

# **DIPLOMADOLGOZAT**

**Szafián Marcell Áron**

**2025**



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem**

**Budai Campus**

**Élelmiszertudományi és Technológia Intézet**

**Élelmiszermérnök mesterképzés szak**

**Különböző *Chlorella pyrenoidosa* koncentrációk hatása a  
Maillard reakción átment fehér csokoládé technofunkciós  
tulajdonságaira**

**Belső konzulensek:** Dr. Kaszab Tímea  
egyetemi adjunktus  
  
Badakné dr. Kerti Katalin  
tanszékvezető, egyetemi docens  
Molnárné Jakab Ivett  
egyetemi tanársegéd

**Belső konzulensek  
tanszéke:** **Élelmiszeripari  
Méréstechnika és  
Automatizálás Tanszék**  
  
**Gabona és Iparinövény  
Technológia Tanszék**

**Készítette :** Szafián Marcell Áron

**Budapest**

**2025**

# TARTALOMJEGYZÉK

RÖVIDÍTÉSEK .....	2
1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS.....	3
2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS .....	4
2.1. Fehér csokoládétól a szőke csokoládéig.....	4
2.2. A csokoládék reológiai tulajdonságai .....	6
2.3. Az alga rövid ismertetése .....	9
2.4. Az alga, mint édesipari alapanyag .....	9
3. ALKALMAZOTT MÓDSZEREK.....	14
3.1. Alapanyagok ismertetése.....	14
3.2. Minták kidolgozása .....	15
3.3. A minták elkészítése .....	16
3.4. Mérési módszerek .....	17
3.4.1. Színmérés .....	17
3.4.2. Állománymérés .....	18
3.4.3. Tárolási paraméterek .....	18
3.4.4. Szemcseméret elemzés .....	18
3.4.5. Reológiai tulajdonságok meghatározása .....	19
3.4.6. Érzékszervi bírálat.....	21
3.4.7. Statisztikai számítások .....	21
4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK.....	23
4.1. Színmérés eredménye és értékelése .....	23
4.2. Állománymérés eredménye és értékelése .....	25
4.3. Mikroszkópos szemcseméret elemzés.....	27
4.4. Látszólagos viszkozitás mérésének eredményei és értékelésük.....	29
4.5. Reológiai modellezések.....	32
4.6. Tixotropia mérési eredményei és értékelésük .....	40
4.7. Érzékszervi bírálat eredményei és értékelésük.....	41
5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK .....	48
6. ÖSSZEFOGLALÁS.....	51
IRODALOMJEGYZÉK.....	53
TÁBLÁZATOK ÉS ÁBRÁK JEGYZÉKE.....	57
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS .....	59
MELLÉKLETEK .....	60

## RÖVIDÍTÉSEK

### Fizikai mennyiségek

a*	vörös-zöld színingerjellemző [-]
b*	kék-sárga színingerjellemző [-]
C	áramlási együttható [Pa.s]
C <sub>ab</sub> *	króma [-]
$\dot{\gamma}$	nyírási sebesség [s <sup>-1</sup> ]
$\gamma^*$	$\tau^*$ pontban mérhető nyírási sebesség [1/s]
$\Delta E^*$	színinger különbség [-]
FERET_MIN	legkisebb geometriai méret [px, $\mu$ m]
FERET_MAX	legnagyobb geometriai méret [px, $\mu$ m]
h <sub>ab</sub> *	színezeti szög [-]
$\eta_c$	Casson viszkozitás [Pa.s]
$\eta_\infty$	végtelen viszkozitással [Pa.s]
L*	világossági tényező [-]
n	általánosított Casson hatványkitevője [-]
p	Herschel-Bulkley index [-]
$\tau$	nyírófeszültség [Pa]
$\tau_0$	statikus folyáshatár [Pa]
$\tau_1$	dinamikus folyáshatár [Pa]
$\tau_c$	Casson folyáshatár [Pa]
$\tau_{HB}$	Herschel-Bulkley folyáshatár [Pa]

### Mintakódok

BC	<i>blonde chocolate</i> (karamellizált fehér csokoládé)
BCB	<i>blonde chocolate with blackcurrant</i> (karamellizált fehér csokoládé feketeribizlivel)
BCR	<i>blonde chocolate with raspberry</i> (karamellizált fehér csokoládé málnával)
BCB-C4	karamellizált fehér csokoládé feketeribizlivel és 4 % <i>Chlorella</i> algával
BCB-C8	karamellizált fehér csokoládé feketeribizlivel és 8 % <i>Chlorella</i> algával
BCR-C4	karamellizált fehér csokoládé málnával és 4 % <i>Chlorella</i> algával
BCR-C8	karamellizált fehér csokoládé málnával és 8 % <i>Chlorella</i> algával
WCE	<i>white chocolate for enrobing</i> (fehér mártócsokoládé)
WCM	<i>white chocolate for moulding</i> (fehér táblázócsokoládé)

### Fogalmak rövidítései

3ITT	3 Interval Thixotropy Test
ICA	International Confectionery Association
IOCCC	International Office of Cocoa, Chocolate and Sugar Confectionery
JAR	Just About Right

### Statisztikai rövidítések

ANOVA	<i>Analysis of Variance</i> , varianciaanalízis
R <sup>2</sup>	determinációs együttható
RMSE	<i>Root Mean Square Error</i> ; becslési hiba [Pa]

# 1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS

Az édesipari gyakorlatban, amikor termékfejlesztésre kerül sor, a próba termék minősítésénél jellemzően annak küllemére és beltartalmára koncentrálnak, vagyis ízére, színére állományára és összetételére. Pedig számos más olyan tényező is megbújik ezek mögött, amik az elfogadott termék legyártását határozzák meg, illetve megadják a gyakorlati alkalmazhatóságukat. Gondoljunk csak bele, egy fantasztikusan összerakott, igazán finom terméket alkottunk meg, melyben még nagy piaci potenciál is van, mégis azonban az üzemi környezetben legyárthatatlan, vagy csak nagy szenvedések közepette valósítható meg az uralkodó technológiai körülmények mellett.

Az elmúlt években egyre jobban ismerté vált az alga az európai társadalomban, fogyasztása elterjedté vált a kedvező élettani hatásai miatt. Az algát az édesipari, illetve cukrászati gyakorlatban jobbra csak színezékként hasznosítják manapság, kívánatosabb volna az algában lévő potenciált kiaknázni az édesipari termékgyártásban is.

E dolgozat célja, hogy tudományos szempontból magyarázza az eddiginél nagyobb mennyiségű algapor-felhasználás, pontosabban a *Chlorella pyrenoidosa* porított örleményének hatását a csokoládéban. Célja továbbá vizsgálni a fizikai tulajdonságaira gyakorolt hatását, arról az oldaláról is, amelyet az üzemi körülmények között történő legyártása során is mutatna. A diplomadolgozatomban szereplő technofunkciós szó hivatott kifejezni és összefoglalni azokat a mérési módszereket, melyek véleményem szerint szükségesek az ilyen fajta csokoládé termékek nagyüzemi körülmények közötti gyártásához. Az olvasó látni fogja az alga színmódosító hatását, hosszú időt követő színtabilitásának mértékét, emellett a csokoládé tábla keménységére gyakorolt hatását, és ennek hosszú időt követő változását is. Ám úgy vélem, a reológiai vizsgálatok bizonyulnak a legérdekesebbnek, mellyel nemcsak a hozzáadott alga a csokoládé folyására gyakorolt hatását lehet nyomon követni, hanem a kapott termék alkalmazhatóságára is válaszol. Ezen mérése eredményekkel megbizonyosodhatunk a termék gyártása során alkalmazott, talán egyik legfontosabb technológiai lépés hatékonyságáról is, a konsolásról. Azonban nem volna teljes a munka, ha nem vizsgálnánk meg a dolgozat keretében készített algával dúsított csokoládék érzékszervi tulajdonságait is, melyhez olyan érzékszervi teszt alkalmazása kerül bemutatásra, amelynek eredményei egy, a termékfejlesztési munkát igazán támogató módszer.

Remélem, hogy dolgozatomban eredményei új impulzust visznek az édesipari kutatásokba, melyek az ipari környezetben hasznosulva segíthetik a későbbi termékgyártásokat, továbbá útmutatásként szolgálhatnak a jövőbeni édesipari termékek fejlesztésénél is.

## 2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

### 2.1. Fehér csokoládétól a szőke csokoládéig

A csokoládé egyetemes definícióját véleményem szerint Szántó (1968) határozta meg a legjobban. Szerinte a csokoládé kollodikai szempontból összetett, mivel a rendszerben jelenlévő kakaóvaj elhelyezkedése nem folytonos, egyrészt difformált állapotban körbeveszi a finomaprított szilárd alkotóelemeket, másrészt maguk a szilárd alkotóelemek is tartalmaznak kapilláris járataikban kakaóvaját (Szántó, 1968). Beckett (2008) helyezi el technológiai térben ezt az állítást, a finomaprítás során kerül ki a részecskékből a zsiradék, melyet a konsolás során oszlik szét az alkotóelemek felszínén.

Az egyetemes jelző indokolt a definíció megadásánál, hiszen összetételi szempontból többfajta csokoládéval találkozhatunk. Hazánkban a Magyar Élelmiszerkönyv (M.É.) 1-3-2000/36 számú előírása szabályozza a csokoládé típusokat és azok összetételét. Az előírás szerint fehér csokoládénak csak az olyan termék nevezhető, ami kakaóvajból, cukorból, tej és tejtermékből készült, és az összetevők arányát tekintve a minimálisan 20% kakaóvaját, 14% tej szárazanyag és a 3,5% tejszír arányt teljesíteni képes (M.É. 1-3-2000/36 előírás).

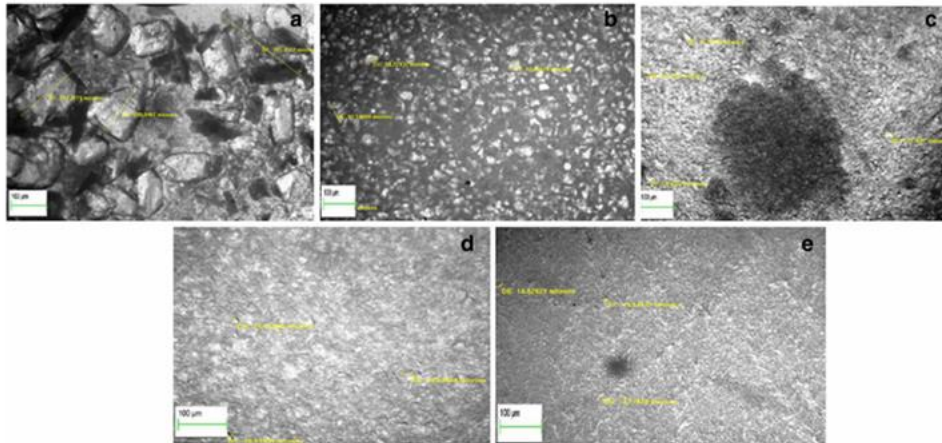
A fehér csokoládét Beckett (2008) szerint 1930-ban alkották meg, de arról a fáma nem szól, hogy ki hozta létre és hogy pontosan mikor került forgalomba. Ez utóbbi információ azért is fontos, mert Fincke (1936) egyáltalán nem tesz állítást erről az új csokoládéfajtáról. Hazánkban csak jóval később jelent meg, az első hivatalos források 1971-ből valók, amikor a Budapest Csokoládégyár akkori főmérnöke arról számolt be, hogy hamarosan értékesítésre kerül a svájci termék magyar testvére, a mogyoróval dúsított fehér csokoládé (Szentgyörgyvölgyi, 1971).

A fehér csokoládéval kapcsolatos kutatások száma eltörpül az ét- illetve tejszokoládéval kapcsolatos publikációkkal szemben. A szerkezetének- és reológiájának gyártási folyamat során történő változását Glicerina és munkatársai (2015a) vizsgálták. A csokoládét üzemi körülmények között, nagyüzemi berendezéseken gyártatták le, a mintavételi pontok a gyártógépek kilépési pontjainál voltak elhelyezve, ezek a begyúró (1. ábra „a” rész), előaprító (1. ábra „b” rész), finomaprító (1. ábra „c” rész), konsoló (1. ábra „d” rész) és a temperáló (1. ábra „e” rész) berendezések voltak. Összetételét tekintve a minták 47%-ban cukrot, 31%-ban kakaóvaját, 21,5%-ban teljes tejport és 0,5%-ban lecitint tartalmaztak. Összehasonlítva Wohlmuth (2017) fehér csokoládé anyagnormáival, hasonlóságot találunk a *One-shot* rendszernél alkalmazott fehér csokoládéval. Az ilyen elven működő berendezések a viszkozusabb csokoládé masszákat szeretik, melyek nagyobb hűtéskori zsugorodással is

rendelkeznek, ezért az itt alkalmazott csokoládékat is e szerint állítják össze (Wohlmuth, 2017). Glicerina és munkatársai (2015a) részecskevizsgálatai a várokozásokkal megegyezően jelentős méretcsökkenésen mentek keresztül az massa részecskéi.

**1. ábra:** Részecskeméret csökkenés a fehér csokoládé gyártási művelete során. a) begyűrés után; b) előaprítás után, c) finomaprítás után, d) konsolálás után, e) temperálás után (Glicerina és munkatársai, 2015a).

(Forrás: Glicerina és munkatársai, 2015a)



A reológiai vizsgálataikat, Glicerina és munkatársai (2015a) csak a B mintáktól kezdődően tudták elvégezni, és mindegyik minta a nem-newtoni, pszeudoplasztikus viselkedést mutatta. Az is megállapítást nyert, hogy a gyártási művelet során a fehér csokoládémassza viszkozitása a finomaprítást követően a legnagyobb, és a konsolálást, illetve temperálást követően a legalacsonyabb (Glicerina és munkatársai, 2015a).

A fehér csokoládé egyszerű összetételüknél fogva, mint ahogy láthattuk bonyolult rendszerek képesek lenni. A többi csokoládé masszától eltérően képesek a folyékony tárolás során besűrűsödni, amely akadályozni tudja a termékgyártást. Ilyenkor a tejösszetevőket alkotó laktóz amorf alakban kristályosodik ki a tárolási hőmérséklet hatására és a felszabaduló molekuláris víz agglomerátumokat kezd képezni a mátrixot alkotó komponensekkel, mely összeségében befolyásolja a massa folyási tulajdonságait (Ziegleder és munkatársai, 2004). Kényességüket fokozza a hőmérsékletre való érzékenység másik oldala is, a nem megfelelő folyékony állapotban való tárolásra Wohlmuth (2017) hívja fel a figyelmet, a 45°C-nál nagyobb hőmérsékleten való tárolás esetében nem kívánt barnulás lép fel. De nemcsak gyári környezetben lép fel barnulás, hanem a hosszú ideig tárolt, csomagolt késztermékek esetében is, melyről Vercet (2003) számolt be. Vercet (2003) a felszínen kezdődő nem enzimátikus barnulásról számolt be, melyet megnövekedett barna pigment tartalommal és hidroximetil-furfurol (HMF) értékekkel tudott alátámasztani.

Ez a fajta barnulási folyamat nemcsak a színváltozásban nyilvánul meg, hanem ahogy Aydın és munkatársai (2021) is beszámolnak, a Maillard reakció íz és aroma anyagok keletkezésével is jár. Publikációjukban a különböző hőmérsékleteknek és időtartamig kitétt, immáron karamellizált fehér csokoládékban ki tudtak mutatni a Maillard reakcióra jellemző vegyületeket, amik – egyetemben más vegyületekkel – kedvezően hatottak az érzékszervi jellemzőkre.

Azonban nemcsak ezen változások következnek be a hőnek kitétt fehér csokoládéban. Rodier és Hartel (2021) viszkozitás emelkedésről számol be az általuk csak *szőke csokoládénak* titulált Maillard reakción átment fehércsokoládénál, melyet a kezelési hőmérséklet, illetve ezzel egyidejűleg az időtartam növekedése között figyeltek meg. Továbbá összefüggést találtak a tejalkotó és a viszkozitás növekedése között, a növekvő sovány tejpor arányának emelkedésével emelkedik a masszák viszkozitása. A jelenség hátterében Rodier és Hartel (2021) szerint a Ziegleder és munkatársai (2004) által ismertett folyamat bújik meg.

## 2.2. A csokoládék reológiai tulajdonságai

A csokoládé rendszerek reológiája komplex és bonyolult tudományok közé tartozik. Voltaképpen különleges élelmiszer, hiszen mind szilárd, mind pedig folyékony állapotban sokat kutatott a reológiai viselkedése. Tudós terminusokban számos olyan matematikai modell létezik, melyek leírják a folyékony csokoládé masszák adott erő behatásra adott válaszát, ilyen a jól ismert Casson-modell és továbbfejlesztett változatai (Mezger, 2014), a Windhab-modell (Windhab, 1995), de a felsorolás nem teljes, ha nem említjük Tscheuschner-modellt (Mezger, 2014) vagy éppen a Herschel-Bulkley modellt (Sokmen és Gunes, 2006). Tehát aki a fejét a csokoládé reológia kutatására adja, nem fogja magát könnyű helyzetben találni.

Reológiai vizsgálat fogalma alatt – folyékony anyagok esetében – az anyagok belső súrlódását, a viszkozitásukat vizsgáljuk, melyet az adott felületre gyakorolt erő, vagyis a nyírófeszültség ( $\tau$ ) és az erő következtében történő elmozdulás, a nyírási sebesség ( $\dot{\gamma}$ ) hatványaként számítunk (Macsihin és Macsihin, 1987). Amennyiben ábrázoljuk a nyírófeszültséget a nyírási sebesség függvényében, akkor az adott anyagra jellemző folyásgörbét kapjuk meg (Mezger, 2014). Wolf (2017) szerint a csokoládémasszák nem-newtoni folyadékok, ami azt jelenti, hogy a feszültség és a viszkozitás között az összefüggés nem lineáris. Ő írja le a csokoládé szuszpenziós rendszerén belül végbemenő változásokat is: a nyírási kezdetkor a véletlenszerű pozícióban lévő részecskék áramlása elindul, fonálszerű képletekbe rendeződve egyre több folyékony kakaóvaját szabadítanak fel részecskék közötti tereikből, melynek következtében a rendszer viszkozitása egy véges pont eléréséig csökken.

Az említett modellek lényegében a mért és ábrázolt folyásgörbét leíró egyenletek, melyekkel már számszerűsíteni lehet a mért massa fizikai tulajdonságait (Szántó, 1968; Mezger, 2014). Hogy ez miért fontos? Egy adott csokoládémassza folyási tulajdonságaival a kezünkben méretezni tudunk az ipari környezetben. Látni fogjuk, alkalmas-e korpuszok bevonására, hiszen itt a lényeg, hogy megfelelő mennyiségű csokoládé maradjon a felületen és ne „csússzon”, folyjék le, vagyis a nagyon kicsi viszkozitás itt nem előnyös. Formába töltést követő rövid ideig tartó rázás esetében pedig biztosak legyünk abban, hogy a masszában lévő levegő buborékok maradéktalanul távozni tudtak, ellenkező esetben – nagy viszkozitásnál – hosszabb időre van szüksége az egyes buborékoknak, amíg a felszínre érnek (Wolf, 2017). Ezen információk elengedhetetlenek az édesipari gyakorlatban, hiszen a szükséges helyesbítő tevékenységeket, mint például a konsolási paraméterek megváltoztatása (Szántó, 1968) még azelőtt szükségesek, mielőtt a termékgyártásra kerülne a sor (Wolf, 2017).

A csokoládé folyási tulajdonságait számos paraméter együttes hatása szabályozza. Nyilvánvaló, hogy a rendszert alkotó részecskék mérete, és az ebből következő fajlagos felületnek nagy hatása van a viszkozitás alakulására (Afoakwa és munkatársai, 2008; Glicerina és munkatársai, 2015a). De korántsem olyan nagy, mint az összetevők között szereplő zsiradékok, és az emulgeálószerként alkalmazott lecitin mennyisége (Afoakwa és munkatársai, 2008). A feldolgozási technológiában jelentős szerepet kapnak a finomaprítók (ötös hengerszék, golyósmalom), hiszen minél kisebb a szemcseméret, annál nagyobb a későbbi, konsolás során kakaóvajjal bevonandó felület (Beckett és munkatársai, 2017).

Az olvasóban már bizonyára megfogalmazódott az a kérdés, hogyha ennyire jól ismeri a tudomány a csokoládé reológiájára vonatkozó tényezőket és fontosságát a gyakorlatban, akkor miért nincs konszenzus a modellekkel kapcsolatban?

Nos, a válasz rendkívül összetett. Casson modelljét a nyomtatásra használt festékekre dolgozta ki, melyet nagyon gyorsan átvett az édesipar a csokoládé leírására (Servais és munkatársai, 2003). A modellt végül 1973-ban IOCCC (*International Office of Cocoa, Chocolate and Sugar Confectionery*) szabványosította a csokoládék mérésére (Afoakwa, 2010). Az IOCCC ezen szabványt felülvizsgáltatta 2000-ben, mivel javítani kívánt a méréseket végző laboratóriumok egyezőségén, jegyzi meg Aeschlimann és Beckett (2000). Ekkor született meg az IOCCC (2000) módszere (Aeschlimann és Beckett, 2000), vagy más szakirodalmak ICA 46-os szabványnak nevezik, mint például Hendrik és munkatársai (2023). A módszer szerint a minta viszkozitás és feszültség értékeit egy előnyírást követő felfutó, stagnáló majd lefutó nyírással mérjük meg (Servais és munkatársai, 2003). A módszer szakít a Casson modellel és a Windhab modellt ajánlja kiértékelésre (Aeschlimann és Beckett, 2000; Hendrik és munkatársai,

2023). Ennek oka, hogy a négy tagot tartalmazó Windhab-modell sokkal jobban illeszkedett a mérésekre, mint a Casson modell, de sajnos ez a hátránya is, hiszen e négy tag nehezíti az eredmények kiértékelését (Servais és munkatársai, 2003). Voltak törekvések a múltban a Casson egyenlet reformulálására, mint például Chevalley (1991) aki a tagok eredeti 0,5 kitevőit 0,5-1 tartományban változtatta a mérései során, és 0,6-os kitevővel kapta a legjobb eredményeket. Glicerina és munkatársai (2015a) ezt alkalmazva vetette össze a Windhab modellel a fehér csokoládét, és még így is a Windhab modellt hozták ki hatékonyra.

