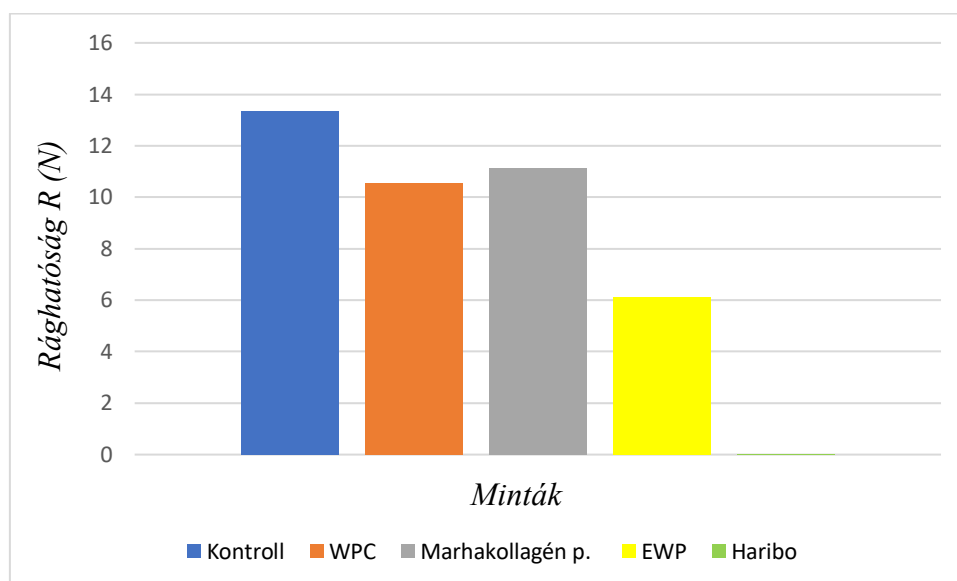


A 19. ábrán jól látható, hogy a kontroll minta átlagos rugalmassága 9,38 mm, ami a legmagasabb értéket mutatta a vizsgált gümükrok közül. A WPC minta átlagos rugalmassága 9,24 mm, amely szintén magas érték, ezek alapján a tejsavófehérje hozzáadása nem okozott jelentős eltérést a gümükor rugalmasságában.

A marhakollagén peptidet tartalmazó minta átlagos rugalmassága 8,51 mm, ez alacsonyabb, mint a kontroll és WPC mintáké, jelezve, hogy a marhakollagén a gümükor rugalmasságát csökkentette. Az EWP minta esetében az átlagos rugalmasság 6,22 mm-re csökkent, ami a legkisebb érték a vizsgált minták közül. Ez az EWP jelentős hatását jelzi a rugalmasság csökkentésére. A Haribo minta mutatta a legnagyobb eltérést, mivel az átlagos rugalmasság mindössze 2,41 mm volt, ami azt bizonyítja, hogy a Haribo gümükor textúrája jelentősen eltér a többi mintától.

Összességében a kontroll és WPC minták mutatták a legnagyobb rugalmasságot, míg a marhakollagén peptid, EWP és Haribo minták esetében csökkent az alakvisszanyerés mértéke. Ez arra utal, hogy a fehérjék típusa és technológiai tulajdonságai eltérően befolyásolják a gümükrok rugalmasságát.

20. ábra: Gumicukor minták rághatósága (saját szerkesztés)



A 20. ábra alapján megállapítható, hogy a rághatóság tekintetében, jelentős eltérés mutatkozik a Haribo gumicukor és a saját készítésű gumicukrok között. A rághatóságot a következő összefüggés alapján határoztam meg:

$$R = F_2 \cdot K \cdot E \quad (6)$$

ahol

$F_2 = \text{erő (N)}$

$K = \text{kohézió}$

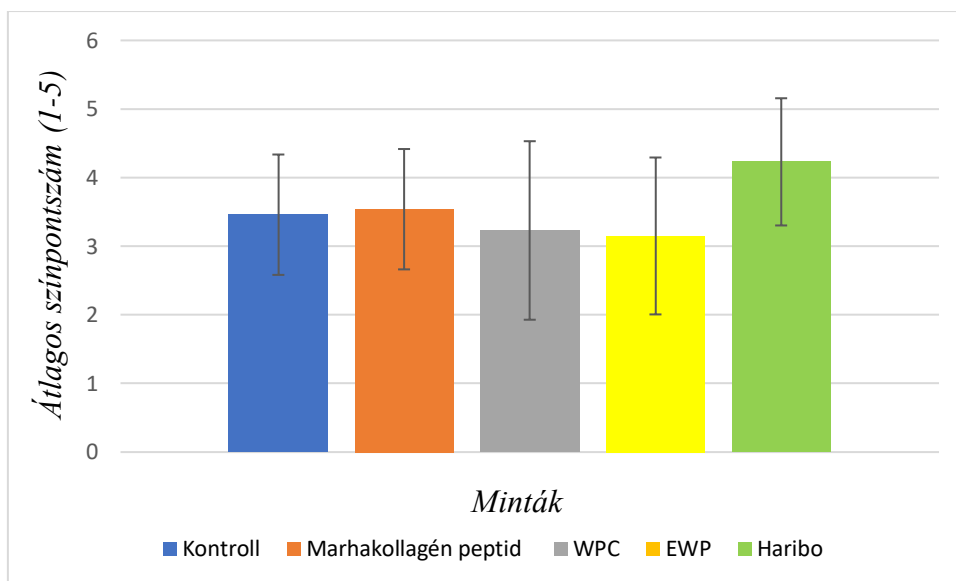
$E = \text{rugalmasság (mm)}$

A Haribo átlagos rághatósági értéke mindössze 0,03 N, ami arra utal, hogy ez a termék könnyen rágható, ez azonban kissé ellentmond az érzékszervi tapasztalatoknak. A saját készítésű minták közül a kontroll minta rendelkezett a legnagyobb rághatósági értékkel (13,34 N), míg a fehérjével dúsított gumicukrok ennél alacsonyabb értéket mutattak. Különösen az EWP minta, amelynek rághatósága 6,13 N. Ez azt jelzi, hogy a minta könnyebben, kevesebb energia befektetéssel rágható össze, mint a másik kettő fehérjével dúsított gumicukor (WPC és marhakollagén peptid).

4.6. Érzékszervvizsgálat eredményei

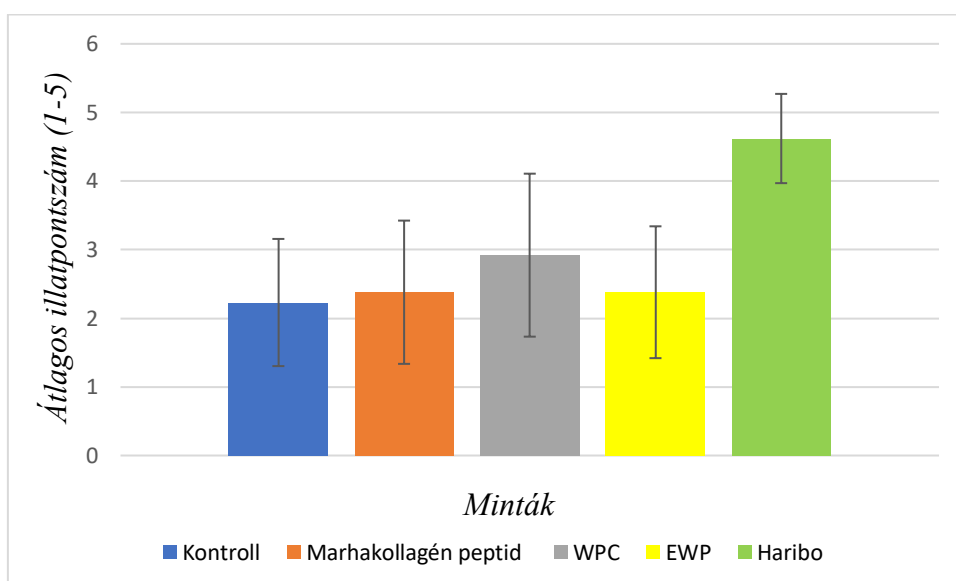
Az érzékszervi bírálat során kapott eredményeket a következő ábrák szemléltetik, amelyek jól tükrözik a különböző gummy-cukor-minták közötti eltéréseket.