A mérések során felmerülő problémákat ezen szabvány nem oldotta meg. Hendrik és munkatársai (2023) tanulmányukban megjegyzik, hogy a reológiai mérések lefuttatása mellett anomáliák, úgynevezett artefaktumok jellenek meg, melyek érdemben befolyásolják az eredményeket. Ilyenek például a viszkózus minták esetében fellépő tranziens hatások (Mezger, 2014), a mérőfej és a fal közötti résméret befolyásoló hatása (Servais és munkatársai, 2003), a tixotropia jelensége (Servais és munkatársai, 2003), az alacsony nyírási sebesség tartományában fellépő látszólagos falcsúszás, és nem utolsósorban a modell illesztés kérdése (Hendrik és munkatársai, 2023).

Hendrik és munkatársai (2023) tanulmányukban sorba veszik eme artefaktumokat, hogy minden hibát kiküszöbölő módszertant adjanak a további méréseknek. Sőt, nem voltak restek, új mérési módszert is leteszteltek. Megerősítették a mérések elején lévő előnyírás szerepét és milyenségét. Méréseikből látható, hogy az IOCCC (2000) módszerben foglaltak szerinti 300 másodpercig tartó  $5 \text{ s}^{-1}$  nyírási sebesség elegendő arra, hogy a viszkozitás állandó értéket vegyen fel, kvázi kiküszöbölje a tranziens hatásokat. A mérőfej választása kardinálisan hat a mérés lefutására, hatással van, hogy a mérés elején (alacsony nyírási sebességnél) kialakul-e látszólagos fal melletti csúszás (*Apparent Wall Slip*), illetve a mérés vége felé – a nagyobb nyírási sebességnél – a peremtörés (*Edge Fracture*). Eredményeikből egyértelműen kiderül, hogy a megfelelően érdesített koncentrikus mérőhenger esetében nem fordultak elő ilyen jelenségek az IOCCC (2000) módszertan esetében, viszont az új mérési módszer esetében nagyobb mértékben jelentkeztek ezen anomáliák. A modell illesztésnél három modellt vettek górcső alá, a hagyományos Casson-modellt, a Windhab-modellt és a módosított Herschel-Bulkley modellt. Az  $R^2$  determinációs együttható értékei alapján a négy taggal dolgozó Windhab és Herschel-Bulkley modellek nagyobb korrelációkat értek el, mint a csak két taggal operáló Casson-modell (Hendrik és munkatársai, 2023).

A tixotropia melyről Servais és munkatársai (2003) említést tesznek a csokoládé kapcsán egy érdekes reológiai jelenség, mely szerintük egyáltalán nem mutatkozhat meg a megfelelően konszolidált csokoládénál. E reológiai viselkedés a viszkozitás csökkenésében

nyilvánul meg, mely nem a nyírási sebesség változtatásakor, hanem állandó nyírási sebesség mellett az idő függvényében alakul ki (Barnes, 1997). Ilyenkor a rendszert alkotó összetapadt részecskék a nyírási sebesség függvényében elkezdnek szétesni egy egyensúlyi állapotig, majd a nyíró erő csökkentésével vagy megszüntetésével kisebb, nagyobb időtartamot követően reverzibilisen visszaalakulnak, a rendszer regenerálódik (Barnes, 1997). Amint megszűnik a nyíró erő, a főszerepet a gyenge energiával rendelkező Brown-mozgás veszi át, ami egy egyensúlyi állapotig építi vissza a szerkezetet (Barnes, 1997).

### 2.3. Az alga rövid ismertetése

Amit mi algának nevezünk lényegében gyűjtőfogalom – melybe a mikroalgák, fitoplanktonok és tengerimoszatok tartoznak –, mely gazdag és hosszú történelemmel rendelkezik (Mendes és munkatársai, 2022). A mikroalgák – e csoportba tartozik a *Chlorella* is – ősei közel 3,4 milliárd éve jelentek meg a Földön, sejtfelepítésük ez idő alatt változatlan maradt (Safi és munkatársai, 2014).

Az emberi táplálkozást több mint ezer éve szolgálja, nem is csoda, hiszen beltartalmi értékei rendkívülinek mondhatóak (Safi és munkatársai, 2014; Mendes és munkatársai, 2022; Koyande és munkatársai, 2019). A *Chlorella* beltartalmát tekintve a szakirodalmak szinte első helyen szerepeltetik fehérje tartalmát, mivel tömegének több mint a fele fehérje, értékét a kutatók 51-58% közé teszik (Christaki és munkatársai, 2011), míg mások 42-58% közé (Safi és munkatársai, 2014). Ezt fokozni tudjuk azzal, hogy aminosav összetétele az emberi táplálkozás számára ideális (Safi és munkatársai, 2014). Safi és munkatársai (2014) hozzátesszik, hogy jelentős lipid tartalommal is bír, értéke a *Chlorella* száraz tömegének 5-40% is lehet, mennyiségét és összetételét erősen meghatározzák termesztési körülmények és a felhasználás típusa, például bioüzemanyag gyártásra lehet alkalmazni a nagy mennyiségű olaj-, palmitin- és szterainsav tartalommal bíró típusokat (Yeh és Chang, 2011), másik oldalról pedig az emberi szervezet által nem előállított, többszörösen telítetlen zsírsavak forrása is (Pulz és Gross, 2004). A *Chlorella* erős zöld színét a légszáraz tömeg 1-2%-át kitevő klorofill tartalom adja (Safi és munkatársai, 2014), emellett 0,1-0,2% karotin tartalommal is jellemzi (Christaki és munkatársai, 2011).

### 2.4. Az alga, mint édesipari alapanyag

Az algák jótékony hatásait csak nemrégiben kezdték csokoládéhoz adva kiaknázni. Hartel és munkatársai (2017) még elsősorban a színező anyagok között sorolják fel az algát, de

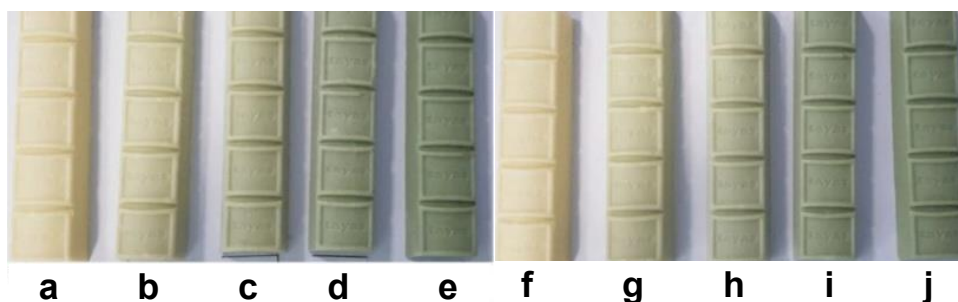
megemlítik már az édesiparban használt új fehérje források között, melyek további kedvező hatással is rendelkezhetnek.

A csokoládé algával való dúsítását Hlaing és munkatársai (2020) is elvégezték. Kísérletükben rizsszel dúsított étcsokoládét használtak, melyhez mikrokapszulázott *Scenedesmus obliquus* algát keverték 5 tömeg%-os arányban, melyen 4 héten keresztül, hetenkénti mintavétellel végeztek vizsgálatokat. A vizsgálatok egyrésze az alkalmazott alga beltartalmi tulajdonságaira koncentráltak, mint zsír-, fehérje- és szénhidrát-tartalom és összetétel, klorofill és karotin tartalom. A készterméket, vagyis az algával és rizsszel dúsított csokoládékat oxidatív stabilitási méréssel és érzékszervi teszttel értékelték ki. A lipidek oxidatív stabilitásának kiméréséhez két paraméternek a változását vizsgálták a kutatók, a peroxid és anizidin értékek alakulását. Eredményeikből kitűnik, hogy az alga hozzáadásával ezen két érték megnövekedett és tovább emelkedett a tárolás során, a dúsítatlan csokoládéhoz képest. Ugyanakkor az alga kapszulázásával az oxidációs folyamatok némiképp lassultak, szemben a szabad alga sejteket tartalmazó minták esetében. Érzékszervi vizsgálatnál az algával dúsított szeleteket értékelték az algát nem tartalmazó csokoládé mintákkal szemben. Állomány és illat szempontjából a bírálók nem érzékelték különbséget, de íz tekintetében az alga mentes mintát jelölték meg ízletesebbnek (Hlaing és munkatársai, 2020).

Az alga színező hatását elsőként Genc Polat és munkatársai (2020) vizsgálták fehér csokoládé massa esetében. A vizsgálni kívánt csokoládé masszát maguk állították össze és az előállítási folyamat közben, a konszolálás során adták hozzá a színező algát, pontosabban a *Nannochloropsis oculata*-t. Tanulmányukban a színstabilitásra keresték a választ, ezért az algát két formulában adták hozzá a csokoládé rendszerhez: porlasztva szárított és (maltodextrinnel) kapszulázott porlasztva szárított állapotban. Koncentráció tekintetében 5 minta csoportot határoztak meg: 0g, 0,125g, 0,25g, 0,5g, 0,75g algát tartalmaztak a 100 g-os termékek (lásd a 2. ábrán).

**2. ábra:** Két módszerrel készített *N. oculata* algát tartalmazó fehér csokoládék. Porlasztva szárított: a) kontroll, b) 0,125%, c) 0,25%, d) 0,5%, e) 0,75. Kapszulázott és porlasztva szárított: f) kontroll; g) 0,125%, i) 0,25%, h) 0,5%, j) 0,75% (Genc Polat és munkatársai, 2020)

(Forrás: Genc Polat és munkatársai, 2020 nyomán)



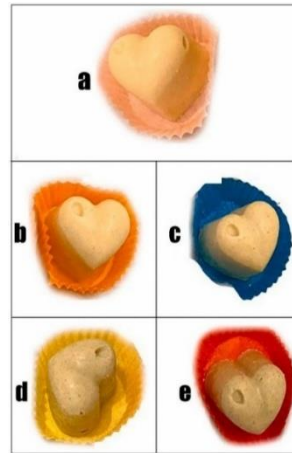
A mintákat Genc Polat és munkatársai (2020) védő csomagolás nélkül, 28 napon keresztül 25°C-on 70%-os páratartalom mellett tárolták. Az L\*a\*b\* rendszerben végzett színmérések kimutatták az alga koncentráció növekedése és az a\* (piros/zöld) érték növekedése közötti kapcsolatot, továbbá, a csökkenést a fényvisszaverődés mértékében, melyet a króma, a C\* érték esése jelzett. A színtabilitási érték, a  $\Delta E^*$  számításával tudták megválaszolni a kutatók a színtabilitási kérdést, a tárolást megelőző és az követő mérések nem tudtak jelentős változást generálni a  $\Delta E^*$  értékben, ezért az alkalmazott alga típusok stabilnak bizonyultak. Állományvizsgálatoknál a kapszulázott alga minták esetében a keménységi indexben növekedést figyeltek meg, ami a tárolási kísérlet végére a többi mintával párhuzamosan csökkenésnek indult, mivel csomagolatlan formában voltak tárolva, így a levegő páratartama hatással volt a mintákra. A folyási tulajdonságok elemzésénél nem volt tapasztalható korreláció az alga koncentrációja, illetve az alga előállítása és a mért reológiai paraméterek között, maga az alga jelenléte nem volt hatással a reológiai mutatókra. Érzékszervi vizsgálatnál a képzett bírálók az algával dúsított mintákat íz tekintetében alulértékelték a kontrollmintához (alga mentes) képest, ugyanakkor a kapszulázott algát tartalmazó minták elfogadottsága íz tekintetében nagyobb volt, mint csak porlasztva szárított algát tartalmazó mintáké (Genc Polat és munkatársai, 2020).

Brazil kutatók, Batista de Oliveira és munkatársai (2021) *Spirulina sp. LEB-18* típusú alga hozzáadásával hoztak létre csokoládé italporokat. Az alkalmazott alga mikrokapszulázott volt, a kapszula anyaga maltódextrin és szójalecitin volt. Összesen három porkeveréket készítettek, a kontroll mintán kívül 5%-os és 8,75%-os koncentrációban használták fel az algát. Mint ahogy várták, a hozzáadott alga növelte a készítmények fehérje és fenol tartalmát. Az aminosav profil elemzésénél nem tudtak kimutatni aszparaginsavat, hisztidint, glutaminsavat és treonint, melyek közül a hisztidin és a treonin esszenciális aminosavak az emberi szervezet számára. Batista de Oliveira és munkatársai (2021) érzékszervi vizsgálatnak is alávetették a porkeverékeket. A bírálatban résztvevők szín tekintetében már észrevehető változást láttak a kontroll mintához képest az algával dúsított poroknál, és alacsony értékelést kaptak íz és illat viszonylatában az algás minták a kontroll mintához képest (Batista de Oliveira, 2021).

A törökországi Ganzentep Egyetem kutatói, Özbal és munkatársai (2022) fehér csokoládé masszában vizsgálták az alga hatását. Tanulmányukhoz már egy sokkal ismertebb alga fajt választották, az *Arthrospira platensis*, vagy közismertebb néven a *Spirulina* algát. A fehér masszát szintén maguk készítették el, de magát az algát a gyártási műveletet, a hengerlést és konszolást követően adták hozzá a kész csokoládéhoz. Az alga koncentráció változtatásával hoztak létre öt mintát, a minták, ahogy az 3. ábrán is láthatók, 0% (a), 0,5% (b), 1% (c), 2%

(d) és 4%-ban (e) tartalmaztak *Spirulina*-t. A 4%-os felső korlátot a hátrányos színezettséggel indokolták a kutatók.

**3. ábra:** *Arthrospira platensis* algával dúsított fehérsokoládék: a) kontroll, b) 0,5% alga, c) 1% alga, d) 2% alga, d) 4% alga mennyiség (Özbal és munkatársai, 2022).  
(Forrás: Özbal és munkatársai, 2022)



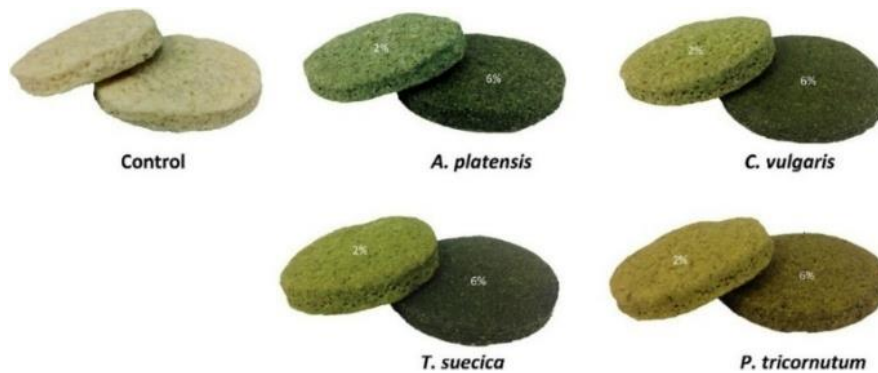
Özbal és munkatársai (2022) színvizsgálatai kiderítették, hogy az alga koncentráció emelkedésével visszaestek  $L^*$  világossági értékek, és növekedni kezdtek az  $a^*$  és  $b^*$  paraméterek, tehát sötétedés mellett zöld és kék irányba tolódott el a minták színezettségei. További fizikai paraméterekre is szignifikáns hatással volt a megnövekedett alga koncentráció, növekedést figyeltek meg a minták keménységi és viszkozitási értékeiben, előbbi okát a szerzők a *Spirulina* alga magas fehérje- és rosttartalmához csatolták. Vizsgálataikat érzékszervi bírálattal is kiegészítették, laikus fogyasztókkal ellentétben, képzett bírálók végezték el a minősítést. Az érzékszervi minősítés eredményéből kiolvasható, hogy az alga koncentráció növekedésével nőtt az szín, illat és általános elfogadottság. A minták fizikai tulajdonságain felül kémiai összetételükre is kíváncsiak voltak a kutatók, ezért fehérjetartalmat, aminosav összetételt, szénhidrát-, és zsírtartalmat és hamutartalmat is vizsgáltak, mely következtében megállapítást nyert, hogy az alga mennyiségének növekedésével párhuzamosan nőtt a fehérje, lipid és ásványi anyag tartalom. Ez azt is eredményezte, hogy fokozódott a minták esszenciális aminosav, illetve a linol és linolsav tartalma is (Özbal és munkatársai, 2022).

Az indonéziai Gadjah Mada Egyetemen dolgozó Ekantari és munkatársai (2019) más oldalról közelítették meg a csokoládé algával való dúsítását. Nem önmagában a *Spirulina platensis* algát adagolták, hanem a belőle kivont és mikrokapszulázott karotinoidot. Tanulmányokban arra voltak kíváncsiak, hogy az algából kivont karotinoid mennyire marad stabil csokoládé rendszerben, illetve maga a csokoládé hogyan reagál. Kísérletükben kettő csokoládé alapmasszával dolgoztak, ét- illetve tejescsokoládéval, és a 0,372%-ban *Spirulina* karotinoidjával dúsítva pedig összesen négy fajta mintát kaptak. Tárolási vizsgálatokkal

kimutatták, hogy a karotinoidok némiképp lassították a hosszú tárolások során előforduló zsír kivirágzási folyamatot az étcsokoládé rendszerben. (Ekantari és munkatársai, 2019).

A csokoládén kívül más édesipari terméket is dúsítottak már algával, jó példa erre a portugál és olasz kutatók közös munkája, Batista és munkatársai (2017) tanulmánya. A kutatók négy féle alga (*Arthrospira platensis*, *Chlorella vulgaris*, *Tetraselmis suecica*, *Phaeodactylum tricornutum*) felhasználásával készítettek kekszeket, majd értékelték azokat. Az algák koncentrációját két értéken adták meg, 2% illetve 6%-os mennyiségben használták fel. A minták színvizsgálatokor érdekes jelenségre figyeltek fel, az a\* és b\* színleíró paraméterek a koncentráció növekedésével – a 4. ábrán látható várakozásokkal szemben – ellentétesen kezdtek változni.

**4. ábra:** Az algát nem tartalmazó és a négy fajta algával készített kekszek  
(Forrás: Batista és munkatársai, 2017)



Batista és munkatársai (2017) szerint a nagyobb koncentrációban algát tartalmazó minták a\* értéke nem a zöldebb értékek felé tendáltak, hanem az ellentétes vörös irányba kúsztak. Ezen jelenséget a kutatók a minták készítésekor használt 110°C-os 40 perces sütésnek tulajdonították, mivel hőbomlás következtében a színezettség adó pigmentek aránya csökkenhetett. A legnagyobb negatív a\* értéket, vagyis legzöldebb minta a *Chlorella vulgaris*-t tartalmazó kekszek produkálták. Az elvégzett In vitro emészthetőségi tesztek eredményei szerint az alga masszák közül a *Arthrospira platensis* bizonyult a legemészthetőbbnek, őt követte a *C. vulgaris*. Az alga a kekszekbe helyezve nem rontották azok emészthetőségét, közel 90%-os vagy e feletti értékeket kaptak. Érzékszervi vizsgálatokkal kimutatták, hogy legjobb íz és - összkedveltség elismerést a 2%-os *A. platensis* kapta, szín attribútum esetében a bírálóknak a 2%-os *C. vulgaris* tetszett a legjobban. A legrosszabb értékeléseket a 6%-os *C. vulgaris* minta kapta. A két másik algánál a *Tetraselmis suecica* és a *Phaeodactylum tricornutum* esetében hal mellékíz lépett fel (Batista és munkatársai, 2017).

### 3. ALKALMAZOTT MÓDSZEREK

#### 3.1. Alapanyagok ismertetése

Az első, és talán legfontosabb alapanyagom az alga volt, mely fajtáját tekintve *Chlorella*. Ennek oka az volt, hogy az általam fellelhető szakirodalom még nem foglalkozott a *Chlorella* alga csokoládé rendszerben való alkalmazásával. A mintákhoz *Prana Chlorella* port (Nol-Sweet Kft., Budapest, Magyarország) használtam fel, amely *Chlorella pyrenoidosa* őrlménye. Az alga maga Kínából származik, GMO mentes és BIO tanúsítvánnyal (HU-BIO-02) rendelkezik. A belőle készült port porlasztva szárítással és az azt követő finom őrléssel állították elő (Melléklet 1.).

A mintákat alkotó csokoládé összetételét tekintve fehér csokoládé volt, de különlegesebb variációra esett a választásom, a Maillard reakción átment fehér csokoládéra, vagyis a szőke csokoládéra. E döntésemet azon tény indokolja, hogy az alga por jellegzetes, erős ízzel rendelkezik, ezért eme ízt a késztermékben erősen kompenzálni ajánlatos. Mivel a szőke csokoládé speciális, karamellás ízzel rendelkezik, így ez tökéletes választásnak bizonyult. A csokoládé *Belcolade White Amber Fehér CT* (Puratos N.V, Groot-Bijgaarden, Belgium) lett, melynek kakaóvajtartalma 30% (Melléklet 1.).

A csokoládé önmagában nem képes ellentartani az alga kellemetlen ízével és illatával, ezért további anyagok bevonására volt szükség. Az édesiparban nem annyira idegen gyümölcsök felé fordultam, és mivel csokoládé rendszerről van szó, ezért minimális víztartalommal kell rendelkezniük a gyümölcs alapanyagaimnak. Továbbá ajánlatos, hogy erős ízzel is bírjanak, lehetőleg savanyúval, hogy a fehér csokoládé édes ízére ne erősítsenek rá. Választásam, két bogyós gyümölcsre, a fekete ribizlire (*Ribes nigrum L.*) és a málnára (*Rubus idaeus L.*) esett. A fekete ribizli (LST-Polska sp. z o.o., Nałęczów, Lengyelország) és málna (Lioberry Kft., Budapest, Magyarország) fagyasztva szárított (liofilizált) és finomra őrölt állapotban állt a rendelkezésemre (Melléklet 1.). Mivel a málna savanyú íze elmarad a fekete ribizlihez képest, ezért e mintákhoz további citromsavat adtam, amely *Lucillus* citromsav (Szilasfood Kft., Kistarcsa, Magyarország) volt.

A mintákhoz továbbá kakaóvaját (UAB „Baltic Cocoa”, Alytus, Litvánia) is adtam, hogy a zsírtartalom egy egységes értéket vegyen fel, mivel a gyümölcsök, illetve alga hozzáadásával jelentős mértékben különböznének a minták kakaóvaj aránya, mely már hatással lennének a minták fizikai tulajdonságaira (Melléklet 1.).

## 3.2. Minták kidolgozása

A receptúrák megalkotásánál első lépésben a választott alga koncentrációját kellett meghatároznom. A szakirodalom eddig csak a teljes tömeg 4%-áig merészkedett, és az *Spirulina* alga volt (Özbal és munkatársai, 2022), ezért én a kiindulási értéket 4% *Chlorella* algában határoztam meg, a második érték pedig ez utóbbi szám kétszerese, 8% lett.