21. ábra: A gummy-cukor-minták érzékszervi bírálatának színpontszámai (saját szerkesztés)



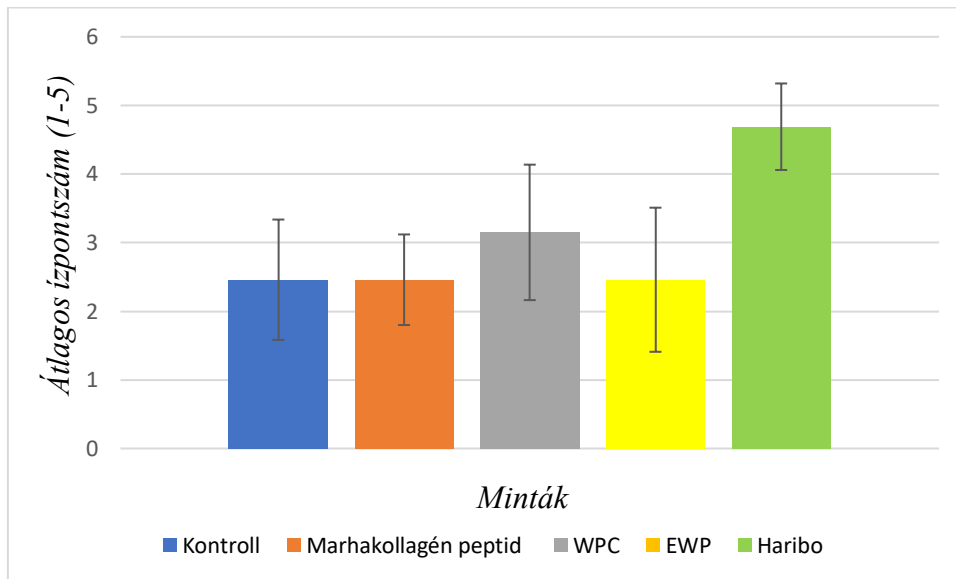
Az érzékszervi bírálat során a kóstolók a gummy-cukrok színét egy ötfokozatú skála alapján (1-5) értékelték. Az eredmények azt mutatják, hogy a legmagasabb átlagos pontszámot a Haribo minta kapta (4,23), amelyet a marhakollagén peptidet tartalmazó gummy-cukor követett (3,54). A kontroll minta átlagosan 3,46 pontot kapott, míg a WPC (tejsavó-fehérje-koncentrátum) és EWP (tojásfehérje-por) tartalmú minták alacsonyabb színpontszámokat értek el (3,23 és 3,15). Az adatok alapján megfigyelhető, hogy a fehérjeösszetétel befolyásolta a gummy-cukrok színének érzékszervi megítélését, a marhakollagén peptid kedvezőbbnek bizonyult a vizuális megjelenésre, mint a tejalapú vagy tojásfehérje-alapú fehérjék. Továbbá a pontszámokhoz tartozó szórások arra utalnak, hogy az értékelésben nagyobb egyéni különbségek jelentkeztek.

22. ábra: A gomicukor-minták érzékszervi bírálatának illatpontszámai (saját szerkesztés)



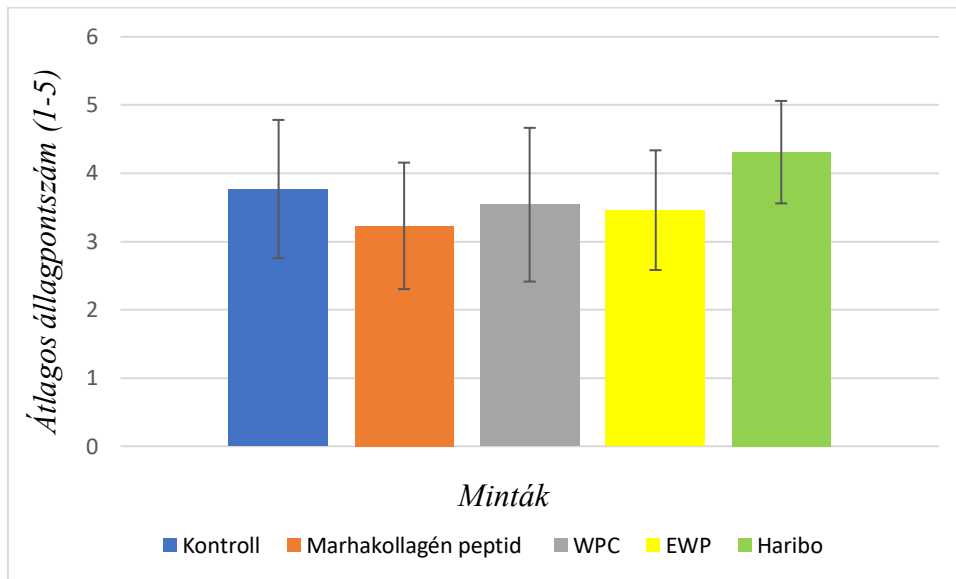
Az érzékszervi bírálat során a résztvevők a gomicukrok illatát szintén egy ötfokozatú skálán értékelték. Az eredmények alapján a legmagasabb illatpontszámot a Haribo minta kapta (4,62), amely jelentősen magasabb volt, mint a többi vizsgált minta eredménye. A fehérjével dúsított gomicukrok közül a WPC-t tartalmazó minta bizonyult a legkedvezőbbnek, 3,0 körüli átlagos pontszámmal. A marhakollagén peptidet, illetve EWP-t tartalmazó minták ennél alacsonyabb értékelést kaptak (2,38), hasonlóan a kontroll mintához, amely 2,2 pont körüli átlagos értékkel szerepelt. Az adatok alapján a fehérje típusának illatérzékelésre gyakorolt hatása eltérő volt. Ugyanakkor a pontszámokhoz tartozó viszonylag magas szórások arra utalnak, hogy az értékelők szubjektív észleléseiben jelentős különbségek voltak.