Második lépésben a hozzáadott liofilizált gyümölcsök (fekete ribizli, málna) értékét állapítottam meg. Hét ember közreműködésével végzett előtesztek során 3%-os érték mellett döntöttem, de mivel a fekete ribizli és a málna savanyú íze nem egyezik meg, ezért kristályos citromsavat terveztem adni a liofilizált málna rendszerhez. Félő volt, hogy még így is különbözni fognak a savanyú íz tekintetében ezért a málna értékét egy százalékkal lejjebb vettem, és a citromsav értékét a málna tized értékében 0,2%-ban adtam meg. E beállítási mennyiségeket mind natúr szőke csokoládéval, mind algával tovább dúsított csokoládéval is leteszteltem előzetesen.

Az előminták készítése során jól bevált sorrendet követve először mindig egy gyümölcsös alapmasszát készítettem el, majd e masszát dúsítottam fel algával. A liofilizátumok hozzáadásával két csokoládémassza született, melyeknek az alapanyagok mennyisége miatt kakaóvaj tartalmuk nem egyezett meg, ezért további kakaóvaj hozzáadásával egységes alapmasszákat hoztam létre. Az előtesztek során a *Stühmer* karamellizált fehér csokoládét (Stühmer Kft., Maklár, Magyarország) használtam alapanyagként, melynek kakaóvaj tartalma 32%, ezért egységesen a gyümölcsös alapmasszákat 32% kakaóvaj tartalomra állítottam be. A végleges receptúrát az 1. táblázat tartalmazza.

A jelölések melyeket a minták hordoznak, magukba foglalják az adott minta összetevőit. Az alap csokoládé a szőke csokoládé („BC”), melyhez liofilizált fekete ribizlit (*blackcurrant*, „B”) vagy liofilizált málnát (*raspberry*, „R”) adtam. A minták nem lennének egészek, hogyha nem tartalmaznának *Chlorella* alga port („C”) 4% vagy 8%-ban.

**1. táblázat:** A minták kakaóvaj tartalmai és anyagnormái 1 kilogramm késztermékre vetítve  
(Forrás: saját munka)

Mintakód	Kakaóvaj tartalom	Amber csokoládé [kg]	Kakaóvaj [kg]	Alga [kg]	Liofilizált feketeribizli [kg]	Liofilizált málna [kg]	Citromsav [kg]
BCB-C4	30,7%	0,89	0,040	0,040	0,028	–	–
BCB-C8	29,4%	0,85	0,038	0,080	0,027	–	–
BCR-C4	30,7%	0,90	0,036	0,040	–	0,019	0,002
BCR-C8	29,4%	0,87	0,035	0,080	–	0,018	0,002

### 3.3. A minták elkészítése

A minták legyártása az alapanyagok kimérésével indult, először a csokoládé, majd a dúsítványok bemérése történt meg az 1. táblázatban is látható anyagnorma szerint. A csokoládé pasztillákat a kimérést követően fokozatosan olvasztottam fel gőz felett, először csak kis mennyiséget, majd fokozatosan hozzáadva a többi pasztillákat, ezzel gyorsítva az olvasztást, mivel saját olvadékban lényegesen gyorsabb az olvadás. Amíg a csokoládé pasztillák felolvadtak, addig kimértem az adott mintához szükséges liofilizált gyümölcsöket, citromsavat és az algaport. Egy minta bemérési tömege 1,5 kg volt, az anyagnormának megfelelő összetétellel, a liofilizált feketeribizlis és – málnás ízesítésű minták összetevőit az 5. ábra tartalmazza.

**5. ábra:** Balra a feketeribizlis (BCB-C4, BCB-C8), jobbra a málnás (BCR-C4, BCR-C8) minták összetevői  
(Forrás: saját szerkesztés)



A csokoládé teljes felolvasztását követően átfektettem a teljes mennyiséget a *Spectra 11* melangeurbe (Ashton Global, Kojambuttúr, India), majd elindítottam és folyamatos járatás mellett hozzáadtam a többi hozzávalót, először a liofilizált gyümölcsöt, illetve liofilizált málna esetében a citromsavat is. Rövid, 1 perces equalizálást követően hozzáadtam a kimért alga mennyiségét és ezzel elindult a „konsolási” folyamat. Eme műveletet 60 percben határoztam meg, az utolsó öt percben adagoltam hozzá a masszához folyamatos járatás mellett az anyagnormában előírt kakaóvaj mennyiségét, ezzel is imitálva egy valódi konsolási folyamatot (Szántó, 1968, Beckett és munkatársai, 2017).

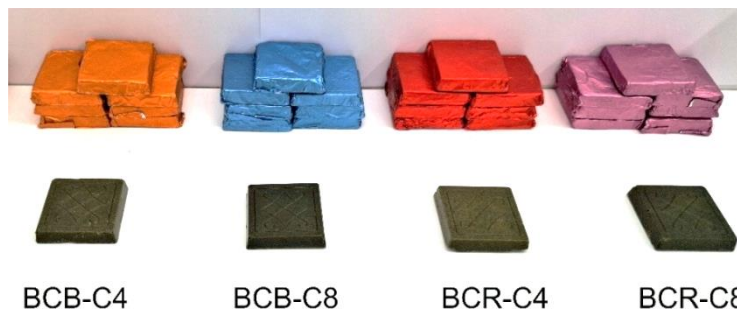
A melangeurben, hosszú ideig tartó finomítást fontos technológiai műveletnek szántam, hiszen ilyenkor az aprított gyümölcsök és szintén aprított alga szemcsék további méretcsökkenése, lekerekítése és kakaóvajjal való bevonása történik. A művelet során nem számoltam nedvességtartalom csökkenéssel, mivel a gyümölcs és az alga minimális nedvességtartalomban voltak az előállítási technológiájuknak köszönhetően. Ezért a konsolások fedél alatt, zárt környezetben zajlottak le.

Köszönhetően a fedélnek is, a konsolási művelet során a massa hőmérséklete stabil maradt, többszöri mérések 40,0 – 40,1 °C hőmérsékletet mutattak. Eme hő az aprítómunkát végző, állandó mozgásban lévő gránitkövek súrlódásából fakadt. Miután letelt az előírt időtartam, szétszereltem a gépet és acéltálba öntve megkezdtem a csokoládémassza temperálását.

A temperálási művelet hőmérséklet adatait a *Puratos N.V.* külön adta meg a *Belcolade White Amber Fehér CT*-hez. Először a teljes tömeget 43°C-ra melegítettem fel, majd a hőmérsékletet márványasztalon való folyamatos mozgatással levittem 26°C-ra, végül pedig gyenge felmelegítést követően 28-29,5°C-on formáztam a csokoládé masszákat. Rövid rázást követően 6°C-on, 45 percen keresztül hűtöttem a formákat. Minden minta egységes formába került letáblázásra, hogy a későbbi mérések, állomány és érzékszervi mérésekre ne legyen hatással az eltérő alak.

Ahhoz, hogy egyértelműen azonosíthatóak és elkülöníthetőek legyenek, színes prégelt alumínium (sztaniol) fóliába csomagoltam a különböző ízesítésű és alga tartalmú csokoládé kockákat. Így lett narancssárga az 4% algát tartalmazó feketeribizlis (BCB-C4), kék a feketeribizlis 8%-os (BCB-C8), piros a málnás 4%-os (BCR-C4) és lila a málnás 8%-os minta (BCR-C8). A csomagolt és csomagolatlan minták a 6. ábrán láthatóak.

**6. ábra:** Színes prégelt alumínium fóliába csomagolt, illetve csomagolatlan minták  
(Forrás: saját munka)



### 3.4. Mérési módszerek

#### 3.4.1. Színmérés

A csokoládé kockák felületi színét *ColorLite sph850* spektrofotométer (*ColorLite GmbH, Katlenburg-Lindau, Németország*) állapítottam meg, mely három párhuzamos mérés átlagértékeit jelenítette meg  $L^*a^*b^*$  koordinátában. A színvizsgálatokat 25 párhuzamos mérés mellett  $21,9 \pm 2,0^\circ\text{C}$  végeztem. A kiértékelésnél az  $L^*$  világossági tényező,  $a^*$  vörös-zöld színezeti jellemző és  $b^*$  kék-sárga színezeti jellemző leíró paraméterek elemzése mellett

színínges különbséget (1) (Luo, 2016), színézeteti szöget (2) és krómát (3) (Nemcsics, 1990) számítottam.

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

$$h_{ab}^* = \arctan \frac{b^*}{a^*} \quad (2)$$

$$C_{ab}^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (3)$$

### 3.4.2. Állománymérés

Az algával dúsított csokoládé mintáim felületi keménységét *Stable Micro System TA.XT.plus* precíziós penetrométerrel (Stable Micro System Ltd., Surrey, Egyesült Királyság) mértem. A méréseket 2 milliméter átmérőjű hengeres fejjel hajtottam végre, mely a mérést megelőzően és a mérés során 5 mm/s sebességgel haladt, és a mérést követően 10 mm/s sebességgel haladt visszafelé a kiindulási állapotba. A fej 2 milliméter mélységbe süllyedt a mintákba. A mintánként 30 párhuzamos mérés  $21,9 \pm 2,0$  °C levegő hőmérséklet mellett zajlott. Az adatok kiértékelését a mérőberendezéshez kapcsolt számítógépen futó *Exponent* szoftverrel (verzió: 1.1.16, Stable Micro System Ltd., Surrey, Egyesült Királyság) végeztem.

### 3.4.3. Tárolási paraméterek

Az állapot rögzítő – keménység és felületi szín – méréseket követően az egyes minta tételeket, a kontroll (BC, BCB, BCR) és az algával dúsított mintákat hűtött, raktári körülmények mellett 3 hónapon keresztül tároltam. A környezeti körülmények megközelítőleg megfeleltek a Stauffer (2017) által is meghatározott, édesiparban alkalmazott késztermék tárolási paramétereknek. A szabályozott hőmérsékletű és páratartalmú késztermék raktárban a hőmérséklet átlag értéke  $18,6 \pm 1,5$  °C, páratartalom átlagban  $59,0 \pm 4,8$  %-os értékben volt mérhető. A minták csomagolása megfelelt a csokoládé késztermékek csomagolásának. A csokoládé kockákat prégelt alumínium fóliával burkoltam, majd papír díszdobozba helyeztem a szokványos papír védőelemmel, majd a papírdobozt a lezárását követően PVC celofánnal vontam be.

### 3.4.4. Szemcseméret elemzés

A reológiai vizsgálatokhoz elengedetlen a legnagyobb szemcseméret meghatározást fénymikroszkópos meghatározással végeztem. A mintákat előzetesen *VENTICELL II* szárító-szekrényben (MMM Medcenter Einrichtungen GmbH, Gräfelfing, Németország) olvasztottam fel 40°C-on, majd egy-egy cseppet kivéve a mintákból kis mennyiségű parafinolajban oldottam fel. A parafinolajos szuszpenziót *Scopium XSP-181T-LED-Plan* fénymikroszkóp (Bété-Ker

Kft., Budapest, Magyarország) alatt vizsgáltam 10x és 25x nagyításban. A mikroszkóphoz csatlakozó *ToupCam EP 8.3* típusú digitális kamera (ToupTek Photonics Co.,Ltd. Hangcsou, Kína) és a *Touptek ToupView* szoftver (version: x64, 4.11.19728.20211022, ToupTek Photonics Co.,Ltd. Hangcsou, Kína) könnyítette meg a kiértékelést. Az alga és liofilizált gyümölcs objektumok méret megadásához de Jonge és munkatársai (2023) módszerét követtem: *FERET\_MIN*-nel jelöltem meg a legkisebb, *FERET\_MAX*-szal pedig a legnagyobb geometriai méreteket. A méréseket megelőző kalibrációk során a 10x nagyításnál a 0,5 millimétert 2659,99 pixelnek, 25x nagyításnál a 0,1 millimétert 2178,69 pixelnek érzékelte a szoftver.

### 3.4.5. Reológiai tulajdonságok meghatározása

A reológiai paramétereket *Anton Paar MCR 302* típusú moduláris kompakt reométerrel (Anton Paar GmbH, Graz, Ausztria) állapítottam meg. A mintákat előzetesen 40°C-on felolvasztottam *VENTICELL II* típusú szárítószekrényben (MMM Medcenter Einrichtungen GmbH, Gräfelfing, Németország), majd érdesített felületű *PP50 parallel plate* mérőfejjel mértem, állandó 40°C-os mintahőmérséklet mellett. A pontos hőmérsékletszabályozást a mérőberendezéshez kapcsolt *VISCOTHERM VT 2* termosztát (Anton Paar GmbH, Graz, Ausztria) szolgáltatta. A mérőfej és a talpazat közötti réstávolságot Mezger (2014) ajánlása alapján a mintákban mérhető legnagyobb szemcseméretnek a tízszeresében határoztam meg, ami 1,4 milliméter volt. Az egyes minta tételekből három párhuzamos mérést végeztem. A mérések nyomonkövetésére és kiértékelésére a *RheoCompass<sup>TM</sup>* szoftvert (verzió: 1.30.1227, Anton Paar GmbH, Graz, Ausztria) alkalmaztam.

A minták reológiai értékeinek mérésénél az IOCCC (2000) szabványt követtem. A 300 másodpercig tartó 5 s<sup>-1</sup> fordulatszámú előnyírást követően, folyamatos fordulatszám emelkedés mellett 2 s<sup>-1</sup>-ről 50 s<sup>-1</sup>-ra jutott a mérőfej 180 másodperc alatt (felszálló ág), állandó 50 s<sup>-1</sup> 60 másodperces folyamatos nyírást követően a fordulatszám egyenletesen csökkenni 50 s<sup>-1</sup>-ről 2 s<sup>-1</sup> értékre 180 másodperc alatt (leszálló ág). Mind a felszálló, mind a leszálló ágban a mérőberendezés 18 értékpontot rögzített, melyekre négy különböző modellt fektettem:

A két paraméteres Casson modell (4) a  $\tau_c$  Casson folyáshatár [Pa] és a  $\eta_c$  Casson viszkozitással [Pa.s] ad közelítő számítást a folyásgörbére (Mezger, 2014).

$$\sqrt{\tau} = \sqrt{\tau_c} + \sqrt{\eta_c \cdot \dot{\gamma}} \quad (4)$$

A Windhab modell (5), melyet az IOCCC (2000) is javasol a csokoládék mérését követő modell számításoknál négy változóval operál: a  $\tau_0$  statikus folyáshatárral [Pa],  $\tau_1$  a dinamikus folyáshatárral [Pa], a  $\eta_\infty$  végtelen viszkozitással [Pa.s] és a  $\gamma^*$ , mely a  $\tau^*$  értékét adja meg, ami

a  $\tau_0$  és  $\tau_1$  között helyezkedik el [1/s] (Hendrik és munkatársai, 2023, Mezger, 2014; Windhab, 1995).

$$\tau = \tau_0 + \eta_\infty \cdot \dot{\gamma} + (\tau_1 - \tau_0) \cdot [1 - e^{(-\dot{\gamma}/\dot{\gamma}^*)}] \quad (5)$$

A Herschel-Bulkley modell (6) felépítésében a  $\tau_{HB}$  Herschel-Bulkley folyáshatár [Pa], a C áramlási együttható [Pa.s] és a p Herschel-Bulkley index vesznek részt (Mezger, 2014).

$$\tau = \tau_{HB} + C \cdot \dot{\gamma}^p \quad (6)$$

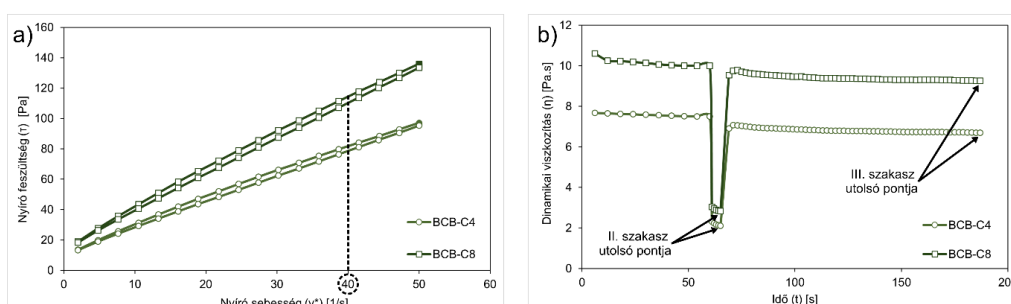
Az általánosított Casson modell (7) annyi eltérést tartalmaz a Casson modellhez (4) képest, hogy a tagok kitevőjében 1/2 helyett 1/p található, így háromra emelkedik a változók száma (Mezger, 2014).

$$\tau^{\frac{1}{p}} = \tau_C^{\frac{1}{p}} + (\eta_C \cdot \dot{\gamma})^{\frac{1}{p}} \quad (7)$$

A minták nem-newtoni jellege miatt a látszólagos viszkozitásukat és folyáshatárnak is megfeleltethető nyírófeszültség értéküket a Servais és munkatársai (2003) által javasolt metodikával határoztam meg, ami a folyásgörbe felszálló ágának  $40 \text{ s}^{-1}$ , illetve  $5 \text{ s}^{-1}$  nyírási sebesség pontjában mérhető viszkozitás és nyírófeszültség értékének átlagát jelenti.

A tixotropiás viselkedés kimutatására két módszert alkalmaztam. Az első módszer a Servais és munkatársai (2003) által kidolgozott, folyásgörbe felszálló és leszálló ágában lévő  $40 \text{ s}^{-1}$  pontjában mérhető viszkozitás különbség 1600-szorosa (7./a. ábra) volt. A másik módszer Mezger (2014) által javasolt tixotropia mérés (3 *Interval Thixotropy Test*, 3ITT), melyet az IOCCC (2000) határértékeivel módosítottam. Előnyírás során állandó, 60 másodpercig tartó,  $2 \text{ s}^{-1}$  fordulatszámú keverés történik (I. szakasz), majd hirtelen, nagyon gyorsan megemelkedik a fordulatszám és beáll  $50 \text{ s}^{-1}$  maximális értékre, melyet 5 másodpercig tart ki (II. szakasz). Ezt követően a fordulatszám nagyon gyorsan visszaesik a kezdeti  $2 \text{ s}^{-1}$  értékre, és ezen az értéken tartja 120 másodpercig (III. szakasz). A tixotropia értékét az II. és III. szakasz utolsó pontjainak különbségéből számítjuk (7./b. ábra) (Mezger, 2014).

**7. ábra:** Tixotropia mérési értékeinek számítása a görbék adataiból: a) Servais és munkatársai (2003) által javasolt módszer; b) 3 Interval Thixotropy Test (Mezger, 2014)  
(Forrás: saját szerkesztés)



Kontroll minta gyanánt egyrészt mértem az alga mintáim alapanyagául szolgáló *Belcolade White Amber Fehér CT* szőke csokoládét (*Blonde Chocolate*, BC), másrészt összehasonlításképpen választottam egy mártásra szánt *Belcolade CT X605/G* fehér csokoládét (*White Chocolate for Enrobing*, WCE) (Puratos N.V, Groot-Bijgaarden, Belgium) és egy táblázásra szánt viszkózusabb *Veliche DELIGHT 29* fehér csokoládét (*White Chocolate for Moulding*, WCM) (Cargill N.V, Mouscron, Belgium).

### 3.4.6. Érzékszervi bírálat

Az érzékszervi bírálatot Gere és munkatársai (2017) nyomán és Rothman és Parker (2009) által jegyzett metódus szerint, *Just-About-Right* (JAR) skálán került rögzítésre, és az így kapott adatokat *Penalty Analysis* módszerével értékeltem ki. A hét tagú bipoláris JAR skálán az 1-es, vagyis a legkisebb érték a leggyengébb tulajdonságot, középérték, a 4-es a „pont jó”, míg a 7-es, vagyis a legnagyobb érték a legerősebb értékét képviselte az adott érzékszervi paraméter esetében. A minták kedveltségi értékeinek felvételére 5 tagú skálát alkalmaztam. A bírálatban 63 nem képzett, laikus személy vett részt, a tesztet kitöltők 73%-a nő, 27%-a férfi volt. Életkoruk 18 és 65 év között oszlott el, átlagéletkor 40,17 év volt.

A bírálók a következő érzékszervi paraméterek szerint értékelték a mintákat: szín, illat, keménység, szájban való olvadás, íz, édes íz, savanyú íz, gyümölcsös íz, por íz. A bírálók az II. mellékletben látható érzékszervi tálcán kapták a mintákat, melyeket utóbbiakat 3 számjegyű kóddal jelöltem az alábbiak szerint: 526 – BCB-C4; 227 – BCB-C8; 167 – BCR-C4; 445 – BCR-C8. E a papíron volt megtalálható az a QR kód, mellyel a *Google Form*-ban (Google LLC, Mountain View, Kalifornia, Amerikai Egyesült Államok) elhelyezett kérdőívhez tudtak eljutni a kitöltők. Mind a bírálói tálcán, mind a kérdőívben feltüntetésre került az allergénekre való felhívás, melyet az alapanyagok gyártói által kiállított termékspecifikációs adatlapok alapján állítottam össze (Lásd a Melléklet 1. alatt). Az algával kapcsolatos felvilágosítást Mendes és munkatársai (2022) adtak, akik kiemelik, hogy Japánban az alga termékek csomagolásán felhívják a figyelmet a kagyló és rák allergia kockázatára, ezért nálam is feltüntetésre került a felszólítás.