23. ábra: A gomicukor-minták érzékszervi bírálatának ízpontszámai (saját szerkesztés)



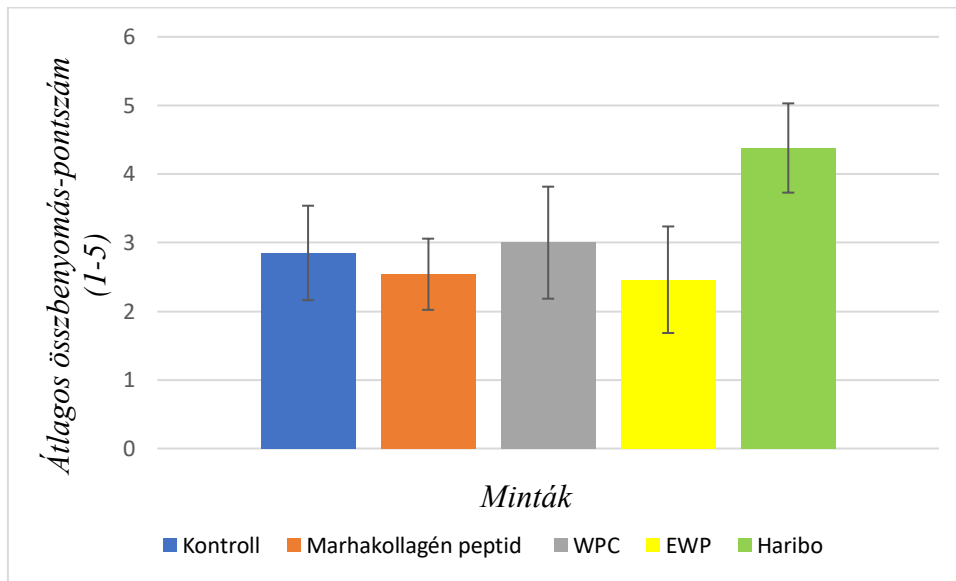
Az eredmények azt mutatják, hogy az ízértékelés során a legmagasabb átlagpontszámot a Haribo minta érte el, amely körülbelül 4,7-es értékével jelentősen kiemelkedett a többi minta közül. A fehérjével dúsított gomicukrok esetében a WPC-t tartalmazó változat szerepelt a legjobban, kicsivel 3,0 pont feletti átlagértékkel. Ezzel szemben az EWP-vel, illetve marhakollagén peptiddel készült termékek alacsonyabb, 2,5 körüli pontszámokat kaptak, hasonlóan a kontroll mintához. A hibasávok alapján megállapítható, hogy minden minta esetében viszonylag nagy szórás figyelhető meg, különösen az EWP minta esetében, ahol a legnagyobb eltérés mutatkozott a bírálók véleményei között. Ez arra utal, hogy a fogyasztók ízpreferenciái különösen megoszlottak az EWP-vel készült termék esetében, míg a Haribo minta megítélése sokkal egységesebb volt.

24. ábra: A gumi-cukor-minták érzékszervi bírálatának állagpontszámjai (saját szerkesztés)



Az állag értékelése során is a Haribo minta teljesített a legjobban, átlagosan 4,3-as pontszámmal. Ez azt jelzi, hogy a fogyasztók számára az ipari körülmények között gyártott termék textúrája továbbra is etalonnak számít. A kontroll minta szintén kedvező értékelést kapott (~3,8), ami arra utal, hogy az eredeti receptúra állaga elnyerte a fogyasztók tetszését. A fehérjével dúsított minták közül a WPC és EWP-tartalmú változatok közepes pontszámokat értek el (kb. 3,5), míg a marhakollagén peptides minta kapta a legalacsonyabb átlagos értéket (3,2). Az eredmények alapján megállapítható, hogy a hozzáadott fehérje valamelyest rontotta a gumi-cukrok textúráját. Emellett a fehérje típusa jelentős hatással volt a végtermék állagára, és a fogyasztók érzékenyen reagáltak ezekre a különbségekre.

25. ábra: A gumicukor-minták érzékszervi bírálatának összbenyomás-pontszámai (saját szerkesztés)



Az érzékszervi bírálat egyik vizsgált szempontja volt az összbenyomás, amelyet szintén egy 1-5-ig terjedő skálán értékelték a bírálók. Az ábrán jól látható, hogy a Haribo minta kiemelkedően szerepelt, átlagos pontszáma meghaladta a 4-es értéket. A Haribo nemcsak az összbenyomás, hanem minden más vizsgált érzékszervi szempont alapján a legjobb értékelést kapta. Ez alátámasztja a termék fogyasztói népszerűségét és kedvező érzékszervi tulajdonságait. A saját készítésű minták közül a WPC-t tartalmazó változat kapta a legmagasabb összbenyomás-pontszámot (3,00), ehhez közelített a kontroll minta pontszáma (2,85). Az EWP-vel és marhakollagén peptiddel készült minták pontszámai némileg alacsonyabbak voltak (2,46, illetve 2,54). Összességében a Haribo minden vizsgált paraméterben a legjobb értékelést kapta, míg a fehérjével dúsított gumicukrok közül a WPC-alapú változat bizonyult a legkedvezőbbnek.

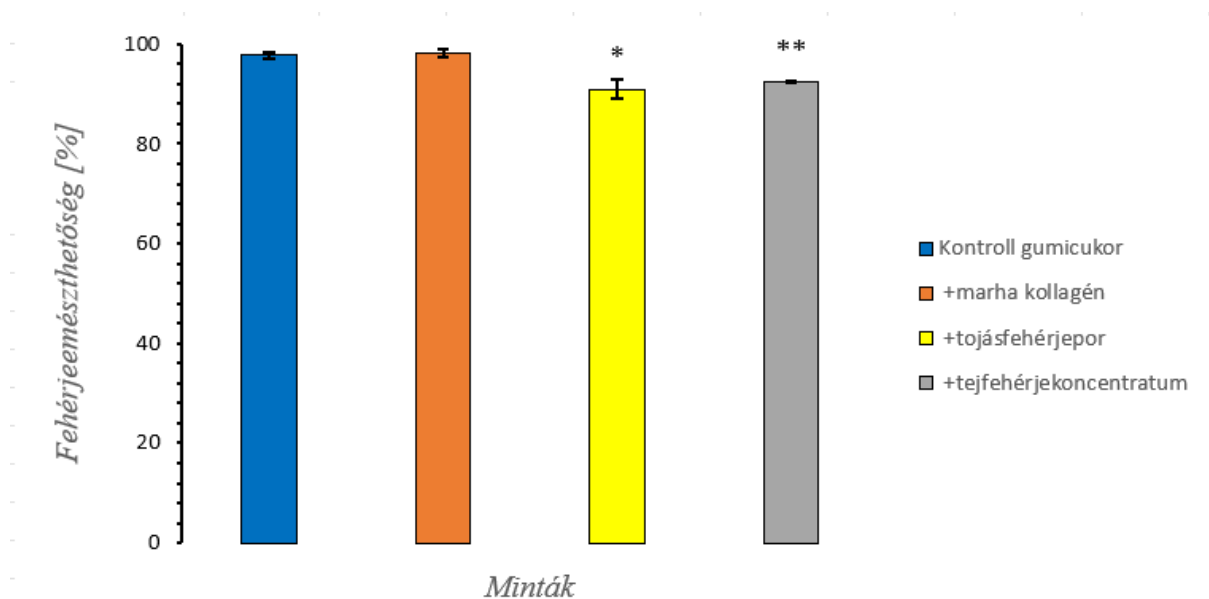
4.7. Emészthetőség vizsgálat eredményei

Az emészthetőségi vizsgálat célja a gomicukor minták fehérjeemészthetőségének meghatározása volt, mely adatok alapján meghatározható a különböző fehérjékkel (marhakollagén peptid, tejsavófehérje-koncentrátum, tojásfehérje por) dúsított gomicukrok és az eredeti termék összevetése.

A mérés során *in vitro* emésztési módszert alkalmaztam. Az emésztés után elkülönítettem az emésztett fehérjét (felülúszót) és az emésztetlen fehérjét (csapadékot), melyek fehérjetartalmát Kjeldahl-módszer segítségével határoztam meg. Ebből pedig meghatároztam a fehérjeemészthetőséget (IVPD% – *in vitro* protein digestibility), valamint kiszámítottam az egységnyi emészthető fehérjetartalmat (lásd 4. egyenlet).

A kapott eredményeket az 26. ábrán és a 13. táblázatban szemléltetem.

26. ábra: Minták fehérjeemészthetősége % (saját szerkesztés)



13. táblázat: A gomicukor minták fehérjetartalma és emészthetőségi paraméterei (saját szerkesztés)

Minta	Fehérjetartalom (g/100 g)	IVPD %	Egységnyi emészthető fehérjetartalom (g/100g)
Kontroll	8,97	97,8	8,77
Marhakollagén p.	13,17	98,3	12,95
EWP	12,82	91,0	11,66
WPC	12,67	92,4	11,71

A 26. ábra és a 13. táblázat eredményei alapján az alábbi következtetések vonhatók le. A kontroll minták (eredeti gumicukor recept alapján készített termékek) emészthetősége magas ($97,80 \pm 0,71$ IVPD%). A felülúszóban mért átlagos fehérjetartalom $83,59 \pm 5,97$ mg, azonban a csapadékban mindösszesen csak $1,90 \pm 0,51$ mg volt jelen. Ez arra utal, hogy az emésztés hatékonysága igen nagy, és a mintákban alig maradt emészthetetlen frakció. Ugyanakkor a kontroll minták kisebb fehérjetartalmuk révén ($8,97$ g/100 g) kevesebb, $8,77$ g/100 g egységnyi emészthető fehérjét biztosítanak.

A marha kollagén peptidet tartalmazó minták IVPD%-a $98,3 \pm 0,80$, mely a legmagasabb érték a vizsgált minták közül. A csapadékban mért fehérjetartalom nagyon alacsony volt $1,31 \pm 0,62$ mg, míg a felülúszóban $76,42 \pm 0,37$ mg fehérje volt jelen. Ez azt mutatja, hogy gyakorlatilag az összes fehérje lebomlott, ami kiváló emészthetőséget jelez, tekintve, hogy a fehérjetartalma is magas volt ($13,17$ g/100 g), továbbá az egységnyi emészthető fehérjetartalom is kiemelkedő $12,95$ g/100 g, amely a legjobb érték a vizsgált gumicukrok közül.

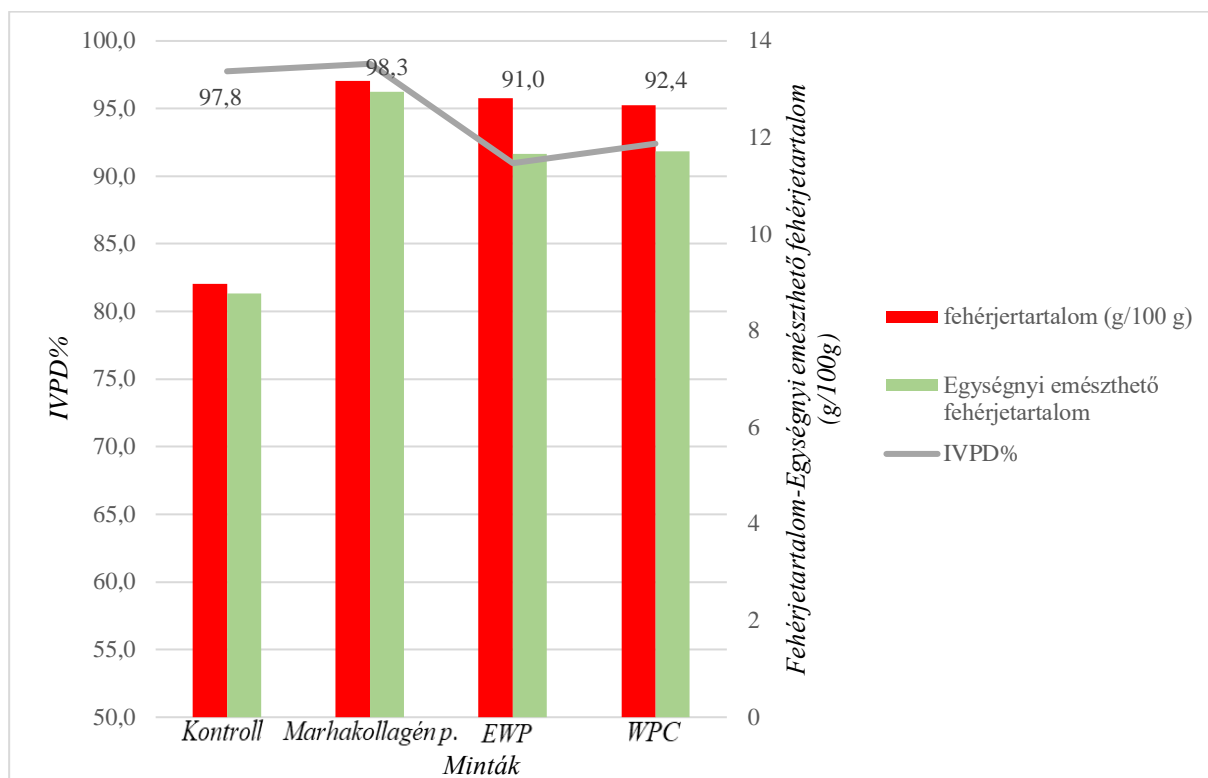
A WPC tartalmú minták valamivel alacsonyabb IVPD%-kal rendelkeztek ($92,4 \pm 0,21\%$) azonban nagyon alacsony szórással, ami a kiváló reprodukálhatóságot jelzi. A felülúszókban mért fehérje $78,14 \pm 3,72$ mg, a csapadékban $6,42 \pm 0,51$ mg. Ezek alapján a fehérje döntő többsége lebomlik, de a csapadékban fennmaradó mennyiség arra utal, hogy bizonyos frakciók kevésbé emészthetőek. A termék $12,67$ g/100 g fehérjetartalma mellett $11,71$ g/100 g emészthető fehérjét biztosít.

A tojásfehérje-porral dúsított gumicukrok mutatták a leggyengébb emészthetőségi eredményeket ($91,00 \pm 2,00$ %). A csapadékban mért fehérjetartalom $7,29 \pm 1,89$ mg volt, továbbá a felülúszókban mért fehérjetartalom is valamivel alacsonyabb volt $73,01 \pm 0,78$ mg, mely arra utal, hogy ez kisebb mértékben bomlik le. Az emészthető fehérje mennyiség $11,67$ g/100 g.

A statisztikai összehasonlítás (kétmintás t-próba nem-egyenlő szórásnégyzeteknél) alapján szignifikáns különbség mutatható ki a kontroll és WPC ($p < 0,01$) minták, valamint a kontroll és EWP ($p < 0,05$) minták között, míg a kontroll és marhakollagén peptid között nem volt statisztikailag szignifikáns eltérés. Ez azt jelzi, hogy a marhakollagén peptid emészthetősége statisztikailag nem különbözött a kontroll mintától, míg a többi fehérjével dúsított minta esetében a különbség számottevő volt.