### 3.4.7. Statisztikai számítások

A matematikai számításokat és a reológiai modell számításokat a *Microsoft Excel*-lel (verziószám: 2506, Microsoft Corporation, Redmond, Washington, Amerikai Egyesült Államok) és a benne található *Solver* bővítménnyel végeztem. A statisztikai számításoknál egytényezős varianciaanalízist (ANOVA) és *Tukey HSD*, valamint *Games-Howell* kiegészítő

teszteket alkalmaztam, melyhez az *SPSS* (verzió: 29.0, IBM, Armonk, New York, Amerikai Egyesült Államok) szoftvert használtam. A *Penalty Analysis* módszer lefuttatásához az *XLSTAT* szoftvert (verzió: 2023.2.1314, Lumivero LLC, Denver, Amerikai Egyesült Államok) használtam. A mintákra fektetett reológiai modellek illeszkedését két mutatószám: a determinációs együttható ( $R^2$ ) és a becslési hiba (*Root Mean Square Error*, RMSE) (8) (Hii és munkatársai, 2009) számításával ellenőriztem.

$$\text{RMSE} = \left[ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\text{Mért}_i - \text{Számolt}_i)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (8)$$

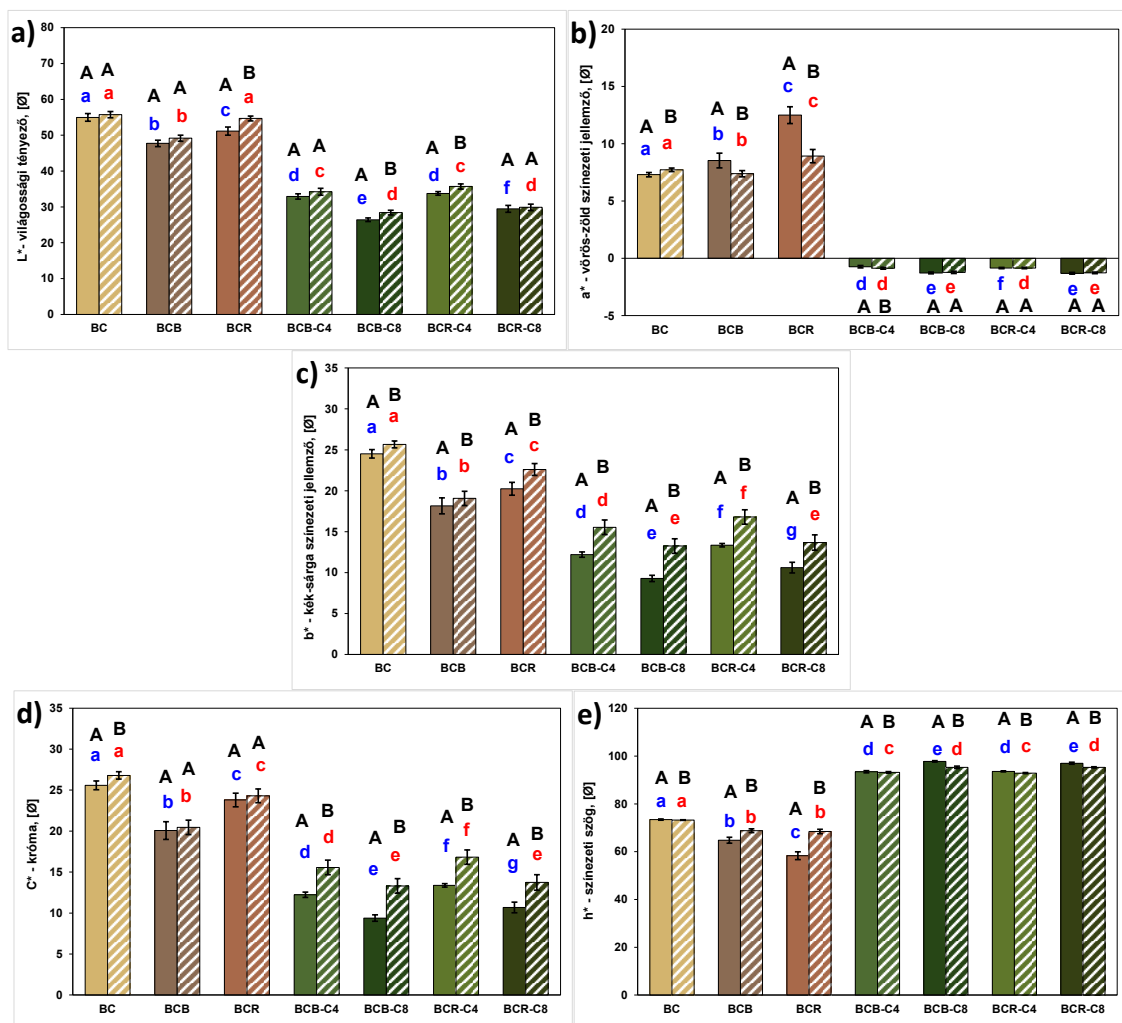
## 4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

### 4.1. Színmérés eredménye és értékelése

A felületi szín mérés kulcsfontosságú, hiszen megmutatja, hogy az alga koncentráció és a liofilizált gyümölcsök milyen mértékben módosították a kiindulási szőke csokoládét, továbbá prezentálja az alga stabilitását a késztermék tárolása során, ami kardinális minőségi szempont. Ezért a 3 hónapos tárolást megelőzően és azt követően színmérésre került sor.

Az  $L^*$  paraméter megmutatta, hogy a dúsító anyagok hozzáadása egyre jobban sötétítette a minták színét, a liofilizált gyümölcsök, majd a *Chlorella* alga hozzáadásával folyamatos értékcsökkenés figyelhető meg (8./a ábra).

**8. ábra:** Színmérés  $L^*$  (a);  $a^*$  (b);  $b^*$  (c);  $C^*$  (d),  $h^*$  (e) értékek és ANOVA eredmények ( $p < 0,05$ ) az alapmasszák (BC, BCR, BCB) és az algával dúsított minták (BCB-C4, BCB-C8, BCR-C4, BCR-C8) esetében. A teli színű oszlopok a 0. hónap, a sraffozott oszlopok a 3 hónapos tárolást követő mérések adatait jelentik meg (Forrás: saját szerkesztés)



Jelmagyarázat: az oszlopok tetején a betűk az ANOVA eredményeket jelzik, kék a tárolás előtti a minták közötti, piros a tárolás után a minták közötti, a nagybetű a tárolás előtti és utáni azonos minták közötti szignifikáns különbségek

Szignifikáns különbség tapasztalható a két alga dózisu (4% és 8%) minták között az L\* világossági tényező esetében (8./a ábra), továbbá a csoportokon belül, vagyis a 4% (BCB-C4, BCR-C4) és a 8%-ban (BCB-C8, BCR-C8) algát tartalmazó minták között. A liofilizált málna (BCR) és a liofilizált feketeribizli (BCB) alapcsokoládék között ugyancsak különbség tapasztalható, ami visszatükröződhet az alga mintapárok szignifikáns különbségeiben. A három hónapos tárolást követően szignifikáns növekedést tapasztaltam a kiindulási állapothoz viszonyítottan a BCR, BCB-C8 és BCR-C4 minták esetében.

Az a\* (8./b ábra) negatív tartományában elhelyezkedő zöld szín esetében szintén élesen elválasztódnak egymástól a C4 és C8 dózis csoportok, ami teljes mértékben elvárt tulajdonság alga koncentráció növelése esetén. A kontroll minták közül a BCB és BCR értékének vörös tartományban történt növekedése a hozzáadott gyümölcsnek volt köszönhető. Kisebb mértékű elmozdulásokat tapasztaltam a tárolás előtti és utáni eredmények összehasonlításánál az algát tartalmazó minták esetében, de egyértelmű konklúzió nem vonható le az a\*, ezáltal az alga stabilitását illetően, mivel van, ahol csökken – vagyis mélyül a zöld szín – szignifikánsan, például a BCB-C4-nél. Azonban van, ahol közelít a nullához, azaz csökken a zöld szín, ilyen a BCB-C8 esete, ahol nem szignifikáns a változás, illetve előfordul, hogy egyáltalán nem változik az a\* értéke, ilyen BCR-C4-es minta.

A vizsgált mintákban az alap-alapmasszán (BC) kívül másban nem volt hangsúlyos a sárga szín (b\*) jelenléte (8./c ábra), ezért az eredmények eloszlása és különbsége az L\* tényezővel megegyezően alakult. Ez a tényező markánsabban változott három hónapot követően, mindegyik minta esetében szignifikáns növekedés tapasztalható. Azonban a változás mértéke nem egységes, az algával dúsított minták b\* tényezői emelkedtek leginkább a tárolást követően.

A króma (C\*) eredményeiből furcsa következtetést lehet levonni, a dúsítóanyagok hozzáadása egyre rontotta a C\* értékét (8./d ábra), először a liofilizált gyümölcsök, majd a két koncentrációban hozzáadott *Chlorella* algát követően is csökkenés tapasztalható. Az is megfigyelhető, hogy szignifikáns különbség van a két gyümölcsös massa között (BCB, BCR) amit az eltérő liofilizált gyümölcsfajta okozott. Sőt, ezen különbségüket megőrzik az algával dúsított formájukban is. Mivel a króma csak az a\* és b\*-ból számítható, ezért szükségszerűen változni fog a b\* növekedése okán. Minden mintánál a C\* értékének emelkedését figyelhető meg, a BCB és BCR minták kivételével szignifikáns mértékben.

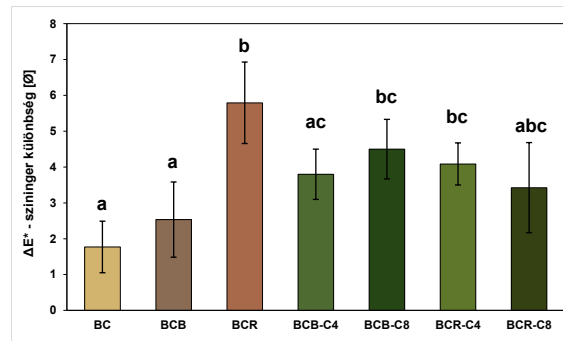
A fokban megjelenített színezeti szög adatai képet adnak az alga mindent elnyomó színező hatásáról. A 8./e ábráról is leolvasható, hogy az algával dúsított minták adatai mennyire hasonló érték körül jelennek meg, olyannyira, hogy az algával dúsított minták nem mutattak

szignifikáns különbséget azonos koncentráció esetén sem a tárolás előtt, sem a tárolás után. Azonban a tárolás során szignifikáns változás következett be mindegyik minta esetében.

A tárolás során elszenvedett változások kimutatására objektíven a teljes képet érdemes vizsgálni, melyhez a  $\Delta E^*$  színinger különbséget tudjuk megvizsgálni (9. ábra).

**9. ábra:** A kontroll (BC, BCB, BCR) és az algával dúsított (BCB-C4, BCB-C8, BCR-C4, BCR-C8) minták tárolást megelőző és az követő mérések adatain alapuló átlagos színinger különbségei szórással és ANOVA eredménye ( $p < 0,05$ )

(Forrás: saját munka)



Mint láhattuk, a tárolás során fellépő változások szignifikáns mértékben módosították az egyes tényezőket ( $L^*$ ,  $b^*$ ) a mintákon belül, ezért várható, hogy meglátszódik a  $\Delta E^*$  értékeiben, ugyanakkor figyelemre méltó, hogy nem rajzolódik ki egységes kép az adatokból. Leginstabilabb mintának a BCR mutatkozott,  $5,79 \pm 1,14$ -es átlagértékével és szórásával, ami a mátrixban lévő liofilizált málna változását mutatja, mivel az  $a^*$  esetében itt tapasztaltam a legnagyobb változást a tárolást követően. A liofilizált fekete ribizli (BCB) ennél sokkal stabilabbnak bizonyult. A málna instabilitása nem mutatkozik meg a belőle készült mintáknál (BCR-C4, BCR-C8), hiszen az alga színe elnyomta azt. Az eltérő alga koncentrációval rendelkező mintapárok között szignifikáns különbséget nem tapasztaltam, azonban egyértelmű következtetést nem tudunk levonni, hogy a C4-es vagy a C8-as minták instabilabbak-e szín tekintetében, mivel a különbségek nem szignifikánsak.

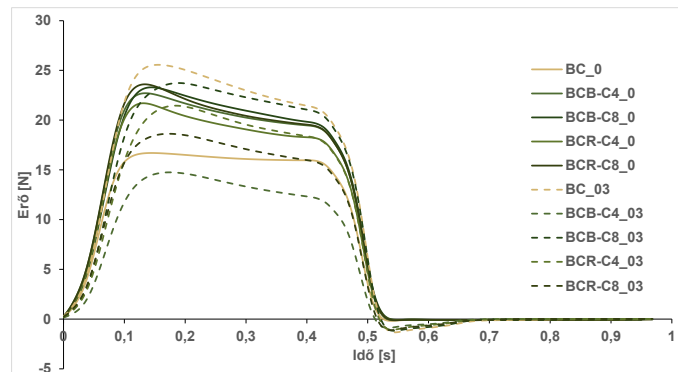
*A színérés megmutatta, hogy a minták változó algakoncentrációi elkülönülnek egymástól egyes vizsgált színtényezők esetében. Az is bizonyosságot nyert, hogy a három hónapon át tartó tárolás során az alga bár stabilnak bizonyult, kisebb mértékű, de szignifikáns változások indulnak el, melyek iránya nem egyértelmű.*

#### 4.2. Állománymérés eredménye és értékelése

A minták állomány mérésénél két fizikai tényezőt definiáltam, melyet a 10. ábrán látható időben ábrázolt penetrációs görbe adataiból számítottam ki. A görbék szoftveres kiértékelését követően már numerikusan is összehasonlíthatóvá váltak a minták. A 11. ábra a minták átlagos

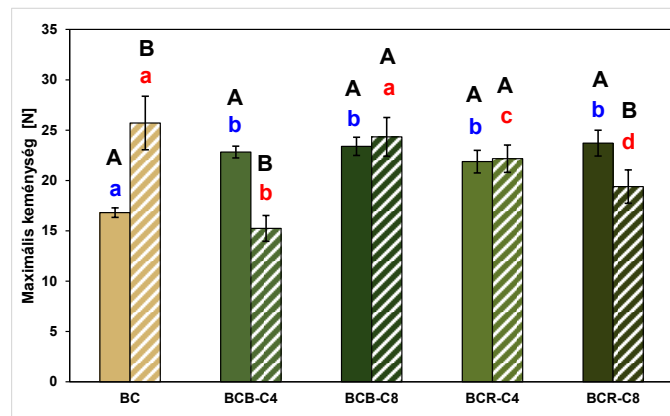
maximális keménységet mutatja be newtonban (N), míg a 12. ábra a görbe alatti területek (*Area*) átlag értékeit ismerteti mintánként milliJoule (mJ) dimenzióban.

**10. ábra:** Tárolást megelőző állománymérés átlagadatai időben való ábrázolása  
(Forrás: saját munka)



Az állománymérési adatok átlagolásával már értékes adatokat kaptam, amit a 10. ábrán látható görbék kirajzolásához lehet felhasználni a minták közötti különbségek szemléltetésére. Így vizuálisan láthatóvá válnak az alga fizikai tulajdonságra gyakorolt hatásai, elsősorban, hogy sokkal nagyobb erőt kell kifejteni az adott penetrációs mélység eléréséhez, másrészt az erő eloszlása is megváltozott a BC kontroll mintához képest.

**11. ábra:** A kontroll (BC) és az algával dúsított (BCB-C4, BCB-C8, BCR-C4, BCR-C8) minták átlagos maximális keménység értékei szórással és ANOVA eredménye ( $p < 0,05$ ). A teli színű oszlopok a 0. hónap, a sraffozott oszlopok a 3 hónapos tárolást követő mérések adatait jelenítik meg  
(Forrás: saját munka)



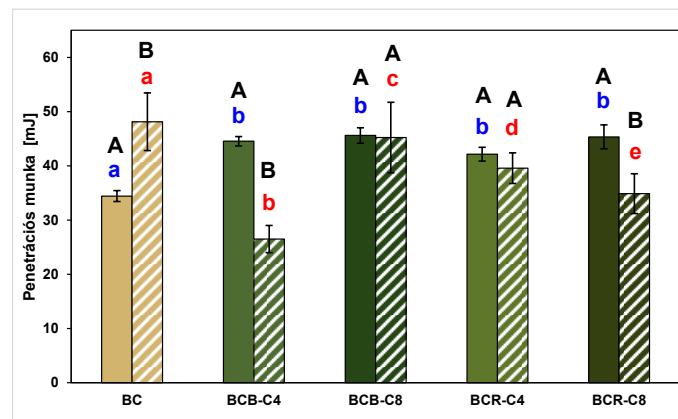
Jelmagyarázat: az oszlopok tetején a betűk az ANOVA eredményeket jelzik, kék a tárolás előtt a minták közötti, piros a tárolás után a minták közötti, a nagybetű a tárolás előtti és utáni azonos minták közötti szignifikáns különbségek

A 11. ábrára nézve láthatóvá válik, hogy a tárolást megelőzően a kontroll minta (BC) maximális keménység értékei szignifikánsan alulmarad az algával dúsított mintákkal szemben. A 4%-os csoportban (BCB-C4, BCR-C4) az eltérés nem szignifikáns, ám a 8%-os csoporton belül (BCB-C8, BCR-C8) már nem volt kimutatható szignifikáns különbség. A három hónapos raktári tárolást követően nem tapasztaltam egységes képet. A kontroll minta (BC) esetében

értékbeli növekedés mutatkozott, amely túllépi az algával dúsított minták kiindulási maximális keménység értékeit. A BCB és BCR minták változó lefutással adtak eredményt, a BCB-C4 és BCR-C8 minták szignifikáns mértékben puhultak, míg a BCB-C8 és BCR-C4 nem mutattak szignifikáns különbséget a tárolást megelőző és követő értékeikben. A közös jellemző, hogy a szórások értékei nagy mértékben megugrottak a tárolás utáni visszamérések esetében.

A görbe alatti terület, vagyis a penetrációs munka esetében (12. ábra) az értékek hasonlóképpen alakultak a tárolást megelőzően. Három hónapot követően a BC minta értéke szintén szignifikánsan megnőtt mindegyik mintához képest. E tényező esetében szignifikáns csökkenést nem tapasztaltam a tárolást követően a BCB-C8 és BCR-C4 minták esetében.

**12. ábra:** A kontroll (BC) és az algával dúsított (BCB-C4, BCB-C8, BCR-C4, BCR-C8) minták átlagos penetrációs munka [mJ] értékei szórással és ANOVA eredménnyel ( $p < 0,05$ ). A teli színű oszlopok a 0. hónap, a sraffozott oszlopok a 3. hónapos tárolást követő mérések adatait jelenítik meg  
(Forrás: saját munka)



Jelmagyarázat: az oszlopok tetején a betűk az ANOVA eredményeket jelzik, kék a tárolás előtt a minták közötti, piros a tárolás után a minták közötti, a nagybetű a tárolás előtti és utáni azonos minták közötti szignifikáns különbségek

*Az alga megjelenése a csokoládé rendszerben csökkenti a keménységet, de szignifikáns keménységbeli csökkenést nem tudunk kimutatni további alga hozzáadásával. A minták tárolását követően részben indultak puhulásnak, melyek dinamikája nem mutat egységes képet.*

#### 4.3. Mikroszkópos szemcseméret elemzés

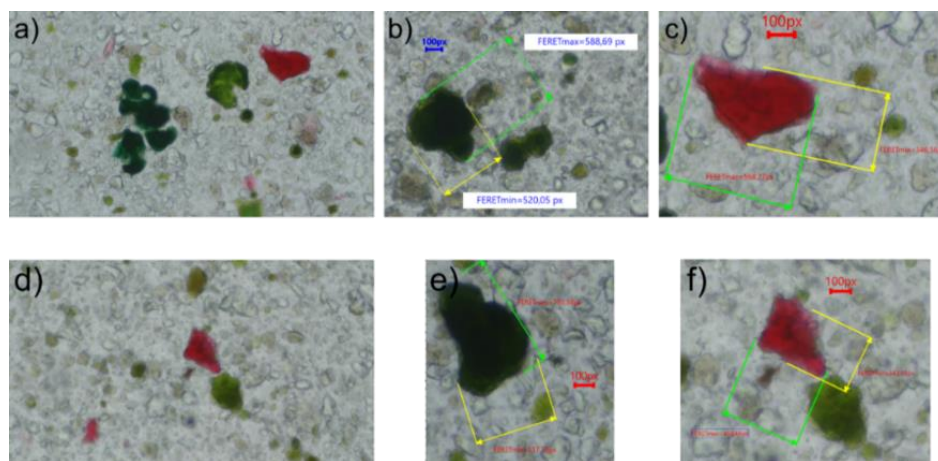
A szemcseméret meghatározással a későbbi reológiai méréseket készítettem elő. Továbbá értékelni lehet ezáltal a mintakészítés során alkalmazott aprítással egybekapcsolt konszolási művelet hatékonyságát is. Vizsgálat tárgyának két olyan mintát választottam, melynek magas volt az alga koncentrációja, hogy mikroszkóp alá helyezve nagyobb valószínűséggel és arányban jelenjenek meg alga szemcsék.

A 13./a és 13./d ábrákra tekintve láthatóvá válik a mátrixban az alkotóelemek elhelyezkedése. Szerencsénkre a dúsítóanyagok markánsan elütnek a térben, de így is

érzékkelhetőek a csokoládé további alkotó elemei. Legnagyobb mennyiségben a cukorkristályok jelennek meg, melyek szabályos, téglatestszerű képletekkel hívják fel magukra a figyelmet. Egységes mérettel rendelkeznek, amivel a BC minta gyártása során alkalmazott finomaprítás hatékonyságára tudunk következtetni.

**13. ábra:** A nagy alga koncentrációs BCR-C8-as (a, b, c) és BCB-C8-as (d, e, f) minták fénymikroszkóppal készített, 10x nagyítású fényképei és az alkotó komponensek méretei

(Forrás: saját munka)



A mátrix legérdekesebb szereplői kétségtelenül az alga és gyümölcs részecskék. Az algával kapcsolatban tudjuk, hogy porlasztva szárított és utóaprított (Melléklet 1.), de még konsolással egybekapcsolt melangeur aprítás sem csökkentette a részecske nagyságot a kívánt értékre, vagyis a cukorkristályokkal megegyező méretre, vagyis ideális esetben a hengersizéki aprítást követő 15-35  $\mu\text{m}$ -re (Ziegler és Hogg, 2017). A 2. táblázatban található az fénymikroszkóppal vizsgált alga és liofilizált gyümölcs részecskék *FERET\_MIN* és *FERET\_MAX* értékei milliméterben és mikrométerben.

**2. táblázat:** A 13. ábrán látható *FERET\_MIN* és *FERET\_MAX* méretek és mikrométer [ $\mu\text{m}$ ] dimenzióba (Forrás: saját munka)

Képszám	pixel		metrikus $\mu\text{m}$	
	<i>FERET_MIN</i>	<i>FERET_MAX</i>	<i>FERET_MIN</i>	<i>FERET_MAX</i>
13.b.	520,05	588,69	97,75	110,66
13.c.	346,56	568,27	65,14	106,82
13.e.	517,75	730,38	97,32	137,29
13.f.	342,61	458,66	64,40	86,21

A fénymikroszkópos mérés során tapasztalt legnagyobb alga részecskék lettek lemérve és feltüntetve a 13. ábrán, méreteik átlaga *FERET\_MIN* 97,54  $\mu\text{m}$  és *FERET\_MAX* 123,97  $\mu\text{m}$  voltak. A mérési információk értékesek voltak a későbbi reológiai mérések beállításához, mivel Mezger (2014) azt mondja ki, hogy a mérendő rétegvastagság legfeljebb 10%-a lehet a

legnagyobb részecskeméret. Így a rétegvastagság kerekítéssel 1,4 mm lett, ezt a méretet a 13./e ábrán látható alga szemcse mérete szolgáltatta.