A 27. ábra alapján jól láthatóak az egyes minták fehérjetartalma, emészthető fehérjetartalma és az egységnyi emészthető fehérjetartalma, valamint ezek közti különbségek.

27. ábra: Minták fehérje és emészthetőségi értékeinek a vizsgálata (saját szerkesztés)



A marhakollagén peptiddel dúsított gumicukor, amely a legmagasabb fehérjertartalommal rendelkezett, érte el a legnagyobb IVPD%-t és az egységnyi emészthető fehérjertartalom is itt volt a legnagyobb. Azonban érdemes megjegyezni, hogy a kollagén legnagyobb mennyiségben olyan aminosavakat tartalmaz, melyek nem esszenciálisak az emberi szervezet számára, így feltehetően a tényleges tápértéket – DIAAS alapján – nem növeli az így megnövelt fehérjemennyiség. Ennek meghatározása további vizsgálatok során lehetséges.

Az EWP minta esetében, bár a fehérjertartalom magas volt, az emészthető fehérjertartalom a legkisebbnek bizonyult a vizsgált minták közül. A kontroll minta esetében jól látható, hogy bár a fehérjertartalom jóval alacsonyabb volt, mint a többi gumicukor esetében, az IVPD%-érték így is a második legmagasabb értéket érte el.

Összességében megállapítható, hogy az egységnyi emészthető fehérjertartalom alapján a marhakollagén peptid bizonyult a legjobbnak, ezt követően a tejsavófehérje-koncentrátum és az EWP, míg a legalacsonyabb értékkel a kontroll minta rendelkezett. A legmagasabb fehérjeemészthetőségi értéket szintén a marhakollagén esetében mértem, a legalacsonyabbat pedig a tojásfehérje pornál, de ez is meghaladta a 90%-ot, így jó emészthetőségűnek tekinthető.

5. Következtetések és javaslatok

Az elvégzett vizsgálatok alapján megfigyelhető, hogy a gumicukrok fizikai, kémiai és érzékszervi tulajdonságait a különböző fehérjék, mint a marhakollagén peptid, WPC (tejsavófehérje-koncentrátum) és EWP (tojásfehérje-por) jelentősen befolyásolják. A hatások mértéke azonban egyes paraméterek esetében eltérő volt.

A fehérjék különböző sav-bázikus tulajdonságai befolyásolták a gumicukrok pH értékét. Az EWP dúsítású gumicukor mutatta a legmagasabb pH-értéket, ami kedvező lehet a mikrobiológiai stabilitás szempontjából. A marhakollagén és a WPC hatása viszonylag enyhe volt, azonban a pH-értékek mérsékelten eltértek a kontroll mintától, ami arra utal, hogy a fehérjék befolyásolják a termék kémiai tulajdonságait.

A vízáktívitás eredmények alapján a kontroll minta mutatta a legmagasabb vízáktívitás értéket, míg a tojásfehérje-porral dúsított változat a legalacsonyabbat. Bár a különbségek kismértékűek, ezek arra utalnak, hogy a fehérjék befolyásolják a gumicukrok vízmegkötő képességét, ami hatással lehet a termék tartósságára és állagára. A vízáktívitás optimalizálása érdekében javasolt a fehérjék arányának szabályozása, valamint további adalékanyagok vizsgálata, amelyek javíthatják a termék mikrobiológiai stabilitását.

A különböző színparaméterek vizsgálata azt mutatja, hogy az EWP-vel dúsított minta volt a legvilágosabb, míg a marhakollagén peptidet tartalmazó gumicukor a legsötétebb színű. Az a^* értékek enyhén zöldes árnyalatot mutattak, amit a trópusi gyümölcs ízesítés és a fehérjék kölcsönhatása eredményezhetett. A b^* értékek sárgás árnyalatot jeleztek, ami szintén összhangban van a trópusi gyümölcs ízesítéssel.

A fehérjékkel dúsított gumicukor-minták szárazanyagtartalma kismértékben eltért a kontroll mintától, de ez az eltérés nem volt jelentős. A Haribo termék azonban kiemelkedett jelentősen magasabb szárazanyagtartalmával. Javasolt további kutatásokat végezni annak érdekében, hogy megértsük, milyen szerepe van a fehérjealapú dúsításnak a gumicukor szárazanyagtartalmát tekintve, és mi az oka a jelentős eltérésnek a Haribo és fehérjés gumicukrok között.

Az állományvizsgálatok azt mutatják, hogy a gumicukrok állománya jelentősen függ a hozzáadott fehérje típusától. A Haribo minta a legszilárdabb és leginkább összetartó állományt mutatta, míg az EWP-tartalmú gumicukor volt a legpuhább. A marhakollagén- és WPC-dúsítás kevésbé csökkentette a rágaskezdeti ellenállást, ugyanakkor javította a szerkezet megtartóképességét a kontrollhoz képest. A rugalmasság és rághatóság eredményei egyaránt

azt jelzik, hogy a fehérjék típusa és mennyisége jelentősen befolyásolja a gemicukrok textúráját és rágási tulajdonságait.

Az emészthetőségi vizsgálatok alapján a vizsgált gemicukor-minták mindegyike magas, 90% feletti emészthetőséget mutatott. A marhakollagén peptid bizonyult a legjobbnak, szinte teljes fehérjelebomlással és kiemelkedő egységnyi emészthető fehérjetartalommal. A WPC és EWP minták esetében kissé alacsonyabb, de még mindig jó emészthetőséget mértem. A statisztikai elemzés megerősítette, hogy a fehérjével dúsított minták emészthetősége jellemzően szignifikánsan eltért a kontrolltól. Összességében elmondható, hogy a marhakollagén peptid a legkedvezőbb fehérjeforrás a gemicukor-fejlesztés szempontjából. Ugyanakkor figyelembe kell venni, hogy a kollagén aminosav-összetétele elsősorban nem esszenciális aminosavakból áll, így bár emészthetősége kiemelkedő, a tényleges fehérjeminőségre gyakorolt hatását érdemes lenne tovább vizsgálni, például aminosav- emészthetőségen alapuló fehérjeminőségi mutató (pl. DIAAS) meghatározásával.

Az érzékszervi bírálatok alapján a Haribo minta kiemelkedett minden vizsgált paraméterben, amelynek oka vélhetően, hogy ezt ipari körülmények között gyártják, illetve a legtöbb ember által már ismert és egy nagyon kedvelt édesség. A fehérjékkel dúsított gemicukrok közül a WPC-t tartalmazó változat volt a legkedvezőbb az íz, valamint az összbenyomás tekintetében. A marhakollagén peptid kedvezőbb hatással volt a színre, míg az EWP tartalmú minták a legnagyobb egyéni eltéréseket mutattak az íz érzékelésében. Összeségében az érzékszervi bírálat során a bírálók egyéni preferenciája nagyon eltérő, megosztó volt.

Méréseim alapján megállapítható, hogy a fehérjék használata hatással van a gemicukor színére, pH-értékére, vízaktivitására és érzékszervi tulajdonságaira.

Indokolt lehet a vízakktivitás további vizsgálata, valamint annak hatása a gemicukor eltarthatóságára, állagára és minőségére.

Az érzékszervi bírálat eredményei alapján elmondható, hogy a saját készítésű gemicukrok néhány érzékszervi tulajdonság tekintetében (pl. állag, íz, illat) lemaradás volt tapasztalható. Ezek javítása érdekében célszerű lehet az alkalmazott fehérjék mennyiségének és típusának finomítása, valamint természetes íz- és állományjavító anyagok alkalmazása. Ezek a módosítások hozzájárulhatnak, ahhoz, hogy a termékek érzékszervi megítélése közelebb kerüljön a jól ismert piaci márkáéhoz.

6. Összefoglalás

A gumicukor népszerű édesség, amely hagyományosan cukorból, zselésítő anyagokból, ízesítő- és színezőanyagokból áll. Az utóbbi években az egészségtudatos táplálkozás előtérbe kerülése lehetőséget teremtett a fehérjetartalom növelésére és a funkcionális édességek fejlesztésére. A fehérje alapvető tápanyag, amely hozzájárul az izomtömeg fenntartásához és a szervezet regenerációjához, így alkalmazása értékesebbé teszi a terméket a fogyasztó számára. Kutatásom célja olyan gumicukor-termék előállításának vizsgálata volt, amely megnövelt fehérjetartalommal rendelkezik, miközben megőrzi a hagyományos gumicukorra jellemző textúrát és ízvilágot.

A vizsgálatok során a hagyományos gumicukrok (Haribo Tropifrutti) fizikai, kémiai és érzékszervi tulajdonságait hasonlítottam össze különböző fehérjékkel dúsított változatokkal. A kísérleti mintákat marhakollagén peptiddel, tejsavófehérje-koncentrátummal (WPC) és a tojásfehérje-porral (EWP) készítettem, a kontroll minták fehérje hozzáadása nélkül készültek. A gumicukrok pH-értékét pH-mérővel, vízakтивitását vízakтивitás-mérővel, színét Konica Minolta CR400 színmérővel, szárazanyagtartalmát pedig szárítószekrényes tömegméréssel határoztam meg. Az állomány vizsgálatára SMS TA.TX Plus állománymérőt alkalmaztam, amely lehetővé tette a keménység, rugalmasság, kohézió és rághatóság meghatározását. Az érzékszervi bírálatban 13 fő vett részt, amely vakteszt formájában zajlott, és a szín, illat, íz, állag, valamint az összbenyomás szempontok alapján, minden tulajdonságot egy 1-5-ig terjedő skálán értékelték, ahol az 1-es érték a legkevésbé kedvezőt, az 5-ös a legkedvezőbb értékelést jelentette. Az emészthetőséget *in vitro* modell segítségével vizsgáltam, amely lehetővé tette az IVPD (%) és az egységnyi emészthető fehérjetartalom meghatározását.

A pH-mérések alapján a fehérjék típusa befolyásolta a termék savasságát- a marhakollagén peptidet tartalmazó minta enyhén savasabb volt ($\sim 3,9$), míg a WPC és EWP-tartalmú minták pH-ja magasabb értékeket mutatott (4,45 és 4,7). A vízakтивitás tekintetében a kontrollminta rendelkezett a legmagasabb értékkel (0,938), az EWP-vel dúsított változat pedig a legalacsonyabbal (0,913), míg a marhakollagén peptid és WPC minták köztes értékeket mutattak. A pH és vízakтивitás együttesen hatott a termékek állományára és mikrobiológiai stabilitására. A színmérések szerint a világossági (L^*) tényező az EWP minta esetében volt a legnagyobb, míg a marhakollagén peptid sötétebb árnyalatot eredményezett. Az a^* paraméter mindegyik mintában negatív tartományban helyezkedett el, jelezve az enyhén zöldes árnyalatot, míg a b^* értékek a sárgás tónust tükrözték. A szárazanyagtartalom a fehérjével dúsított

mintákban 30-35% között alakult, azonban a Haribo minta jóval magasabb, közel 90%-os értéket mutatott.

Az állomány vizsgálatok alapján az EWP minta volt a legpuhább. Az első összerágáshoz a Haribo mintánál volt szükség a legnagyobb energiára (60 mJ), míg az EWP mintánál fele ennyi energiára sem volt szükség. A második összerágásnál szintén a Haribo igényelte a legtöbb erőt, energiát, de már jóval kevesebbet, mint az első harapásnál. A kohézió mérésénél a fehérjével dúsított gomicukrok közül az EWP rendelkezett a legnagyobb értékkel (0,209). A rugalmasság, valamint a rághatóság tekintetében pedig a kontrollhoz képest mindegyik fehérjével dúsított gomicukor eredményei csökkentek. Az érzékszervi bírálat eredménye jól mutatja, hogy a Haribo minta kiemelkedett minden szempontból, a fehérjével dúsított minták közül pedig a WPC-tartalmú változat bizonyult a legkedvezőbbnek. Azonban minden vizsgált szempont esetében jelentős eltérések voltak megfigyelhetőek, amelyek jól szemléltetik a bírálók eltérő preferenciáit.

Az emészthetőség vizsgálatok szerint a kontroll és fehérjével dúsított minták mindegyike magas, 90% feletti IVPD értéket mutatott. A legjobb emészthetőséget a marhakollagén peptid biztosította, gyakorlatilag teljes fehérjelebomlással és kiemelkedő egységnyi emészthető fehérjetartalommal. A WPC és EWP minták emészthetősége kissé alacsonyabb volt. Az elvégzett statisztikai elemzés pedig alátámasztotta, hogy a WPC és EWP minták emészthetősége szignifikánsan eltért a kontrolltól.

Összességében a vizsgálatok igazolták, hogy a fehérje dúsítás hatással van a gomicukrok tulajdonságaira. A marhakollagén peptid ideális választásnak bizonyult a fehérje emészthetősége szempontjából, míg a WPC a legkedvezőbb érzékszervi tulajdonságokkal rendelkezett. Az eredmények alapot szolgáltatnak a funkcionális, fehérjével dúsított gomicukrok további fejlesztéséhez, a textúra és fogyasztói elfogadhatóság optimalizálásához.

7. Irodalomjegyzék

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), 1771. <https://doi.org/10.3390/foods13111771>

Brodkorb, A., Egger, L., Alming, M., Alvito, P., Assunção, R., Ballance, S., Bohn, T., Bourlieu-Lacanal, C., Boutrou, R., Carrière, F., Clemente, A., Corredig, M., Dupont, D., Dufour, C., Edwards, C., Golding, M., Karakaya, S., Kirkhus, B., Le Feunteun, S., Lesmes, U., Macierzanka, A., Mackie, A. R., Martins, C., Marze, S., McClements, D. J., Ménard, O., Minekus, M., Portmann, R., Santos, C. N., Souchon, I., Singh, R. P., Vegarud, G. E., Wickham, M. S. J., Weitschies, W., Recio, I. (2019). INFOGEST static in vitro simulation of gastrointestinal food digestion. *Nature Protocols*. 14, 991–1014. <https://doi.org/10.1038/s41596-018-0119-1>

Csapó, J. (2018). *Magas tápértékű funkcionális élelmiszer*. Medical Online.
Forrás: http://medicalonline.hu/tudomany/cikk/magas_taperteku_funkcionalis_elelmiszer
(Letöltve: 2025. 03. 06.)