További érdekeségeket tartogat számunkra az alga a mikroszkóp alatt. Közelebbről megnézve egyes szemcséket, jellegzetes szedres felszínt figyelhetünk meg. Safi és munkatársai (2014) leírják *Chlorella* nemzetségbe tartozó, rokonként is tekinthető *C. vulgaris* sejtátmérője 2-10  $\mu\text{m}$  közé esik. Ez azt is jelenti, hogy a mikroszkóp alatt látható szemcsék összetapadt *C. pyrenoidosa* sejtek. A 13./a ábrára tekintve, a *C. pyrenoidosa* mellett megjelenik egy eltérő színű alga szemcse, ami feltételezhetően egy *Spirulina* (*Arthrospira platensis*) akar lenni, ami keresztszennyezéssel juthatott be az alapanyagul szolgáló algaporba.

A gyümölcs összetevőről is érdemes pár szót szólni. A 13./a és 13./c ábrán látható liofilizált fekete ribizli és a 13./d és 13./e ábrán látható málna darabkák között nem lehet érdemben különbséget tenni. Továbbá morfológiájukat elnézve kristályos szerkezetűnek tűnhetnek, ami a 13./c ábrán lehet tetten érni, ahol jellegzetes él vehető észre a gyümölcs szemcse körvonala mentén. Ennek oka feltételezhetően az alacsony víztartalmuk, ami liofilizálást követően a gyümölcsporban visszamaradt.

*A fénymikroszkópos vizsgálat hasznosnak bizonyult, hiszen megmutatta a reológia mérésekhez szükséges beállítási paramétert, továbbá rámutat a minta készítése során alkalmazott aprító-konzoló művelet elégtelenségére is.*

#### 4.4. Látszólagos viszkozitás mérésének eredményei és értékelésük

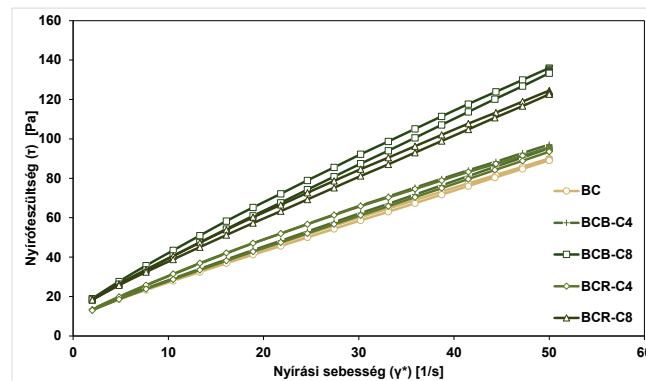
Az algával dúsított mintákat (BCB-C4, BCB-C8, BCR-C4, BCR-C8) a kontroll mintákkal egyetemben (BC, WCE, WCM) az IOCCC (2000) által leírt mérésnek vettem alá. A mérések során felvett adatok átlagolásával kapott átlag húrokgörbék a 14. ábra tartalmazza. Mivel a csokoládé nem-newtoni folyadék, ezért viszkozitását egy adott nyírási sebességnél, a  $40 \text{ s}^{-1}$  pontnál mért, látszólagos viszkozitásnál szükséges analizálni, hogy hitelesebb adatot kapjunk, mint a Casson viszkozitás (Servais és munkatársai, 2003).

A nyírási sebesség növelésével és a csökkentésével kapott húrokgörbék, vagy más néven hiszterézisgörbék alakja és lefutása eltérő volt az egyes minták esetében. Az alacsony alga tartalmú minták (BCB-C4, BCR-C4) közel helyezkedtek el, viszonylag fedték a kontroll mintát (BC).

Ez azt jelenti, hogy ez 4% alga (és az ennél kisebb mennyiségű gyümölcs dúsító anyagok) nem okoztak nagy szerkezetbeli változásokat. Ez már nem mondható el a 8%-os mintákról. Jól látható a 14. ábrán, hogy az alacsony nyírási sebességnél már magasabb pontról

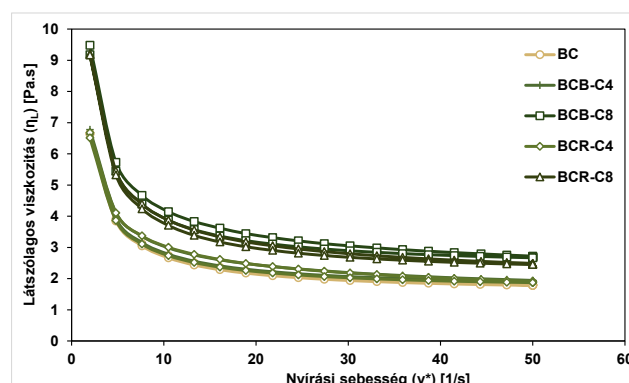
indulnak el BCB-C8 és BCR-C8-as minták, vagyis a folyáshatáruk nagyobb, továbbá a hiszterézis görbéik eltávolodnak egymástól a mérés előrehaladtával, meredekségük nem azonos a BC-vel, tehát sokkal nagyobb ívben törnek felfelé a nyírási sebesség növekedése mellett. Következésképpen e két minta (BCB-C8, BCR-C8) között szerkezeti különbségek vannak, amire a nagyobb nyírási sebességnél való szétválás utal. Érdekes, hogy a 4% algát tartalmazó mintáknál nem okozott semmiféle különbséget a nagy nyírási sebesség.

**14. ábra:** Az algával dúsított minták (BCB-C4, BCB-C8, BCR-C4, BCR-C8) és kontroll minta (BC) átlagos nyírófeszültség hurok görbéi a nyírási sebesség függvényében  
(Forrás: saját munka)



A nyírási sebesség függvényében ábrázolt látszólagos viszkozitás adatoknál (15. ábra) is megfigyelhető az 14. ábrán látható szekvencia. Az értékek minden minta esetében csökkentek a nyírási sebesség növekedésével, ami a nem-newtoni viselkedés tankönyvi példája. A minták viszkozitásuk alapján már a kezdeti nyírási sebesség elején két csoportba tagozódnak, és a mérés előrehaladtával párhuzamosan követik egymást. A nyírási sebesség függvényében ábrázolt látszólagos viszkozitás esetében nem figyelhető meg az a jelenség, melyet a C8-as minták produkáltak az előzőekben, jelesül, hogy nagy nyírási sebesség mellett meredekségük megváltozik és távolodni kezdenek egymástól.

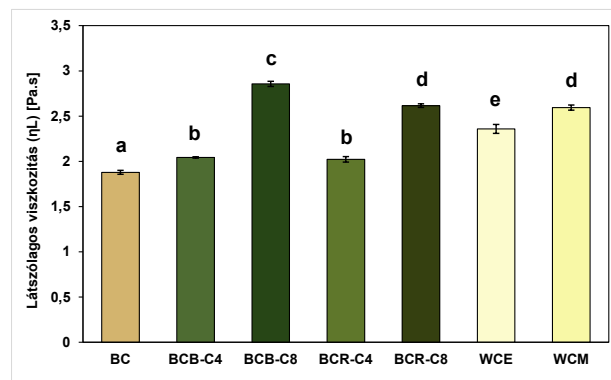
**15. ábra:** A látszólagos viszkozitás ( $\eta_L$ ) átlagértékei a nyírási sebesség függvényében a kontroll minta (BC) és az algával dúsított minták (BCB-C4, BCB-C8, BCR-C4, BCR-C8)  
(Forrás: saját munka)



A viszkozitásgörbék  $40 \text{ s}^{-1}$  nyírási sebesség pontjában leolvasható látszólagos viszkozitás átlagértékeit és szórásait a 16. ábra tartalmazza, ami leköveti a 14. és 15. ábrán látható tendenciát. A kontroll mintánál kicsivel nagyobb viszkozitást mutatnak a 4%-os csoport tagjai (BCB-C4, BCR-C4), szignifikánsan nem térnek el egymástól, de az eltérésük szignifikáns a BC-hez képest. Az algatartalom 4%-kal való megemlése szintén szignifikáns változást indukált a BCB és BCR csoportjain belül.

**16. ábra:** Az  $40 \text{ s}^{-1}$  nyírási sebességnél mért látszólagos viszkozitás ( $\eta_L$ ) átlagértékei, szórásai és ANOVA eredménye ( $p < 0,05$ ) a kontroll minták (BC, WCE, WCM) és az algával dúsított minták (BCB-C4, BCB-C8, BCR-C4, BCR-C8)

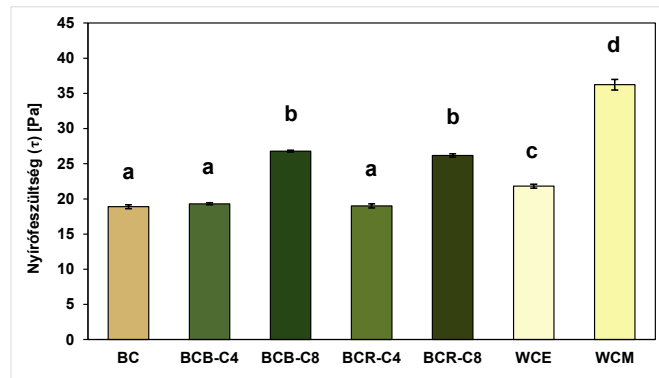
(Forrás: saját munka)



Önmagában a csokoládé viszkozitása még nem ad kellő információt a felhasználhatóság tekintetében, ezért az osztályozás során a Casson viszkozitás mellett a Casson folyáshatárt is figyelembe veszik (Hartel és munkatársai, 2017). Servais és munkatársai (2003) ez utóbbi tényezőre is adnak alternatívát, az  $5 \text{ s}^{-1}$  mért nyírófeszültséget, melynek átlagértékeit és szórásait a 17. ábra tartalmazza. Nemcsak a felhasználhatóságot szabják meg ezen tényezők, hanem a gyártástechnológia energetikai oldalára is tudunk következtetni velük. Míg folyáshatár megfeleltethető a szivattyú elindításának energiaigényével, addig a viszkozitás a csokoládé-massza áramlásban való tartásához ad közelítő képet (Beckett, 2008; Glicerina és Romani, 2017).

A 16. ábrán bemutatott  $40 \text{ s}^{-1}$ -nál mért látszólagos viszkozitásértékekkel szemben 4%-nyi alga nem változtatta meg szignifikánsan a BC csokoládé folyáshatárának is megfeleltethető nyírófeszültség értékeit (17. ábra). Azonban a 8%-os mennyiség szignifikánsan kimutatható értékbeli növekedést okozott. Az adott algamennyiség egységes mértékben módosította a folyáshatárt, a C4 és C8-as csoporton belül nincs szignifikáns különbség.

**17. ábra:** Az  $5 \text{ s}^{-1}$  nyírási sebességnél mért nyírófeszültség ( $\tau$ ) átlagértékei, szórásai és ANOVA eredménye ( $p < 0,05$ ) kontroll minták (BC, WCE, WCM) és algával dúsított minták (BCB-C4, BCB-C8, BCR-C4, BCR-C8) (Forrás: saját munka)



Ahhoz, hogy objektíven lássam, hogy a viszkozitást és a folyáshatárt hogyan változtatta meg felhasználhatóság tekintetében a hozzáadott alga mennyisége, ellenpróba gyanánt mártó (WCE) és táblázó fehér csokoládé (WCM) értékeit is megmértem. Az eredményekből kitűnik, hogy a táblázandó csokoládé viszkozitás értékét teljesíteni tudják a BCB-C8 és BCR-C8-as minták, mivel értékeik túllépik a WCM viszkozitását, és a BCR-C8 nem mutat szignifikáns különbséget. A mártásra szánt fehér csokoládé (WCE) látszólagos viszkozitás értékeinél szignifikánsan alulmaradnak a BCB-C4 és BCR-C4 minták, de nem szabad elfelejteni, hogy az alap csokoládé, a BC-t bevonásra szánta a gyártó, így alkalmazni lehet korpuszok bevonására. De mi a helyzet a folyáshatár tekintetében? WCM kontroll minta tekintetében egyik minta folyáshatára sem teljesíti táblázás feltételét, mindegyik minta alulmúlja. A BCB-C8 és BCR-C8 minták értékeikkel közelebb állnak WCE folyáshatárához, mint a BCB-C4 és BCR-C4. De, ha mártó csokoládénak tekintjük a BC-t, akkor a C8-as csoport szignifikánsan felülmúlja. Elmondhatjuk, hogy a C4-es minták (BCB-C4, BCR-C4) inkább mártásra alkalmasak, a C8-as minták (BCB-C8, BCR-C8) pedig inkább táblázásra.

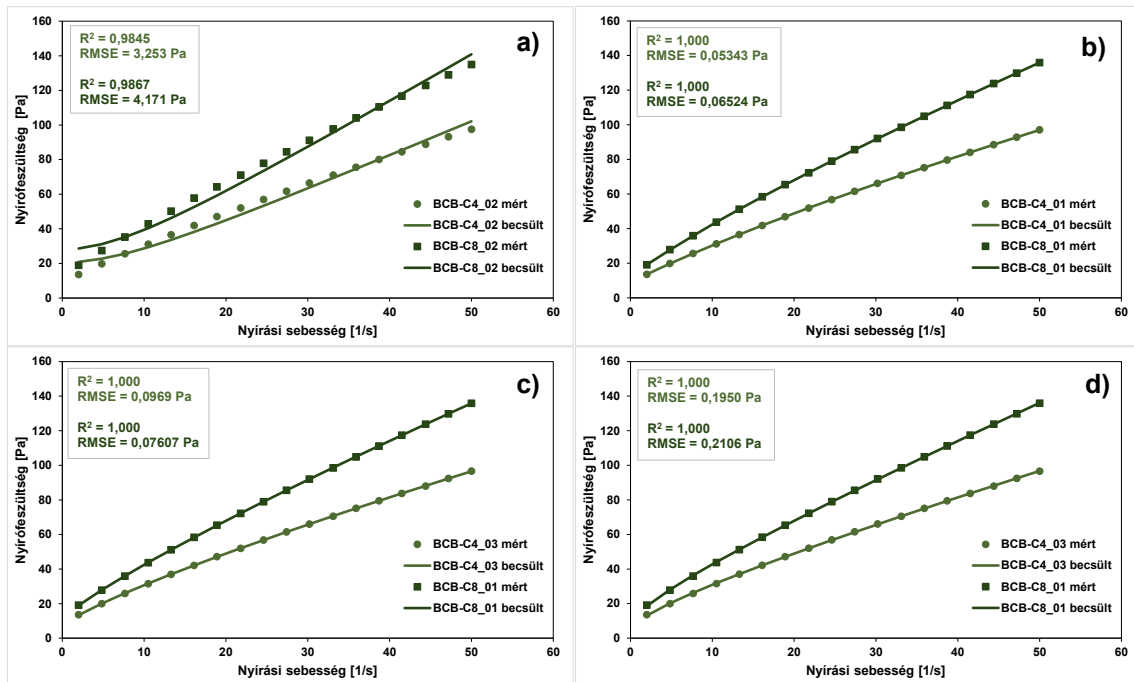
*Összefoglalva tehát a 4%-nyi alga mennyiség a viszkozitást kisebb mértékben, de szignifikánsan emelte, azonban a folyáshatárt nem változtatta meg. Az algatartalom 8%-ra való emelkedésével a paraméterek olyan mértékben emelkedtek, hogy mártásra már nem igazán, hanem inkább táblázásra alkalmas csokoládé született.*

#### 4.5. Reológiai modellezések

A reológiai modellek a teljes folyásgörbét igyekeznek leírni mutatószámaikkal, ezért alkalmazásukkal teljes képet kaphatunk a csokoládé változó nyírási sebesség melletti viselkedéséről, ami nagyban megkönnyíti értékelésüket. A modelleket felépítő tagok mindegyike egy-egy egzakt tulajdonságot mutat, ezért több aspektusból is vizsgálható válnak a rendszerek (Mezger, 2014).

Vizuális ábrázolást a 18. ábra tartalmazza, ahol törekedtem bemutatni az eltérő viszkozitású BCB-C4 és BCB-C8 mintánkon a négy reológiai modelleket. A párhuzamos mérések minimális RMSE adatai alapján kerültek kiválasztásra az ábrákon látható mintapárok, így lehetséges az, hogy egyes modelleknél más-más párhuzamos adatsorra fekszenek fel tökéletesen a modellek.

**18. ábra:** BCB-C4 és BCB-C8 minták leghomogénebb párhuzamos méréseire illesztett reológiai modellek: a) Casson modell; b) Windhab modell; c) Herschel-Bulkley modell; d) általánosított Casson modell  
(Forrás: saját munka)



Bármennyire alacsony RMSE értéket adott, a 18./a. ábrán látható BCB-C4 és BCB-C8 mintákra a Casson modell csak így tudott illeszkedni. Alacsony nyírási sebességnél jóval feljebb helyezkedik a modell által becsült érték, és a sebesség előrehaladásával hullámozva, hol alul, hol pedig felül definiálja a nyírófeszültséget. Kérdéses, hogy ilyen vizuális eltéréssel mennyire képes deklarálni a csokoládémasszák tulajdonságait. Ez nem újdonság, hiszen már Servais és munkatársai (2003) is megemlítik, hogy a Casson viszkozitás és a Casson folyáshatár reprodukálhatóság szempontjából nem ad megnyugtató eredményeket. Aeschlimann és Beckett (2000) is beszámolnak arról, hogy a Casson modell nem képes felfeküdni az adatsorra, ezzel torzítva az eredményeket.

A modellt definiáló egyenlet tagjai számának emelkedésével, még inkább a szabadon változó hatványtag megjelenésével nemcsak nő az illeszkedés pontossága, hanem szinte meg is egyezik a mérési eredményekkel. Vizuálisan már nem is láttam különbséget a Windhab modell

(18./b. ábra), a Herschel-Bulkley modell (18./c. ábra) és a módosított Casson-modell (18./d. ábra) és a mért pontok között.

A következőkben ismertetésre kerülnek a mintákra helyezett reológiai modellek paramétereinek értékei és magyarázatai. Elsőként ismételtén érdemes előre venni a Casson modellt (3. táblázat).

**3. táblázat:** Casson modell változóinak ( $\tau_c$  – Casson folyáshatár;  $\eta_c$  – Casson viszkozitás) átlagai és szórásai a kontroll minták (BC, WCE, WCM) és az algával dúsított minták esetében, valamint ANOVA eredmények ( $p < 0,05$ ) (Forrás: saját munka)

minták	$\tau_c$ [Pa]	$\eta_c$ [Pa.s]	$R^2$	RMSE [Pa]
BC	19,08±0,28 <sup>a</sup>	1,83±0,02 <sup>a</sup>	0,989	2,53±0,03
BCB-C4	20,77±0,31 <sup>b</sup>	1,99±0,01 <sup>b</sup>	0,984	3,32±0,09
BCB-C8	28,61±0,47 <sup>c</sup>	2,79±0,03 <sup>c</sup>	0,985	4,4±0,22
BCR-C4	21,15±0,87 <sup>b</sup>	1,97±0,03 <sup>b</sup>	0,980	3,56±0,22
BCR-C8	27,45±0,25 <sup>d</sup>	2,54±0,02 <sup>d</sup>	0,985	4,05±0,09
WCE	27,08±0,77 <sup>d</sup>	2,27±0,05 <sup>e</sup>	0,976	4,48±0,25
WCM	40,73±0,4 <sup>e</sup>	2,4±0,03 <sup>f</sup>	0,971	4,7±0,04

A Casson viszkozitás definiálja a minták változó sebesség melletti viszkozitását, ugyanakkor csak nagyon kicsi értékben lévő eltérést láthatunk a 40 s<sup>-1</sup> nyírási sebesség mellett mért látszólagos viszkozitás között (16. ábra), a szekvencia megmaradt, így szignifikáns eltérések is megmaradtak. A látszólagos viszkozitáshoz hasonlóan nem tapasztaltam szignifikáns eltérést a BCB-C4 és BCR-C4 között, és ugyanúgy szignifikáns eltérést tapasztaltam a C8 csoport között.

A modell másik tagja, a Casson folyáshatár adja meg azt a metszéspontot nyírófeszültség ( $\tau$ ) tengelyen, ahová a mérési adatsorunkat meg tudnánk hosszabbítani (Mezger, 2014). Az algával dúsított minták már a legalacsonyabb alga koncentráció mellett is szignifikáns eltérést mutattak a BC-hez képest, amit nem tapasztaltam az 5 s<sup>-1</sup> mellett mért nyírófeszültség esetében (17. ábra). Viszont be kell látnunk, hogy az itt kapott eredmények torzítva vannak a Casson modellnek köszönhetően, mivel, ha visszatekintünk a 18.a. ábrára, akkor láthatjuk, hogy alacsony viszkozitás mellett felfelé integrálódik a modell, vagyis emeli a folyáshatár értékét, ezért tapasztalhatom, hogy már a C4-es csoportok is szignifikánsan eltérnek.

A Windhab modell nagy számú változó (4. táblázat) már sokkal nagyobb mértékben irták le a folyásgörbét, magas determinációs együttható ( $R^2$ ) értéket adnak, de mégis a nulla közeli RMSE adatoknak örülhetünk igazán.

A modell két folyáshatárral operál, a statikus folyáshatár ( $\tau_0$ ) a görbület felhasználásával alkotott folyáshatár, míg a dinamikus folyáshatár ( $\tau_1$ ) a görbe lineáris meghosszabbításával

kapott folyáshatár, mely nyírási köztes állapot határát jelképezi (Windhab, 1995). A statikus folyáshatár esetében a BC mintához hozzáadott 4%-nyi alga csökkentette szignifikáns mértékben, míg a *C. pyrenoidosa* 8%-ra való emelkedése növelte szignifikáns mértékben a folyáshatárt a BC-hez képest.

**4. táblázat:** Windhab modell változóinak ( $\tau_0$  – statikus folyáshatár;  $\tau_1$  – dinamikus folyáshatár;  $\dot{\gamma}^*$  – nyírási sebesség  $\tau^*$  pontál;  $\eta_\infty$  – végtelen viszkozitás) átlagai és szórásai a kontroll minták (BC, WCE, WCM) és az algával dúsított minták esetében, valamint ANOVA eredmények ( $p < 0,05$ )

(Forrás: saját munka)

minták	$\tau_0$ [Pa]	$\tau_1$ [Pa]	$\dot{\gamma}^*$ [s <sup>-1</sup> ]	$\eta_\infty$ [Pa.s]	R <sup>2</sup>	RMSE [Pa]
BC	9,57±0,15 <sup>a</sup>	16,43±0,19 <sup>a</sup>	14,16±0,44	1,48±0,02 <sup>a</sup>	0,999992	0,07±0,002
BCB-C4	9,04±0,15 <sup>b</sup>	26,48±2,4 <sup>b</sup>	19,83±3,68	1,44±0,02 <sup>a</sup>	0,999994	0,06±0,01
BCB-C8	12,82±0,1 <sup>c</sup>	33,97±6,61 <sup>bc</sup>	18,95±4,26	2,08±0,09 <sup>b</sup>	0,999999	0,11±0,04
BCR-C4	8,6±0,2 <sup>d</sup>	28,14±3,97 <sup>b</sup>	18,79±5,72	1,38±0,06 <sup>a</sup>	0,999989	0,08±0,02
BCR-C8	12,81±0,11 <sup>c</sup>	28,94±1,8 <sup>b</sup>	16,55±1,1	1,93±0,05 <sup>b</sup>	0,999995	0,07±0,005
WCE	12,76±0,09 <sup>c</sup>	195,21±5,05 <sup>d</sup>	79,51±5,86	0,23±0,003 <sup>c</sup>	0,999994	0,07±0,004
WCM	24,56±0,33 <sup>e</sup>	40,18±0,54 <sup>c</sup>	15,08±0,23	1,61±0,03 <sup>d</sup>	0,999985	0,1±0,03

Amennyiben a dinamikus folyáshatárt ( $\tau_1$ ) nézzük, abban az esetben azt láthatjuk, hogy az alga növeli BC-hez képest szignifikánsan mind a 4% mind pedig 8% algakoncentrációjú mintáknál a folyáshatárt. Azonban az algatartalom változtatása nem okozott szignifikáns különbséget a minták között, sem C4 és C8 csoport között, sem pedig a csoporton belül. Ez azt jelenti, hogyha visszatekintünk a 14. ábrára, akkor az algával dúsított minták húrokgörbéit a lineáris szakaszuknál fogva közelítőleg egy pontba tudnánk összekötni a nyírófeszültség ( $\tau$ ) tengelyén. E fejlemény az alga, vagyis a dúsítóanyag sajátos, szerkezetre ható tulajdonságára világít rá.

A végtelen viszkozitás ( $\eta_\infty$ ) azt a viszkozitás értéket fejezi ki, a nagyobb nyírási sebességnél (60-100 s<sup>-1</sup>) jellemző lenne, a folyási görbék (14. ábra) meredeksége nagy nyírási sebesség ( $\dot{\gamma}$ ) mellett (IOCCC, 2000). BCB-C4 és BCR-C4 minták értékei csökkentek a BC kiindulási csokoládéhoz képest, de nem szignifikáns mértékben. Ez ellentétes az eddig tapasztaltakkal, vagyis azzal, amit a látszólagos viszkozitás és a Casson viszkozitás mutatott. Jóllehet a C4-es csoporton belül tapasztalt eltérés nem szignifikáns. Úgy vélem, hogy a nagyobb nyírási sebességnél az alga felszínhez lazán kötött kakaóvaj leszakadt, és a rendszerben lévő, a BC-hez képest nagyobb mennyiségű, immáron szabad kakaóvajhoz társulva folyékony zsiradék formájában csökkentette a viszkozitást (Beckett, 2008). A BCB-C8, BCR-C8 minták a 40 s<sup>-1</sup> nyírási sebesség mellett mért látszólagos viszkozitás értékükkel (16. ábra) megegyezően alakultak, szignifikánsan magasabb értékkel rendelkeznek a BC-hez képest. Ugyanakkor nem volt kimutatható szignifikáns különbség a két minta között. Az eredmények arra engednek következtetni, hogy nagyobb nyírási sebesség esetében a C4-es, de már a C8-os csoporton belül

is megszűnnek a különbségek. A modell negyedik tagja, a  $\dot{\gamma}^*$  nyírási sebesség, ami a  $\tau_0$ - $\tau_1$  között megtalálható  $\tau^*$  nyírófeszültséget definiálja, ahol a legnagyobb a nyírás alatt lévő szerkezet roncsolódása (Windhab, 1995; Glicerina és Romani, 2017), értékeivel nehezen értelmezhetők a minták.

Ahhoz, hogy ne vesszünk el a változók sokaságában, a gyakorlati alkalmazhatósági elemzést érdemes kettő paraméterre szűkíteni. Statikus folyáshatár esetében nem tapasztaltam szignifikáns eltérést a BCB-C8, BCR-C8 minták és a mártó csokoládéhoz (WCE) között. Dinamikus folyáshatárt már csak azért sem érdemes hasznosítani, mivel e paraméternél a WCE minta magasabb értéket ad, ennek következtében lejjebb tolódik a  $\eta_\infty$  értéke is. Ennek oka a WCE egyedi szerkezetében keresendő, mivel folyásgörbéje a mérés során nem állt be közel lineáris felfutásúra, emiatt a konstans viszkozitása lejjebb tolódik. Viszkozitás tekintetében ezért már nem használhatjuk összehasonlításra a WCE mintát, így a BC-t kell venni mártócsokoládénak, a BCB-C4 és BCR-C4-et inkább mártócsokoládénak, a BCB-C8 és BCR-C8-at pedig inkább táblázó csokoládénak alkalmazhatjuk.

Nem-newtoni rendszerek leírására gyakran alkalmazzák a Herschel-Bulkley modellt (Afoakwa, 2010), melynek eredményeit az 5. táblázat tartalmazza.

**5. táblázat:** Herschel-Bulkley modell változónak ( $\tau_{HB}$  – Herschel-Bulkley folyáshatár; C – áramlási együttható; p – Herschel-Bulkley index) átlagai és szórásai a kontroll minták (BC, WCE, WCM) és az algával dúsított minták esetében, valamint ANOVA eredmények ( $p < 0,05$ )

(Forrás: saját munka)

minták	$\tau_{HB}$ [Pa]	C [Pa.s]	p [-]	R <sup>2</sup>	RMSE [Pa]
BC	9,05±0,16 <sup>a</sup>	2,31±0,02 <sup>a</sup>	0,91±0,001 <sup>a</sup>	0,999995	0,049±0,002
BCB-C4	7,38±0,12 <sup>b</sup>	3,33±0,11 <sup>b</sup>	0,84±0,01 <sup>b</sup>	0,999979	0,115±0,021
BCB-C8	10,9±0,62 <sup>c</sup>	4,34±0,3 <sup>cd</sup>	0,86±0,01 <sup>bc</sup>	0,999983	0,137±0,059
BCR-C4	6,6±0,23 <sup>d</sup>	3,71±0,29 <sup>bce</sup>	0,81±0,02 <sup>bd</sup>	0,999964	0,147±0,028
BCR-C8	11,29±0,19 <sup>c</sup>	3,86±0,1 <sup>ce</sup>	0,86±0,01 <sup>c</sup>	0,999995	0,072±0,015
WCE	8,89±0,35 <sup>a</sup>	4,6±0,36 <sup>d</sup>	0,79±0,01 <sup>d</sup>	0,999705	0,48±0,056
WCM	22,92±0,4 <sup>e</sup>	3,73±0,06 <sup>e</sup>	0,83±0,01 <sup>b</sup>	0,999995	0,058±0,009

A Herschel-Bulkley modell a Windhab modell statikus folyáshatárához ( $\tau_0$ ) hasonlóan szignifikáns csökkenést mutatott a folyáshatár tekintetében a BC és BCB-C4, BCR-C4 minták között, de a differencia nagyobb volt. Ennek oka, hogy az eltérő modellek más-más módon számítják a folyáshatárt (Mezger, 2014). Ezért elképzelhető, hogy a Herschel-Bulkley modell folyáshatárának ( $\tau_{HB}$ ) fizikai tartalma megegyezik a Windhab modell statikus folyáshatárával ( $\tau_0$ ). A modell is nagyobb folyáshatárt jelez a BCB-C8 és BCR-C8 mintáknál a BC-hez képest, mértékük szignifikáns.

Az áramlási együttható, vagyis a viszkozitás a Casson viszkozitáshoz és látszólagos viszkozitás adataival megegyezően növekedést mutattak az alga tartalom megjelenésével, de

növekedés bőven túlmutat az eddig tapasztaltakon, a BC és C4 csoport között az emelkedés szignifikáns. Azonban nem tapasztaltam szignifikáns eltérést a C4 és a C8-as csoporton belül. Azonban a BCB és BCR csoport között átfedés mutatkozott, mivel a nagy viszkozitású BCB-C8 és csoportján belül alacsony viszkozitásúnak számító BCR-C4 között nem tapasztaltam szignifikáns eltérést.

A p Herschel-Bulkley index mutatja meg a minták nem-newtoni jellegét (Mezger, 2014). A minták szignifikáns mértékben eltértek a BC-től, vagyis az alga hozzáadásával növekszik a csokoládék nem-newtoni viselkedése, azaz a viszkozitás nyírásnál történő csökkenése. A p érték csökkenését a részecskeméret növekedése okozhatja (Sokmen és Gunes, 2006). Azonban nem jelenthető ki, hogy az alga koncentrációja milyen mértékben csökkenti a p értéket, mivel nincs szignifikáns különbség a BCB csoporton belül, de a BCR csoporton belül már van. Viszont ugyanazon alga koncentráción belül nincs szignifikáns eltérés, ami hasonló szerkezetre enged következtetni.

Nem várt módon a modell alacsonyabb viszkozitást számol a táblázó csokoládéhoz (WCM), mint a mártó csokoládéhoz (WCE), emiatt értékelhetetlenné teszi az algával dúsított minták összehasonlító elemzését. A ludas feltételezhetően a WCE görbéjének lefutása lehet, mivel a többi mintához képest nagyobb RMSE adattal rendelkezik, és a modell nem tud szépen felfeküdni a mért adatokra. Ezért ismételtén a BC mintát kell mártó csokoládénak venni. Folyáshatár ( $\tau_{HB}$ ) tekintetében a minták inkább mártó csokoládéhoz álltak közelebb, bár szignifikáns különbséggel, de közelebb, mint a táblázóhoz. Viszont az algával dúsított minták viszkozitás értékei (C) már inkább WCM értékéhez idomulnak, mint a BC-hez. A BCB csoport még szignifikánsan eltér, de a BCR csoport már nem.

Az általánosított Casson modell (7. egyenlet) szabadon változó hatványkitevőjének köszönhetően egyhez közelebb determinációs együtthatót ( $R^2$ ) és kisebb RMSE érték mellett számol (6. táblázat).

**6. táblázat:** Általánosított Casson modell változóinak ( $\tau_c$  – Casson folyáshatár;  $\eta_c$  – Casson viszkozitás; n – hatványkitevő) átlagai és szórásai a kontroll minták (BC, WCE, WCM) és az algával dúsított minták esetében, valamint ANOVA eredmények ( $p < 0,05$ )

(Forrás: saját munka)

minták	$\tau_c$ [Pa]	$\eta_c$ [Pa.s]	n [-]	$R^2$	RMSE [Pa]
BC	7,54±0,15 <sup>a</sup>	1,39±0,01 <sup>a</sup>	1,4±0,003 <sup>a</sup>	0,999988	0,08±0,004
BCB-C4	4,27±0,28 <sup>b</sup>	1,23±0,06 <sup>b</sup>	1,98±0,09 <sup>bc</sup>	0,999917	0,23±0,033
BCB-C8	7,05±1,08 <sup>a</sup>	1,84±0,08 <sup>c</sup>	1,81±0,15 <sup>bd</sup>	0,999936	0,28±0,08
BCR-C4	3,01±0,46 <sup>c</sup>	1,04±0,15 <sup>b</sup>	2,35±0,25 <sup>ce</sup>	0,999901	0,24±0,051
BCR-C8	8,02±0,36 <sup>a</sup>	1,71±0,06 <sup>c</sup>	1,7±0,06 <sup>d</sup>	0,999959	0,2±0,03
WCE	4,34±0,78 <sup>bc</sup>	1,09±0,08 <sup>b</sup>	2,4±0,21 <sup>e</sup>	0,999495	0,63±0,059
WCM	20,51±0,47 <sup>d</sup>	1,37±0,03 <sup>a</sup>	1,51±0,02 <sup>f</sup>	0,999965	0,16±0,012

A Windhab és Herschel-Bulkley modellnél tapasztaltakhoz hasonlóan a BC értékéhez képest szignifikáns csökkenést produkáltak a BCB-C4 és BCR-C4 minták a folyáshatár tekintetében, viszont a C8-as mintáknál nem tapasztaltam szignifikáns eltérést. Vagyis a modell szerint a nagy alga koncentrációjú mintákban nem lép fel kohézió a részecskék között. Az sem egyértelmű, hogy az adott alga koncentráció folyáshatárra gyakorolt hatása állandó lenne, mivel C4-es csoporton belül találtam, de a C8-as csoport esetében azonban nem találtam szignifikáns eltérést.

Az általánosított Casson modell ellentételesen a Casson modellel számoltakhoz (3. táblázat) képest szignifikáns csökkenést jelzett az alga megjelenésével a viszkozitást illetően, ahogy az a Windhab modellnél is tapasztalható volt. A modellek közötti eltérésekből fakadóan, ugyanazon, viszkozításra vonatkozó hipotézist más módon mutatja ki az általánosított Casson modell, mint a Windhab modell. Ugyanazon alga koncentráció mellett az eltérések nem szignifikánsak.

A hatványkitevő ( $n$ ) fizikai tartalommal nem bír, így az alga a csokoládé struktúrájára gyakorolt hatását ezen tényező változásából nem fogjuk megtudni. A csokoládéhoz adott *C. pyrenoidosa* szignifikáns mértékben növelte a  $n$  kitevő értékét. Megegyező alगतartalommal bíró minták esetében nem tapasztaltam statisztikailag kimutatható különbséget. Viszont nem egyértelmű az alga koncentráció hatása, mivel 4% esetében nagyobbak mutatkozik, mint 8% esetében.

Az általánosított Casson modell folyáshatára máshová helyezi a technológiai határokat a WCE és WCM minták esetében. A C4-es csoport folyáshatár ( $\tau_C$ ) értékei olyan szintre estek vissza, hogy nem mutatnak szignifikáns különbséget a WCE mintával. Viszont a WCM értéke olyan magasságokba emelkedett, hogy még a nagy folyáshatárral is rendelkező C8-as csoport sem tudja teljesíteni. Viskozitás ( $\eta_C$ ) esetében sem tapasztaltam szignifikáns eltérést a WCE és C4-es csoport között. Továbbá az eddig megszokott módon a C8-as csoport hozza a táblázásra szánt csokoládé viszkozitás értékeit, bőven meghaladják a mért értékeik. Ugyanakkor aggodalomra adhat okot, hogy az eredetileg mártásra szánt BC viszkozitása nem mutat szignifikáns különbséget WCM átlagértékével.

A fejezet végén célszerű összevetni a modellek illeszkedésének hatékonyságát numerikusan is. A 7. táblázat foglalja össze a mintákra illesztett reológiai modellek illeszkedésének hatékonyságát.

**7. táblázat:** A reológiai modellek illeszkedésének pontosságát mutató mérőszámok: a determinációs együttható ( $R^2$ ) és becslési hiba [Pa] (RMSE) átlagértékei szórással

(Forrás: saját munka)

minták	Casson		Windhab		Herschel-Bulkley		Általánosított Casson	
	$R^2$	RMSE [Pa]	$R^2$	RMSE [Pa]	$R^2$	RMSE [Pa]	$R^2$	RMSE [Pa]
BC	0,989	2,53±0,03	1,000	0,07±0,002	1,000	0,049±0,002	1,000	0,08±0,004
BCB-C4	0,984	3,32±0,09	1,000	0,06±0,01	1,000	0,115±0,021	1,000	0,23±0,033
BCB-C8	0,985	4,4±0,22	1,000	0,11±0,044	1,000	0,137±0,059	1,000	0,28±0,08
BCR-C4	0,980	3,56±0,22	1,000	0,08±0,025	1,000	0,147±0,028	1,000	0,24±0,051
BCR-C8	0,985	4,05±0,09	1,000	0,07±0,005	1,000	0,072±0,015	1,000	0,2±0,03
WCE	0,976	4,48±0,25	1,000	0,07±0,004	1,000	0,48±0,056	0,999	0,63±0,059
WCM	0,971	4,7±0,04	1,000	0,1±0,026	1,000	0,058±0,009	1,000	0,16±0,012

A modellek hatékonyságáról eddig elvéve tettem említést, ezért érdemes összefoglalni a tapasztalatokat. A Casson modell magas determinációs együtthatóval ( $R^2$ ) rendelkezik (7. táblázat), de ha visszatekintünk a 18./a. ábrára, akkor láthatjuk, hogy a pontossághoz ez az érték még nem elegendő. Továbbá az RMSE adatok minden minta esetében magasnak mondható, vagyis nemcsak vizuálisan, hanem numerikusan bizonyítást nyert, hogy a modell meghaladta az élettartamát.

Windhab modellnél – és a Casson modell kivételével mindegyiknél – tapasztalt 1,00-ás determinációs együttható csupán illúzió, melyet a kerekítés hozott létre. Ha visszatekintünk a 5. táblázatra, láthatjuk, hogy nagyon közel van az 1-es értékhez az  $R^2$ . A becslési hiba (RMSE) értékeket elemezve nem tapasztaltam összefüggést a dúsítóanyagok megjelenésével és tömegük növekedésével, vagyis a modell jól tudott alkalmazkodni a megváltozott értékekhez, rendkívül nagy pontossággal és minimális szórással dolgozott, ami minden modell hatékonyságát felülmúlta.

A Herschel-Bulkley modell egészen kiválóan tudta definiálni a folyásgörbéket, bár RMSE értékei magasabbak, mint a Windhab modellnél tapasztaltak. A modell RMSE értékeiben tapasztalni lehet a dúsítóanyagok megjelenését, mondhatni az alga megjelenésével megugrott az RMSE értéke.

Az általánosított Casson modell jobbnak bizonyult, mint a 1/2 kitevős Casson modell. Dacára e pozitív tulajdonságának, RMSE értéke magasabb, mint a Herschel-Bulkley modellnél és a Windhab modellnél kimutatott.

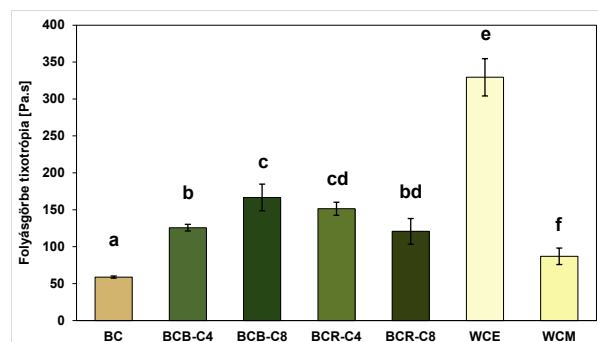
*A reológiai modellek eltérő működési mechanizmusuk folytán másképpen írták le mind az algával dúsított minták, mind pedig a kontroll minták viselkedését. Az összehasonlító elemzéseknek köszönhetően a Windhab modell bizonyult a legalkalmasabbnak az összes minta definiálására.*

#### 4.6. Tixotrópia mérési eredményei és értékelésük

A tixotrópiás viselkedés kimutatásával és számszerűsítésével információt kaphatunk a minta előkészítés hatékonyságáról, jelesül, hogy az alkalmazott konszolás hatékonyságáról (Servais és munkatársai, 2003). Macsihin és Macsihin (1987) kimondják, hogy a tixotrópiás viselkedést a hurokgörbék által közrefogott terület definiálásával lehet számítani. Mivel ez bonyolult matematikai összefüggéseket kíván, Servais és munkatársai (2003) egyszerűsítettek a számításán. Ugyanakkor Mezger (2014) kifinomultabb módszert javasol, a *3 Interval Thixotropy Test*-et (3ITT) e reológiai viselkedés tanulmányozására. E részfejezet az említett két módszerrel mutatja be a kontroll minták (BC, WCE, WCM) és az algával dúsított minták (BCB-C4, BCB-C8, BCR-C4, BCR-C8) tixotrópiás értéküket.

A hurokgörbéken alapuló tixotrópiás számítások nem a várt eredményt hozták (19. ábra). Mivel mindegyik minta ugyanazon időtartamú konszoláson esett át, ezért arra számítanánk, hogy a nagy mennyiségű dúsítóanyag esetében, vagyis a C8-as csoport esetében tapasztalnánk a legnagyobb tixotrópiás értéket. A folyásgörbék által bezárt hiszterézishurkok (14. ábra) is kellőképpen nagyok e csoport esetében. A BCB csoport esetében megjelenik a szignifikáns növekedés a vártnak megfelelően az alga koncentráció emelkedésével. Csakhogy a BCR csoport esetében pedig nem szignifikáns csökkenést tapasztaltam további alga hozzáadásával. Tetézi a bizonytalanságot, hogy a BCB-C4 és BCR-C8 között, illetve a BCB-C8 és BCR-C4 között nem találtam szignifikáns különbséget. Kijelenthetjük, hogy az alga megjelenésével növekszik a kiindulási csokoládé massa tixotrópiája, ugyanakkor bizonyosan nem állíthatjuk, hogy mennyiségének növelésével emelkedne e reológiai mutató.

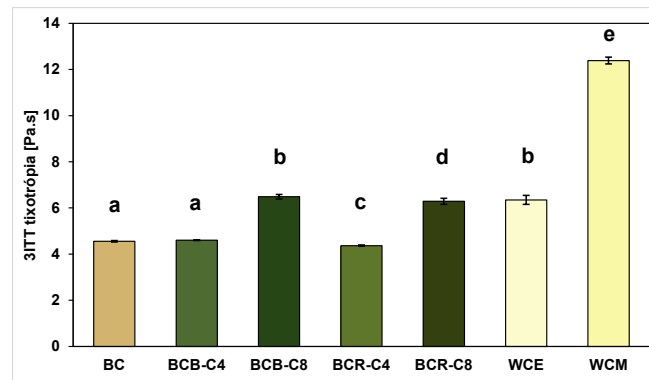
**19. ábra:** Tixotrópiás viselkedés átlaga, szórásai és ANOVA eredménye ( $p < 0,05$ ) a kontroll (BC, WCE, WCM) és az algával dúsított minták (BCB-C4, BCB-C8, BCR-C4, BCR-C8) esetében Servais és munkatársai (2003) módszere alapján  
(Forrás: saját munka)



A más szisztéma szerint dolgozó 3ITT teljesen más képet rajzol a minták tixotrópiás értékeiről (20. ábra). Sokkal kisebb szórás mellett a C8-as csoportban már jelzi a szignifikáns növekedést a BC mintához, illetve a C4-es csoporthoz képest. A C4-es csoport a BC értékéhez

képest a 4 százaléknyi alगतartalma ellenére alig változott, BCB-C4 esetében nem szignifikáns a változás, a BCR-C4 esetében statisztikai csökkenés tapasztalható a BC mintához képest. A csoporton belüli eltérés szignifikáns a C4-es csoport esetében, viszont nem szignifikáns a C8-as csoporton belül. Észrevehető a hasonlóság a látszólagos viszkozitás és az  $5 \text{ s}^{-1}$  nyírási sebességen mért nyírófeszültség adatainak eloszlásában, bár ott nem tapasztaltam a BCR-C4 értékének ilyen mértékű csökkenését.