Darnay, L. (2017). *Mikrobiális transzglutamináz alkalmazhatósága tej- és húsipari termékeknél*. (Doktori (PhD) értekezés). Szent István Egyetem, Budapest. <https://doi.org/10.14751/SZIE.2017.048>

Forester, S. M., Jennings-Dobbs, E. M., Sathar, S. A., Layman, D. K. (2023). Perspective: developing a nutrient-based framework for protein quality. *The Journal of Nutrition*. 153(8), 2137–2146. <https://doi.org/10.1016/j.tjnut.2023.06.004>

Gan, D., Xu, M., Chen, L., Cui, S., Deng, C., Qiao, Q., Guan, R., Zhong, F. (2022). Intake of sugar substitute gummy candies benefits the glycemic response in healthy adults: A prospective crossover clinical trial. *Gels*. 8(10), 642. <https://doi.org/10.3390/gels8100642>

Gummy candy. (n.d.). Encyclopedia.com.
Forrás: <https://www.encyclopedia.com/manufacturing/news-wires-white-papers-and-books/gummy-candy> (Letöltve: 2025. március 17.)

Gummy market size, share & growth analysis report, 2030. (n.d.). Grand View Research.
Forrás: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/gummy-market-report>
(Letöltve: 2025. március 23.)

Gusain, P. (2024). *Global gummy candy market size, share, and trends analysis report – industry overview and forecast to 2032.* Data Bridge Market Research.
Forrás: <https://www.databridgemarketresearch.com/reports/global-gummy-candy-market>
(Letöltve: 2025. március 22.)

Health benefits of gelatin. (n.d.). WebMD.
Forrás: <https://www.webmd.com/diet/health-benefits-gelatin> (Letöltve: 2025. március 27.)

Herrmann, M. (2022). *The colorful history of Haribo Goldbears, the world's first gummy bears.* Smithsonian Magazine.
Forrás: <https://www.smithsonianmag.com/history/the-colorful-history-of-haribo-goldbears-the-worlds-first-gummy-bears-180980094/> (Letöltve: 2025. március 17.)

Internet 1. Les Vergers Boiron. Fagyasztott citrompüré (100%) műszaki adatlap.
Forrás: [boiron lemon.pdf](#) (Letöltve: 2025. április 22.)

Kiran, B. S., Bashir, O., Pawase, P. A., Dash, K. K., Amin, T., Shams, R., Shaikh, A. M., Kovács, B. (2025). A review of in-vitro digestibility models on diverse foods in various segments of human digestive tract. *Discover Food*, 5, 273.
<https://doi.org/10.1007/s44187-025-00454-y>

Milano, F., Masi, A., Madaghiele, M., Salvatore, L., Gallo, N. (2023). *Structure and properties of gelatin.* Encyclopedia.pub.
Forrás: <https://encyclopedia.pub/entry/44735> (Letöltve: 2025. március 6.)

Moughan, P. J., Lim, W. X. J. (2024). Digestible indispensable amino acid score (DIAAS): 10 years on. *Frontiers in Nutrition*. 11. <https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1389719>

Protein structure: Primary, secondary, tertiary & quaternary. (n.d). Khan Academy. Forrás: <https://www.khanacademy.org/science/biology/macromolecules/proteins-and-amino-acids/a/orders-of-protein-structure> (Letöltve: 2025. október 31.)

Rawat, S., Rai, S., Sangeeta, S., Kumar, A., Ramachandran P., Sharma, S. K., Dubey, S. K., Prakash, A., Joshi, R. (2024). Application of plant-based hydrocolloids on the textural profile of vegan gummies supplemented with turmeric and black pepper. *International Journal of Food Science*. 2024, 7127635. <https://doi.org/10.1155/2024/7127635>

Rein, M. J., Renouf, M., Cruz-Hernandez, C., Actis-Goretta, L., Thakkar, S. K., da Silva Pinto, M. (2013). Bioavailability of bioactive food compounds: a challenging journey to bioefficacy. *British Journal of Clinical Pharmacology*. 75(3), 588–602. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2125.2012.04425.x>

Rodrigues, D. B., Marques, M. C., Hacke, A., Loubet Filho, P. S., Cazarin, C. B. B., Mariutti, L. R. B. (2022). Trust your gut: Bioavailability and bioaccessibility of dietary compounds. *Current Research in Food Science*. 5, 228-233. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2022.01.002>

Rojo-Arreola, L., Navarrete del Toro, M. A., Cordova-Murueta, J., García-Carreño, F. (2019). Techniques for protein digestion research in Decapoda: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 89, 65–75. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.05.004>

Saját adatgyűjtés. (2025). Felhasznált termékek tápértéke a csomagolás alapján.

Schaafsma, G. (2012). Advantages and limitations of the protein digestibility-corrected amino acid score (PDCAAS) as a method for evaluating protein quality in human diets. *British Journal of Nutrition*. 108(2), 333-336. <https://doi.org/10.1017/S0007114512002541>

Sensoy, I. (2021). A review on the food digestion in the digestive tract and the used *in vitro* models. *Current Research in Food Science*. 4, 308–319. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2021.04.004>

Sousa, R., Recio, I., Heimo, D., Dubois, S., Moughan, P. J., Hodgkinson, S. M., Portmann, R., Egger, L. (2023). *In vitro* digestibility of dietary proteins and *in vitro* DIAAS analytical workflow based on the INFOGEST static protocol and its validation with *in vivo* data. *Food Chemistry*. 404, 134720. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134720>

Swaisgood, H. E., Catignani, G. L. (1991). Protein digestibility: *In vitro* methods of assessment. In: J. E. Kinsella (ed.), *Advances in Food and Nutrition Research*. Academic Press, 185-236. [https://doi.org/10.1016/S1043-4526\(08\)60065-0](https://doi.org/10.1016/S1043-4526(08)60065-0)

Tarahi, M., Tahmouzi, S., Kianiani, M. R., Ezzati, S., Hedayati, S., Niakousari, M. (2023). Current innovations in the development of functional gummy candies. *Foods*. 13(1): 76. <https://doi.org/10.3390/foods13010076>

The history of gummy bears. (n.d.). Candy Pros.

Forrás: <https://candypros.com/pages/history-of-gummy-bears> (Letöltve: 2025. 03. 17.)

Vojvodić Cebin, A., Bunić, M., Mandura Jarić, A., Šeremet, D., Komes, D. (2024). Physicochemical and sensory stability evaluation of gummy candies fortified with mountain germander extract and prebiotics. *Polymers*. 16(2), 259. <https://doi.org/10.3390/polym16020259>

Xavier, A. A. O., Mariutti, L. R. B. (2021): Static and semi-dynamic *in vitro* digestion methods: state of the art and recent achievements towards standardization. *Current Opinion in Food Science*. 41, 260-273. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2021.08.002>

8. Táblázatok jegyzéke

1. táblázat: Totu ital összetétele (Totu ital csomagolása)	18
2. táblázat: Totu krém összetétele (Totu krém csomagolása)	19
3. táblázat: Trópusi gyümölcspüré összetétele (Gyümölcspüré csomagolása)	19
4. táblázat: Les Vergers Boiron citrompüré összetétele (Internet 1)	19
5. táblázat: C-vitamin por összetétele (Vital Trend C-vitamin por csomagolása)	20
6. táblázat: Eritritol összetétele (Belbake Eritritol csomagolása)	20
7. táblázat: Zselatin összetétele (Paleolit étkezési zselatin csomagolása)	20
8. táblázat: Marhakollagén peptid összetétele (Paleolit marhakollagén peptid csomagolása)	21
9. táblázat: Tojásfehérje por összetétele (Porlasztva szárított tojásfehérje csomagolása)	21
10. táblázat: WPC 80 (tejsavófehérje-koncentrátum) összetétele (Spomlek WPC 80 csomagolása)	21
11. táblázat: Összetevők mennyisége 100 g-ban (saját)	22
12. táblázat: Emésztéshez bemért mennyiségek	29
13. táblázat: A gomicukor minták fehérjetartalma és emészthetőségi paraméterei (saját szerkesztés)	46