**20. ábra:** Tixotrópiás viselkedés átlag mutatószámai és szórásai a kontroll (BC, WCE, WCM) és az algával dúsított minták (BCB-C4, BCB-C8, BCR-C4, BCR-C8) esetében a 3ITT (*3 Interval Thixotropy Test*) módszer szerint (Forrás: saját munka)



Az alternatív módszer eredményei azt jelzik a részünkre, hogy a mintakészítés során alkalmazott rövid idejű konsolás a 4% algát tartalmazó csokoládék esetében hatásos volt, mivel tixotrópikus viselkedésük nem változott a kiindulási csokoládéhoz képest rosszabb irányba. Azonban a 8% algát tartalmazó minták értékei szükségképpen magasabbra helyeződtek, ami azt sugallja, hogy további konsolás szükséges, hogy a mutatószámaikat a kellő szintre redukálódjanak.

*A tixotrópiás viselkedés szükségszerűen megjelenik az algával dúsított mintákban, bár a két módszer eltérő véleménnyel van az értékéről. A hagyományosnak mondható hiszterézishurkok szerint mindegyik algával dúsított minta – koncentrációtól függetlenül – produkál tixotrópiás változást, addig a 3ITT módszere csak a 8%-os alga koncentráció mellett mutat ki érdemi változást.*

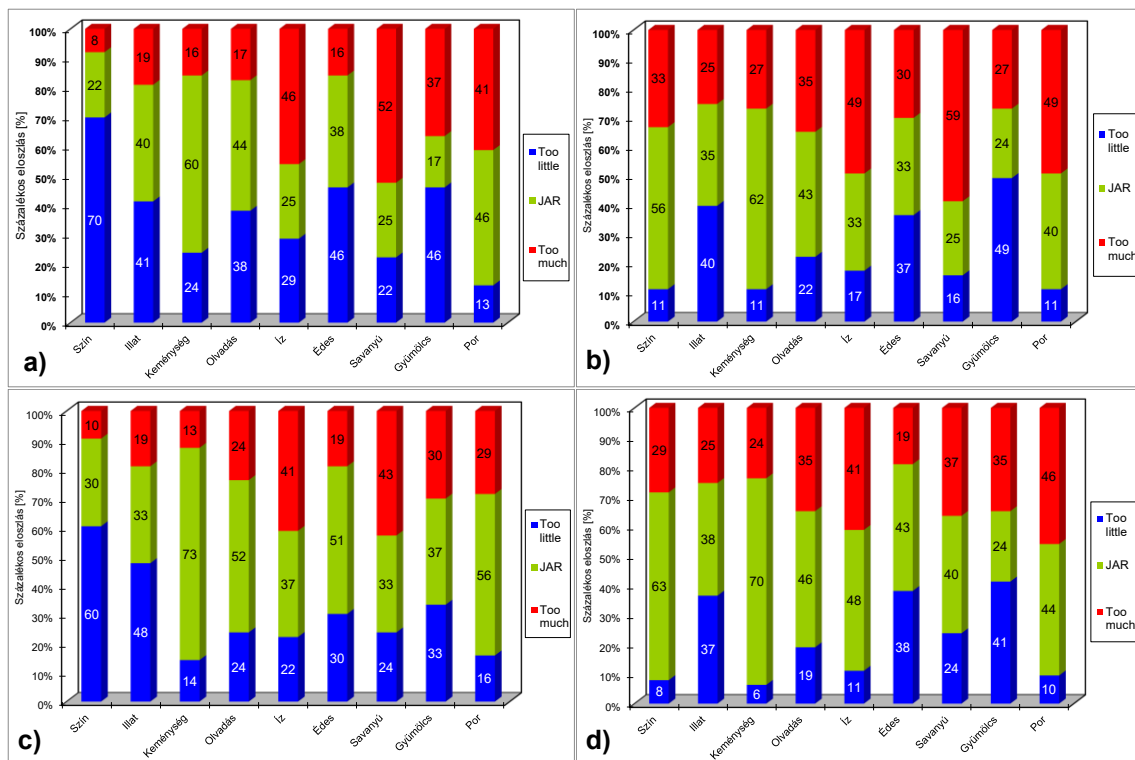
#### 4.7. Érzékszervi bírálat eredményei és értékelésük

Nem kérdéses, hogy az érzékszervi vizsgálatok súlyozott szerepet képviselnek az élelmiszeriparon belül. Egyszerű fogyasztóként nem is gondolunk bele, milyen komplex folyamatok húzódnak meg egy tábla csokoládé mögött, nemcsak technológiai, hanem érzékszervi oldalról is nézve. Édesipari gyártóként számos teszt útján kaphatunk válaszokat egy-egy termék érzékszervi tulajdonságaival kapcsolatban minőségirányítási szempontból

(Afoakwa, 2010), azonban termékfejlesztés szempontjából más tesztekhez kell folyamodnunk. Egyik ilyen, ami iránymutatást ad a termékfejlesztőknek a *just-about-right* (JAR) skála (Gere és munkatársai, 2017; Rothman és Parker, 2009).

Mielőtt rátérnénk a JAR adatokon alapuló *Penalty Analysis* eredményei, nézzük meg magát a JAR százalékos eloszlásait. A 21. ábra tartalmazza az algával dúsított csokoládé minták érzékszervi paramétereinek összefoglaló JAR adatsorait. Mivel az egyes érzékszervi attribútumok osztályozására hét tagú skála került alkalmazásra, a széttagozódás veszélyét elkerülendő, három főcsoportba kategorizáltam az eredményeket: a skála középpontjában a „pont jó” (*just about right*, JAR), az alatta elhelyezkedő, az adott tulajdonság gyenge minősítései (*Too little*), és a JAR pont felett lévő intenzívebbnek érzékelt értékei (*Too much*) helyezkednek el.

**21. ábra:** JAR adatok százalékos megoszlásai a megkérdezett érzékszervi paraméterek esetében: a) BCB-C4; b) BCB-C8; c) BCR-C4; d) BCR-C8  
(Forrás: saját munka)



Az azonos alga koncentrációval rendelkező minták között a bírálók vizuális hasonlóságot tapasztaltak (21. ábra). Szín esetében a 4%-os mintákat túl gyengének értékelték, a 8% algát tartalmazókat pedig optimálisnak (JAR), tehát a válaszadók a képzeletükben alkotott algával dúsított csokoládé markánsabb színű volt, és inkább a 8%-os minták illettek be a képbe, bár utóbbi mintáknál növekszik az túl intenzív szint érzékelők aránya. Illat esetében nem

tapasztaltak nagy eltéréseket a minták között, bár megjegyzendő, hogy az alga koncentráció emelkedésével megnő az túl intenzív illatot érzékelők száma.

A keménységet a bírálók többsége optimálisnak érzékelt, ám bár megfigyelhető, hogy bár a precíziós penetrométer nem (4.2. alfejezet), de egyre több fogyasztó keményebb, ridegebb állományt érzékel a koncentráció emelkedésével. Az olvadás érdekes leíró paraméter, mivel C4 és C8 minták esetében is az optimális olvadást vallók vannak előnyben, mégis az alga koncentráció emelkedésével csökken a mintákat lágynak tartók aránya, és növekszik a nehezen olvadónak érzők aránya.

Koncentrációtól függetlenül a bírálók döntő többsége az általános ízt túl erősnek érzékelt, arányuk minden mintánál 40% körül alakult. Az ízt több egyedi íztényezőre bontottam a megkérdezések során, hogy több szemszögből is vizsgálható legyen ezen rendkívül fontos tulajdonság. A csokoládé alap édes ízét egyrészt a liofilizált gyümölcs, másrészt a növekvő alga koncentráció fedi el, vagyis feltételezhetjük, hogy C4-es mintáknál optimális, míg C8-as mintáknál túl gyenge édes ízt fogunk eredményül kapni. A valóságban sokkal másképpen alakultak az eloszlások. A BCB-C4 esetében többen mondták gyengének az édes ízt, mint optimálisnak, és ez a nagy arány a BCB-C8 esetében is megmaradt, ugyanakkor emelkedett az édes ízt túl erősnek gondolók aránya a BCB-C8 minta esetében. Gondolható, hogy a kétszeres alga mennyiség idézi elő az utóbbi változást, azonban a BCR-C8 mintánál nem tapasztalták ezen jelenséget, arányuk BCR mintáknál változatlanul 19% marad, így bizonyosságot nem tudok állítani. Habár a BCR-C4 esetében az optimális édes ízt érzők aránya van többségben (51%), jóllehet fölényüket megőrzik a BCR-C8 minta esetében is (43%), miközben növekszik az édes ízt túl gyengének érzékelők száma.

A savanyú és gyümölcsös ízt egyben érdemes elemezni, hiszen egyik tényező a másiknak köszönhetően jelenik meg. A minták maszkolás céljából tartalmaztak liofilizált gyümölcsöt, hogy a magas algatartalmat a fogyasztó el tudja fogadni, és ne alakuljon ki erősen átható alga íz. A BCB mintáknál a hozzáadott feketeribizli egyértelműen letarolta az optimális savanyú ízt, mivel mindkét algakoncentráció mellett 50% felett volt azon válaszadók száma, akik túl erősnek érezték a savanyú ízt. Alga koncentráció emelkedésével növekszik a túl erős, és csökken a túl gyenge savanyú ízt érzék aránya, amit megint az algának tudhatunk be. A gyümölcsös íz mindkét BCB mintában inkább túl gyengének érződött. A BCR-C4 mintánál még túlsúlyban voltak az túl intenzív savanyú ízt érzők (43%), BCR-C8-as mintánál már az optimálisnak tartók kerülnek fölénybe (40%), bár kicsi a különbség az túl intenzív savanyúnak érzékelők tábora között. A BCR-C4 minta gyümölcsös íz eredményeinek eloszlása teljesen

különbözik a BCB-C4-től, előbbi esetben nagy az optimálisnak mondok aránya, viszont érdekes módon a két C8-as minta eredményei nagymértékű hasonlóságot mutatnak.

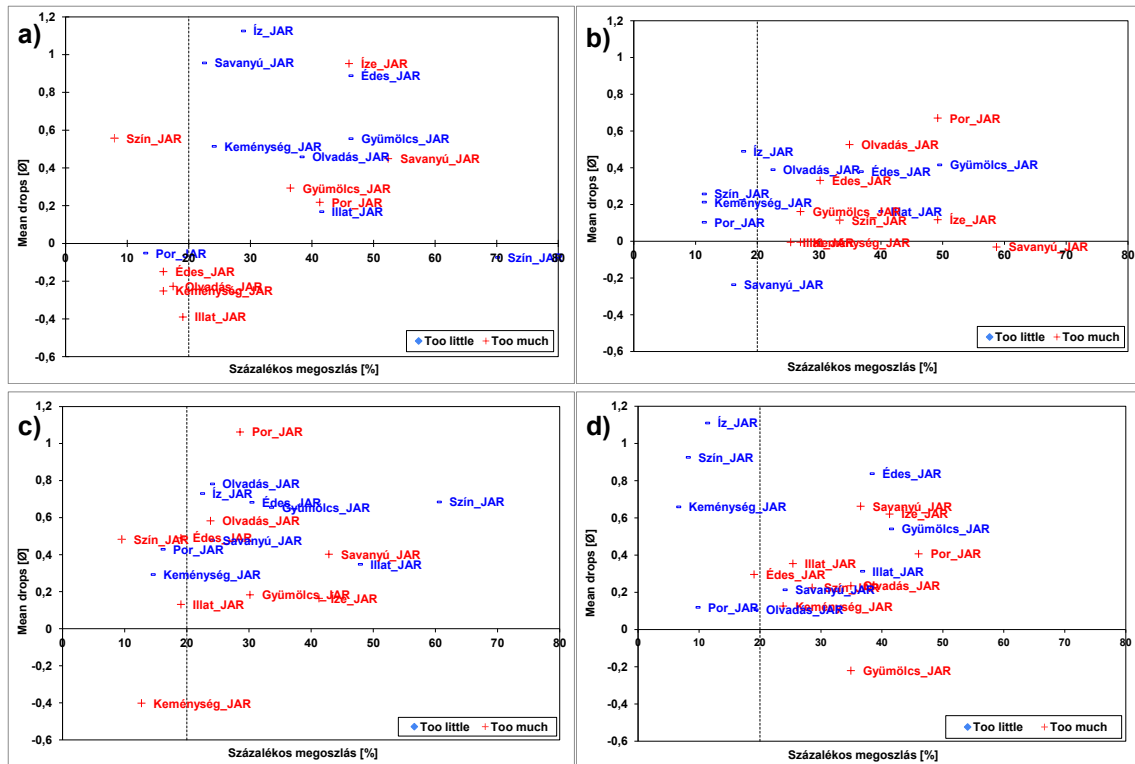
A por érzet számszerűsítése más oldalról világítja meg a minták összetételét, megmutatja a minták szemcsézettségét, ezáltal az aprító munka hatékonyságát a mintakészítés során. A BCB minták tagjait kevés válaszadó illetve nem elég porosnak (11-13%), azonban nagy a poros értékelések aránya (49%), ami a BCB-C8-as mintánál már felülkerekedik az optimálisnak tartók száma felett (40%). Párhuzamosan megjelenik e jelenség a BCR mintáknál, ám bár az optimálisnak vallók aránya csak leheletnyivel nagyobb, mint a BCB esetében tapasztalható. Elmondhatjuk, hogy az algakoncentráció emelkedésével annyira megnövekszik a minták nagy részecskéinek aránya, ami bármilyen csekély is – jó indulatúan 8% algapor plusz 2%, vagy 3% liofilizált gyümölcs por – már kimutathatóvá válik érzékszervi úton, mint ahogy Breen és munkatársai (2019) beszámolnak.

A *Mean drop* értékek – melyeket a 22. ábrán láthatunk – a JAR adatokból számíthatóknak, aszerint, hogy az adott tulajdonság JAR csoport kedveltségi átlagából kivonjuk az adott tulajdonság nem JAR csoportok (túl gyenge, túl intenzív) kedveltségi értékeit (Gere és munkatársai, 2014; Rothman és Parker, 2009). Ez azt jelenti, hogy az 1-es *Mean drop* érték 1 kedveltségi érték csökkenését jelenti, vagyis 20%-os csökkenés az 5 tagú skála esetében. A *Mean drop* értéke annál nagyobb, minél nagyobb a különbség a pont jónak érzékelők (JAR) csoportjának kedveltségi értékeinél, amiket, ha a megkérdezettek arányának függvényében helyezünk el, akkor a kapott *Mean drop* diagram jobb felső sarkába ugrik nagy fogyasztói támogatás esetén (Gere és munkatársai, 2014; Gere és munkatársai 2017; Rothman és Parker, 2009).

A *Mean drop* diagrammokon látható érzékszervi paraméterek nagyobb inhomogenitást mutatnak, szemben a 21. ábrán látható JAR értékkel. Alga koncentráción belül és kívül sem tapasztaltam semmiféle hasonlóságot. Sőt, a kritikus tulajdonság esetében is különböznek a minták. A BCB-C4 (21./a. ábra) mintánál a megkérdezettek nagyobb aránya az intenzív ízt és a gyenge édességet kifogásolta, vagyis elvárásaik nem egyeztek meg a mintával, jelesül harsányabb édes ízt és kevésbé erőteljesebb általános ízt várt. Megfigyelhető a negatív tartományban elhelyezkedő gyenge szín tényező, melyet a megkérdezettek döntő többsége jobban kedvelte, mint azok, akik azt mondták, hogy a szín pont jó. Vagyis a várakozásokkal szemben e minta színe gyengébb volt, mint a bírálók számítottak, ezért jobban kedvelték így a terméket, mint azok, akik azt mondták, hogy a szín pont jó (JAR). Illetve voltak olyan bírálók, akiknek a gyenge íz vitte el az értékelést leginkább, erről tanúskodik a legnagyobb *Mean drop* értéke. Alatta helyezkedik el a gyenge édes íz, vagyis érdemes lehet csökkenteni az ízt, az

édességet pedig növelni. Alacsonyabb *Mean drop* értékkel rendelkeznek, de szót kell ejtenünk az alacsony gyümölcsös ízről és az erősen savanykás ízről, amelyek közül a gyümölcsös íznek van nagyobb értéke, vagyis további liofilizált gyümölcsöt kíván e minta. Lényegében erős ízűnek és savanyúnak érezték a válaszadók ezen mintát, és talán jobban kedvelnék egy édesebb és gyümölcsösebb csokoládét.

**22. ábra:** Az algával dúsított csokoládék *Mean drop* diagramjai: a) BCB-C4; b) BCB-C8; c) BCR-C4; d) BCR-C8 (Forrás: saját munka)



Ezzel szemben a BCR-C4 (22./c. ábra) esetében már más tényezőket nehezményeztek a bírálóiban résztvevők, a gyenge szín emelkedik ki a tömegből, mely arra enged következtetni, hogy a bírálók már megismertek egy markáns színű, C8-as mintával, és ennek következtében alul értékelték e mintát. A többi leíró paraméter közel egy halmazba tömörül, kismértékben átlépve a 20%-os válaszadói küszöbértéket, melyet követően érdemes foglalkozni, javítani attribútumon (Gere és munkatársai, 2017). Felsorolni is nehéz lenne a többi tényezőt, ámbar alacsonyabb *Mean drop* értékkel, de hasonló százalékos megoszlással megbújik az előző mintánál (BCB-C4) is tapasztalt intenzív íz, továbbá a gyenge édesség, melyet megelőz nagyobb százalékos megoszlással a gyenge gyümölcsös ízt, melyet kevesebben jelöltek meg, annak ellenére, hogy liofilizált málna tömege kevesebb volt, mint testvérében a liofilizált fekete ribizli. Megjegyzendő, hogy e mintánál megemelkedik a por érzet kedveltség

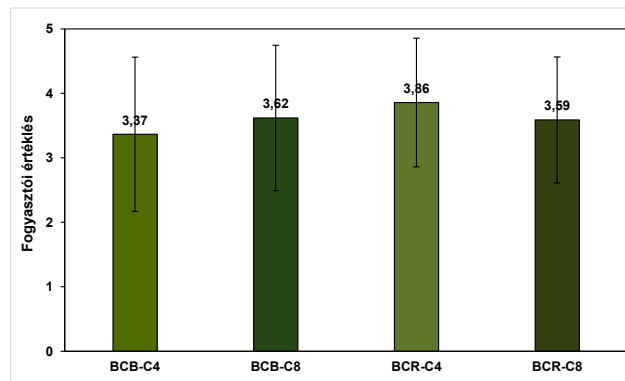
rontó hatása, de alacsony százalékos megoszlással, míg a BCB-C4 esetében a por érzet fordítva tevődik össze, vagyis a 4%-os algakoncentráció mellett nem egységes az intenzív por érzet.

Nagyobb algakoncentrációk mellett másfajta eloszlást tapasztaltam az érzékszervi tényezőkön belül, a BCB-C8 (22./b. ábra) már hangsúlyosabbá válik az erőteljes por érzet, ami kritikus tényezőnek számít az összes közül. Tehát, az alkalmazott aprítási nem elegendő, más módszerekhez kell folyamodni a további termékgyártás során. A gyenge gyümölcsös íz szintén magasabb *Mean drops* értéket és nagyobb százalékos megoszlást adott, ami egyezik a BCB-C4 mintánál, vagyis a liofilizált feketeribizli arányán növelni érdemes. Ehhez kapcsolódóan az erősen savanyú íz negatív *Mean drops* értékkel és nagy fogyasztói érzékeléssel bír, vagyis pozitív hatással volt a kedveltségre. Vagyis a gyümölcs mennyiséget érdemes növelni, mivel ezzel növekszik a savanyú íz is, így együttesen lehet növelni a kedveltséget. Az erős íz kisebb *Mean drops* értéket ért el a BCB-C4-es mintához képest, bár a mögötte lévő fogyasztói arány megemelkedett. A C8-os minták esetében kiemelkedik a tényezők tengeréből a lassan olvadónak is megfogalmazható *+Olvasdas\_JAR*, ami az előzőekben már leírt kakaóvaj arány csökkenésével magyarázható.

A BCR-C8-as minta (22./d. ábra) esetében nagyobb mértékben tömörültek az érzékszervi paraméterek, továbbá a kritikus paraméterek mögötti százalékos megoszlás alacsonyabb, mint a többi minta esetében. Itt is megjelenik a poros érzet, de más érzékszervi tényezők kedveltség rontó hatása erősebbnek bizonyult. A BCB-C8-as mintánál tapasztaltakhoz hasonlóan a gyenge gyümölcsös íz nagy *Mean drop* értéket hozott, azonban az erősen savanyú íz feljebb kúszott *Mean drop* értékben, igaz, kevesebb százalékos megoszlás mellett. Szokatlanul kritikus értéként megjelenik a gyenge édes és intenzív általános íz tényezők, melyeket eddig csak a BCB-C4-nál tapasztaltam. A C8-as testvérével megegyező kakaóvaj tartalommal bíró BCR-C8 olvadási faktora már nem ugrik ki, megbújik a többi tényező között alacsony *Mean drop* és alacsony százalékos megoszlás értékével. A mintát úgy érdemes tovább fejleszteni, hogy növelni érdemes az édes és gyümölcsös ízt, de utóbbival érdemes vigyázni, mivel az erősen savanyú íz szintén magas *Mean drop* értékkel rendelkezik. Ergo e mintánál érdemesebb lehetne elhagyni kis mennyiségű citromsavat, és mennyiségét a liofilizált málnával lehetne pótolni.

A bírálói értékelések még nem értek véget a JAR skálán végzett megkérdezésekkel, a kóstolásban részt vevő személyek egytől ötig terjedő skálán értékelték az algával dúsított csokoládékockákat. Az eredmények átlagértékeit és szórásait a 23. ábra mutatja.

**23. ábra:** Az algával dúsított csokoládék kedveltségi értékeléseinek átlagértékei és szórásai  
(Forrás: saját munka)



Az értékelések összesítésénél (23. ábra) nagy szórásokat és nagyon kicsi eltéréseket tapasztaltam az átlagértékek között. Legnagyobbra értékelt mintának a 4%-nyi alगतartalommal bíró BCR-C4 bizonyult, ámár megjegyzendő, hogy nem az alacsony alगतartalma miatt – aminek következtében gyengébb alga íz is párosult – értékelték a bírálók, mivel a BCR-C4-et a két 8%-os minta, előbb BCB-C8, majd BCR-C8 követi, hajszálnyi különbséggel. Minden minta értékelése homogénnek bizonyult, egyik minta sem lett szélsőségesen alulértékelve, illetve egyiket sem magasztalták az egekbe.