9. Ábrák jegyzéke

1. ábra: A funkcionális gumicukrok új formulái (forrás: Tarahi és mtsai., 2023; saját szerkesztés)	9
2. ábra: A funkcionális gumicukrok típusai (forrás: Tarahi és mtsai., 2023; saját szerkesztés)	11
3. ábra: Fehérje szerkezeti szintjei (forrás: Orders of protein structure, n.d.)	16
4. ábra: Formába öntött gumicukrok	23
5. ábra: Elkészített gumicukrok.....	23
6. ábra: SMS TA.XT Plus állománymérő készülék	25
7. ábra: TPA mérés (Texture Profile Analysis) sematikus erő-deformáció görbéje (forrás: Darnay, 2017).....	26
8. ábra: Gumicukrok előkészítése állományméréshez.....	26
9. ábra: A Kjeldahl-módszer titrálási lépése	29
10. ábra: Vizsgált gumicukor minták pH-értékei (saját szerkesztés)	30
11. ábra: Vizsgált gumicukorminták vízaktivitása (saját szerkesztés)	31
12. ábra: Vizsgált minták L* értékei (saját szerkesztés).....	32
13. ábra: Vizsgált minták a* értékei (saját szerkesztés)	33
14. ábra: Vizsgált minták b* értékei (saját szerkesztés)	34
15. ábra: Vizsgált gumicukrok szárazanyagtartalma (saját szerkesztés)	35
16. ábra: A gumicukor minták első harapásához szükséges energia (saját szerkesztés)	36
17. ábra: A gumicukor minták második harapásához szükséges energia (saját szerkesztés) ...	37
18. ábra: A gumicukor minták kohéziója (saját szerkesztés).....	38
19. ábra: Gumicukor minták rugalmassága (saját szerkesztés).....	39
20. ábra: Gumicukor minták rághatósága (saját szerkesztés)	40
21. ábra: A gumicukor-minták érzékszervi bírálatának színpontszámjai (saját szerkesztés)	41
22. ábra: A gumicukor-minták érzékszervi bírálatának illatpontszámjai (saját szerkesztés)	42
23. ábra: A gumicukor-minták érzékszervi bírálatának ízpontszámjai (saját szerkesztés)	43
24. ábra: A gumicukor-minták érzékszervi bírálatának állagpontszámjai (saját szerkesztés) ...	44
25. ábra: A gumicukor-minták érzékszervi bírálatának összbenyomás-pontszámjai (saját szerkesztés)	45
26. ábra: Minták fehérjeemészthetősége % (saját szerkesztés).....	46
27. ábra: Minták fehérje és emészthetőségi értékeinek a vizsgálata (saját szerkesztés)	48

10. Melléklet

1. melléklet: A kutatás során használt kérdőív (Google Űrlap)

Gumicukor Érzékszervi Bíráló

Kedves Bíráló!

Kérek, értékeld a gumicukormintákat az alábbi tulajdonságok alapján: szín, illat, íz, állomány és összbenyomás, egy 1-től 5-ig terjedő skálán (1=nagyon nem tetszik, 5=nagyon tetszik)

Köszönöm, hogy részt veszel a bírálóban!

187 kódú gumicukor színe: *

- 1
 - 2
 - 3
 - 4
 - 5
-

187 kódú gumicukor illata: *

- 1
 - 2
 - 3
 - 4
 - 5
-

187 kódú gemicukor íze: *

1

2

3

4

5

187 kódú gemicukor állaga: *

1

2

3

4

5

187 kódú gemicukor összbenyomás: *

1

2

3

4

5

A többi gemicukorra vonatkozó kérdések ugyanígy kerültek kitöltésre.

Köszönetnyilvánítás

Szeretném kifejezni őszinte köszönetemet konzulenseimnek, Vargáné Dr. Tóth Adriennek és Tormási Juditnak a szakdolgozatom elkészítése során nyújtott segítségükért, tanácsaikért és biztatásukért, amelyek nélkül a dolgozatom nem készülhetett volna el.

Köszönöm mindazoknak, akik részt vettek az érzékszervi bírálatban, segítve ezzel dolgozatomat.

Hálás vagyok a családomnak és barátaimnak a rengeteg türelemért, támogatásért és segítségért, amely végig erőt adott a dolgozat megírásához.

NYILATKOZAT

A szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Kerekes Petra Lilla
A Hallgató Neptun kódja: V3K6EU
A dolgozat címe: Növelt fehérjetartalmú gumicukrok emészthetőségének és technológiai tulajdonságainak vizsgálata
A megjelenés éve: 2025
A konzulens intézetének neve: Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Állatitermék és Élelmiszertartósítási Technológiai Tanszék, Élelmiszerkémia és Analitika Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió¹ egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

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

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

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

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumába. 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 MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumában.

Kelt: Budapest, 2025. november 02.

Kerekes Petra Lilla
Hallgató aláírása

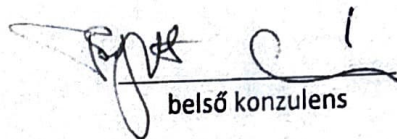
NYILATKOZAT

Kerekes Petra Lilla (Neptun azonosítója: V3K6EU) 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 védeésre javaslom / nem javaslom¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem²

Kelt: Budapest, 2025. október 30.


belső konzulens

¹ A megfelelő aláhúzendő.

² A megfelelő aláhúzendő.

Hallgatók, doktoranduszok nyilatkozata mesterséges intelligencia (MI) alkalmazásáról

1. Általános adatok

Hallgató neve:	Kerekes Petra Lilla
Neptun-kódja:	VJK6EU
Képzési szint (a megfelelőt jelölje X-szel):	<input checked="" type="checkbox"/> BSc/BA <input type="checkbox"/> MSc/MA <input type="checkbox"/> Doktori (PhD) <input type="checkbox"/> Egyéb:
Tantárgy neve/kódja*:	Szakdolgozat készítés
A munka címe:	Növekedés felhívásai a magyar gazdaságban és a vállalkozások versenyképességének növelésében

* doktori értekezés esetén nem kitöltendő

2. Nyilatkozat az MI használatáról

Alulírott, etikai felelősségem teljes tudatában az alábbi nyilatkozatot teszem:

(Kérjük, válasszon egyet az alábbi lehetőségek közül!)

A) Nem alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

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

B) Alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Kérjük, töltsse ki a vonatkozó táblázatokat!)

3. A mesterséges intelligencia használatának részletezése

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

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

A felhasználás célja	Alkalmazott MI-eszköz neve és verziója	Érintett rész (ha nem a szöveg egészére vonatkozik)
Működési leírás, formázás, ötletelés	ChatGPT (GPT-5-mini, OpenAI)	Szövegvizsgálat, fordítás, ötletelés, nyelvi javítások és ellenőrzés

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

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

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

	verziója, elérhetősége		bejegyzésének sorszám

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

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

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

Oktató vagy témavezető által előírt szabályok:

.....

.....

.....

.....

4. Minden hallgatóra vonatkozó nyilatkozat:

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

Kelt: Budapest....., 2025. október..... hó ..30.. nap

..... Keckez Petra Lilla.....

Hallgató aláírása

..... 

Konzulens/Témavezető aláírása