Érdeemes zárásként megemlíteni, hogy a bírálatban résztvevő személyektől megkérdezésre került a kóstolást megelőzően az alga fogyasztás érintettsége, meglepő módon a válaszadók 44,4% (tehát 28 fő) fogyasztott, illetve fogyaszt rendszeresen algát, például alga kapszulát, alga poros smoothie-t. A nők nagyobb arányban fogyasztanak algát, ugyanakkor ez a megállapítás torzíthat a tekintetben, hogy a bírálatra felkért férfiak utasították vissza a kóstálást nagyobb arányban az algával szemben tanúsított ellenérzések következtében, mint a nők.

*Az érzékszervi vizsgálatok megmutatták, hogy különbséget lehet tenni az algát két koncentrációban tartalmazó minták között, azonban a csoportokon belül nem minden tényező egyezik meg. A Penalty analysis megmutatta, hogy a minták minimális fejlesztési potenciállal rendelkeznek, továbbá érdekes módon magas, homogén összkedveltség alakultak ki.*

## 5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Az  $L^*$  érték emelkedése egyértelműen a tárolás során kialakuló zsírvirágzás megjelenését tükrözi vissza (Briones és Aguilera, 2005). Furcsának találhatjuk, hogy a nagyon mély színű, nagy alga tartalmú BCB-C8-as és BCR-C8-as minták (lásd a 6. ábrán) értékei a legkisebbek az összes  $C^*$  értékek közül. Ezt a jelenséget figyelték meg Genc Polat és munkatársai (2020), akik megjegyzik, hogy a króma kapcsolatban van a fényvisszaverődés nagyságával.

A színtabilitást is vizsgáló Genc Polat és munkatársai (2020) maximális értékei nem haladták meg a  $\Delta E^*=2$  értéket, bár jóval kisebb koncentrációjú algával dolgoztak – melynek felső határa 0,75% volt –, továbbá az alapul szolgáló fehér csokoládéjuk a rövid ideig is tartó, gyorsított tárolás során jóval stabilabbnak bizonyult, mint a szőke csokoládé (BC) mintám.

Az algával dúsított minták (BCB-C4, BCB-C8, BCR-C4, BCR-C8) értékei koncentrációtól függetlenül jellegzetes lejtős lefutást vesznek fel, míg a kontroll úgynevezett platót alakít ki. Azonban, e jelenség okára a tárolást követő visszamérésekor derült fény. A kontroll minta temperálása jó volt, azonban a méréskor még zsírkristály szerkezete nem volt végleges, mivel temperáláskor csak  $\beta(V)$  poliform magokat hozunk létre, melyek később létrehozzák a végleges zsírkristály szerkezetet (Windhab, 2017; Beckett, 2008).

Kétségtelen, hogy a tárolást megelőző BC minta hiányos szerkezete zavaró hatással bírt a mérésre és az értékelésre, viszont a tárolást követő mérések eredményeivel is tudunk következtetni a változásokra. De még így is elmondhatjuk, hogy az alga, mint dúsítóanyag koncentrációjának növekedése szignifikánsan csökkenti a minták keménység tényezőit, a hosszú ideig tartó tárolást megelőzően. Keménység emelkedéséről számoltak be Özbal és munkatársai (2022), akik *Arthrospira platensis* hozzáadását vizsgálták fehér csokoládék esetében. De nemcsak algával való dúsítást követően fordul elő keménység érték növekedés. Lončarević és munkatársai (2018) fehér csokoládéhoz porlasztva szárított áfonyát adtak 6-8-10% koncentrációban, és keménység növekedést figyeltek meg – szignifikánsan a 10% esetében – mely véleményük szerint a mátrixban egyre csökkenő szabad zsírtartalommal magyarázható. Nemcsak ettől az egy tényezőtől függ e fizikai paraméter. Hartel és munkatársai (2017) a jól temperált csokoládé *super lativusai* között említi a nagy keménységet. Bonyolítja a csokoládé minták mátrixát az alga olajtartalma, mivel a felhasznált alga légszáraz tömegének 7,9%-a zsíradék (lásd az 1. Mellékletben). A *Chlorella pyrenoidosa* zsírsav profilját jellemzően palmitinsav (C16:0), olajsav (C18:1), linolsav (C18:2) és linolénsav (C18:3) teszi ki, de kisebb mennyiségben megtalálunk benne palmitolajsavat (C16:1) és sztearinsavat (C18:0) is, azonban

mennyiségüket befolyásolják a környezeti körülmények (Wu és Miao, 2014; Zhang és munkatársai, 2019). Arra vonatkozóan, hogy az alga hozott zsiradék hogyan befolyásolja a csokoládé minták zsírtartalommal kapcsolatos tulajdonságait, javasolt a vizsgálatot pásztázó differenciális kaloriméterrel (*Differential Scanning Calorimetry/ DSC*) folytatni. A tárolás során bekövetkező puhulásról számolnak be Nightingale és munkatársai (2011), akik azt tapasztalták, hogy 8 hetes tárolás során 23,0°C-on tárolt csokoládék keménysége a kiindulási állapothoz képest csökken, továbbá magas hőmérsékleten (30,5°C) jobban puhul a csokoládé, ha ingadozik a külső hőmérséklet, mintha állandó lenne. Mérésim során hasonló eredményeket kaptam én is.

A mátrixban elrejtve megtalálható a fehércsokoládé fontos alkotórésze a tejalkotó. Groves (2009) szerint a porlasztva szárított sovány tejkomponensek fekete pöttyökkel tarkított buborék formában jelennek meg a mikroszkóp alatt, ugyanakkor a 13./a. ábra középpontjában kivehető ilyen képlet kevés fekete pöttyöt mutat, ami jelentheti azt is, hogy a felülete még mindig kakaóvajjal van bevonva a konsolás következtében.

Az idegen anyag tartalom, vagyis a dúsítmányok megjelenése a viszkozitást kisebb mértékben emeli, de amennyiben az alगतartalmat megnöveljük 8%-ra, hirtelen ugrást tapasztaltam a minták viszkozitásgörbéjében és 40 s<sup>-1</sup>-nál mért látszólagos viszkozitásban. Afoakwa és munkatársai (2008) szerint pedig ez pont fordítva történik, méréseik azt igazolják, hogy a látszólagos viszkozitás értéke lejjebb tolódik a nagy szemcseméret arányának emelkedésével, amennyiben alacsony a zsírtartalom. Do és munkatársai (2007) szerint a zsírtartalom 25-30% közötti tartományában való növelésével és ezzel párhuzamosan a durva részecskék (>30 µm) arányának emelkedésével csökken viszkozitás. Glicerina és munkatársai (2013, 2015a, 2015b) rámutatnak, hogy a konsolást megelőzően a csokoládé látszólagos viszkozitása radikálisan magasabb, mint a konsolt csokoládéké.

Úgy gondolom, hogy a mintáim látszólagos viszkozitásának emelkedését több tényező együttes hatása váltotta ki. Egyrészt a megnövekedett szabálytalan *C. pyrenoidosa* részecskék száma (kisebb mennyiségben a liofilizált gyümölcsöké is), ami jól látható a 13. ábrán. A szedres felszínnek köszönhetően lényegesebb több szabad zsiradék tapadhat a felszínhez, ami csökkenti a viszkozitás számára kardinális fontosságú szabadon folyó zsiradékot, aminek a következménye a viszkozitás emelkedése (Beckett, 2008). És mivel magyarázhatjuk, hogy BC a C4-es csoport mintái látszólagos viszkozitás értékeihez viszonyítva bár szignifikánsan nagyobbak, de mégis közel állnak egymáshoz? A BC 30%-os kakaóvaj tartalommal bírt, BCB és BCR minták elkészítése során további kakaóvaját adtam (1. táblázat), vagyis ez a plusz mennyiség elegendő volt ahhoz, hogy ellensúlyozza a 4% össztömegnek megfelelő alga

mennyiség viszkozitás emelő hatását, 30,7% kakaóvajtartalom mellett, de már nem volt elegendő ahhoz, hogy a 8% algamennyiségnek is ellentartson, így érvényesülni tudott szárazanyag viszkozitásnövelő hatása (Servais és munkatársai, 2002).

Afoakwa és munkatársai (2008) determinálják, hogy a nagy szemcseméret arány növekedésével csökken, a zsírtartalom csökkenésével nő a folyáshatár. Beckett (2008) azt mondja, hogy a zsírtartalom változása a viszkozitást befolyásolja radikálisan, mintsem a folyáshatárt, mivel ez a részecskék közötti kölcsönhatás eredménye. Véleményem szerint lehetséges magyarázat a folyáshatár emelkedésének jelenségére, hogy a nagy arányú csokoládé idegen anyag, az alga por olyan erős kohéziót alakít ki a masszán belül, ami már elegendő ahhoz, hogy a minták folyáshatár értékeit érdemben befolyásolja, és növelje azokat.

Genc Polat és munkatársai (2020) alacsony alga koncentráció mellett végzett kísérleteikben nem figyeltek meg szignifikáns eltérést a Casson folyáshatár és a Casson viszkozitás viszonylatában. Lončarević és munkatársai (2019) zöld tea kivonattal dúsított fehér csokoládéi esetében a koncentráció emelkedésével szintén Casson folyáshatár és Casson viszkozitás szignifikáns emelkedéséről számoltak be.

Windhab (1995) azt állítja, hogy a nagy koncentrációban megjelenő méreteiben nagyobb részecskék közötti kölcsönhatás következtében feljebb tolódik a folyásérték, ezt láthatjuk a BCB-C8 és BCR-C8 minták eredményein. Alacsonyabb alga koncentráció (BCB-C4, BCR-C4) mellett nincs olyan erős kölcsönhatás, ezért inkább nagyobb kakaóvajtartalom folyáshatár csökkentő hatása dominálhat (Afoakwa és munkatársai, 2008; Beckett, 2008).

Biztosan nem állíthatjuk ezen eredményekből, hogy a mintakészítés során alkalmazott konszolidáció csökkentené a tixotrópiát (Glicerina és munkatársai, 2015a, Glicerina és munkatársai, 2015b) mivel az alga koncentráció emelkedése megkövetelné a tixotrópai emelkedését minden esetben, mivel új kakaóvajjal bevonandó felület kerül a rendszerbe. A C8-as minták esetében – a bekerülő dúsítóanyagoknak köszönhetően arányában – alacsonyabb kakaóvaj tartalom is tixotrópia növelő hatással kéne járnia minden esetben, továbbá a nagy részecskék arányának növekedése (Do és munkatársai, 2007). A kérdéses helyzetet talán Barnes (1997) tudja feloldani, aki azt mondja hiszterézishurok eljárás inkább kvalitatív, mintsem kvantitatív módszer, továbbá olyan rendszerek esetében, ami maga is változik a nyírési sebesség változtatásával – vagyis a nem-newtoni rendszerek – nem alkalmazható, mivel itt szükségszerűen is változni fog a viszkozitás.

## 6. ÖSSZEFOGLALÁS

Diplomadolgozatom keretében a Maillard reakción átment fehér csokoládét, az úgynevezett szőke csokoládét dúsítottam fel 4%, illetve 8% *Chlorella pyrenoidosa* algaporral. A további kedvezőbb fogyasztói elfogadás végett további dúsítóanyagokat adtam a csokoládéhoz, úgymint liofilizált fekete ribizlit és liofilizált málnát, illetve utóbbihoz citromsavat is. Így négy különböző összetételű minta tulajdonságait vizsgáltam.

A színmérések eredményeként megállapítható, hogy a különböző alga koncentrációval bíró minták kellőképpen differenciálódnak egymástól a mért és számolt paraméterek esetében. A három hónapos tárolást követően az alga stabilitása változó irányba mozdult el, sőt kisebb mértékű feltételezhetően zsírvirágzás is megfigyelhető volt.

A két koncentrációban adagolt algapor szignifikáns mértékben csökkentette a csokoládék keménységét, azonban a két mintacsoport (4%, 8% algatartalom) között nem volt megfigyelhető szignifikáns különbség sem a maximális keménység, sem pedig a penetrációs munka esetében. A tárolást követően a minták értékei csökkenésnek indultak, bár volt olyan minta, melynek keménységi paraméterei az ellenkező irányba mozdultak el.

A mintakészítés során alkalmazott technológiai műveleti lépés, melangeuri aprítással összekötött konsolás határfokát kettő módszerrel vizsgáltam. A mintákban megfigyelhető volt fénymikroszkóp segítségével a nagy szemcseméretű dúsítóanyagok jelenléte (alga, liofilizált gyümölcsök), mely a melangeur-ben történő aprító munka rossz teljesítményéről tanúskodnak.

Az alkalmazott fehér csokoládé reológiai tulajdonságait, az adott fizikai paramétertől függően az algapor kisebb, de inkább nagyobb mértékben megváltoztatta. A folyáshatárt és a látszólagos viszkozitást a növekvő alga koncentráció megemelte olyan mértékben, hogy az így kapott csokoládék technológiai alkalmazhatóságát is megváltoztatta ezáltal. A mintákban lévő 4 százaléknyi algatartalom a viszkozitást már szignifikánsan megemeli, azonban a folyáshatárra nincs hatással. A dupla mennyiségű alga esetében inkább táblázásra, mint mártásra alkalmas csokoládét kaptam.

A folyásgörbékre fektetett négy reológiai modell közül a Windhab modell adta a legnagyobb determinációs együtthatót, a legkisebb RMSE értékkel. Így e modell tűnik alkalmasnak az algával dúsított minták mellett a fehér csokoládé folyási tulajdonságainak leírására.

A hatékony konsolás másik mutató száma az alacsony tixotrópiás érték. Az alkalmazott módszerek, a hiszterézishurok területe és a 3ITT eredményei között nincsen egyezés. A

tixotrópiás viselkedés megjelent az algával dúsított mintákban, bár a két módszer eltérő érzékenységgel jelzi azt. A hiszterézishurkok szerint mindegyik algával dúsított minta mutatott tixotrópiás változást, ezzel szemben a 3ITT módszere csak a 8%-os alga koncentráció esetén.

A 63 személy részvételével készített, korszerűnek is mondható érzékszervi vizsgálat bemenő adataiban már különbséget tudunk tenni a két, algartalomban különböző csokoládék között. Az ezen adatokból készített *Penalty analysis* eredményei szerint csak kisebb mértékű továbbfejlesztések szükségesek. Az általános kedveltség szempontjából a minták közel azonos értéket értek el.

## IRODALOMJEGYZÉK

1. Aeschlimann, J.-M.; Beckett S. T. (2000): International inter-laboratory trials to determine the factors affecting the measurement of chocolate viscosity. *Journal of Texture Studies*. 31(5), 541–576. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.2000.tb01019.x>
2. Afoakwa, E. O. (2010): *Chocolate Science and Technology*. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd. Online ISBN: 9781444319880. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781444319880>
3. Afoakwa, E.O.; Paterson, A.; Fowler, M. (2008): Effects of particle size distribution and composition on rheological properties of dark chocolate. *European Food Research and Technology*. 226(6), 1259 – 1268. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00217-007-0652-6>
4. Aydın, N.; Kian-Pour, N.; Toker, O. S. (2021): Caramelized white chocolate: effects of production process on quality parameters. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 15(4), 3182–3194. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11694-021-00890-1>
5. Barnes, H. A. (1997): Thixotropy - A review. *Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics*. 70(1-2), 1–33. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0377-0257\(97\)00004-9](https://doi.org/10.1016/S0377-0257(97)00004-9)
6. Batista de Oliveira, T. T.; Miranda dos Reis, I.; Bastos de Souza, M.; da Silva Bispo, E.; Fonseca Maciel, L.; Druzian, J. I.; Lordelo Guimarães Tavares, P. P.; de Oliveira Cerqueira, A.; dos Santos Boa Morte, E.; Abreu Glória, M. B.; Lima Deus, V.; Radomille de Santana, L. R. (2021): Microencapsulation of Spirulina sp. LEB-18 and its incorporation in chocolate milk: Properties and functional potential. *LWT*. 148, Paper 111674, 8 p. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111674>
7. Batista, A.P.; Niccolai, A.; Fradinho, P.; Fragoso, S.; Bursic, I.; Rodolfi, L.; Biondi, N.; Tredici, M. R.; Sousa, I.; Raymundo, A. (2017): Microalgae biomass as an alternative ingredient in cookies: Sensory, physical and chemical properties, antioxidant activity and in vitro digestibility. *Algal Research*. Volume 26, 161–171. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.algal.2017.07.017>
8. Beckett, S. T. (2008): *The Science of Chocolate*. London: The Royal Society of Chemistry. Online ISBN: 978-1-84755-805-3. DOI: <https://doi.org/10.1039/9781847558053>
9. Beckett, S. T.; Paggios, K.; Roberts, I. (2017): Conching. In: Beckett, S. T.; Fowler, M. S; Ziegler, G. R. (szerk.): *Beckett's Industrial Chocolate Manufacture and Use. Fifth Edition*. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd. pp. 241–273. Online ISBN: 9781118923597. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781118923597.ch10>
10. Breen, S. P.; Etter, N. M.; Ziegler, G. R.; Hayes, J. E. (2019): Oral somatosensory acuity is related to particle size perception in chocolate. *Scientific Reports*. 9(1), 7437. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-43944-7>
11. Briones, V.; Aguilera, J. M. (2005): Image analysis of changes in surface color of chocolate. *Food Research International*. 38(1), 87–94. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2004.09.002>
12. Chevalley, J. (1991): AN ADAPTATION OF THE CASSON EQUATION FOR THE RHEOLOGY OF CHOCOLATE. *Journal of Texture Studies*. 22(2), 219–229. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.1991.tb00015.x>
13. Christaki, E.; Florou-Paneri, P.; Bonos, E. (2011): Microalgae: A novel ingredient in nutrition. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 62(8), 794–799. DOI: <https://doi.org/10.3109/09637486.2011.582460>
14. de Jonge, N.; Kaszab, T.; Badak-Kerti, K. (2023): Physical properties of different nut butters. *Progress in Agricultural Engineering Sciences*. 19(S1), 77–86. DOI: <https://doi.org/10.1556/446.2023.00085>
15. Do, T.-A. L.; Hargreaves, J. M.; Wolf, B., Hort, J.; Mitchell, J.R. (2007): Impact of particle size distribution on rheological and textural properties of chocolate models with reduced fat content. *Journal of Food Science*. 72(9), E541–E552. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00572.x>

16. Ekantari, N.; Budhiyanti, S. A.; Fitriya, W.; Hamdan, A. B.; Riady, C. (2019): Stability of chocolate bars fortified with nanocapsules carotenoid of *Spirulina platensis*. *IOP conference series: earth and environmental science*. 370(1), Paper 012079, 14 p. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/370/1/012079>
17. Fincke, H. (1936): *Handbuch der Kakaoerzeugnisse*. Berlin: Verlag von Julius Springer
18. Genç Polat, D.; Durmaz, Y.; Konar, N.; Tokar, O. S.; Palabiyik, I.; Tasan, M. (2020): Using encapsulated *Nannochloropsis oculata* in white chocolate as coloring agent. *Journal of Applied Phycology*. 32(5), 3077–3088, DOI: <https://doi.org/10.1007/s10811-020-02205-1>
19. Gere, A.; Kovács, S.; Pásztor-Huszár, K.; Kókai, Z.; Sipos, L. (2014): Comparison of preference mapping methods: A case study on flavored kefir. *Journal of Chemometrics*. 28(4), 293–300. DOI: <https://doi.org/10.1002/cem.2594>
20. Gere, A.; Szabó, Zs.; Pásztor-Huszár, K.; Orbán, Cs.; Kókai, Z.; Sipos, L. (2017): Use of JAR-Based Analysis for Improvement of Product Acceptance: A Case Study on Flavored Kefirs. *Journal of Food Science*. 82(5), 1200–1207. DOI: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13701>
21. Glicerina, V.; Balestra, F.; Dalla Rosa, M.; Romani, S. (2013): Rheological, textural and calorimetric modifications of dark chocolate during process. *Journal of Food Engineering*. 119(1), 173–179. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.05.012>
22. Glicerina, V.; Balestra, F.; Dalla Rosa, M.; Romani, S. (2015b): Effect of manufacturing process on the microstructural and rheological properties of milk chocolate. *Journal of Food Engineering*. 145, 45–50. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.06.039>
23. Glicerina, V.; Balestra, F.; Rosa, M. D.; Romani, S. (2015a): Microstructural and Rheological Properties of White Chocolate During Processing. *Food and Bioprocess Technology*, 8(4), 770–776. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11947-014-1443-2>
24. Glicerina, V.; Romani S. (2017): Advances in Yield Stress Measurements for Chocolate. In: Ahmed, J; Ptaszek, P.; Basu, S. (szerk.): *Advances in Food Rheology and Its Applications*. Amsterdam: Elsevier. pp. 459–481. Online ISBN: 978-0-08-100432-6. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100431-9.00018-8>
25. Groves, K. (2009): Using microscopy to understand the properties of confectionery products. In: Talbot, G. (szerk.): *Science and Technology of Enrobed and Filled Chocolate, Confectionery and Bakery Products*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited. pp. 285–309. Online ISBN: 978-1-84569-643-6. DOI: <https://doi.org/10.1533/9781845696436.2.285>
26. Hartel, R. W.; von Elbe, J. H.; Hofberger, R. (2017): *Confectionery Science and Technology*. Cham: Springer. Online ISBN: 978-3-319-61742-8. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-61742-8>
27. Hendrik, N. J.; Marchesini, F. H.; Van de Walle, D.; Dewettinck, K. (2023): Accurate Evaluation of the Flow Properties of Molten Chocolate: Circumventing Artefacts. *Food Analytical Methods*. 16(1), 190–205. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12161-022-02406-z>
28. Hii, C.L.; Law, C.L.; Cloke, M. (2009): Modeling using a new thin layer drying model and product quality of cocoa. *Journal of Food Engineering*. 90(2), 191–198. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.06.022>
29. Hlaing, S. A. A.; Sadiq, M. B.; Anal, A. K. (2020): Enhanced yield of *Scenedesmus obliquus* biomacromolecules through medium optimization and development of microalgae based functional chocolate. *Journal of Food Science and Technology*. 57(3), 1090–1099, DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04144-3>
30. IOCCC (2000): *Viscosity of Cocoa and Chocolate Products*. Analytical Method 46 – 2000. Brüssel: International Office of Cocoa, Chocolate and Sugar Confectionery
31. Koyande, A. K.; Chew, K. W.; Rambabu, K.; Tao, Y.; Chu, D.-T.; Show, P.-L. (2019): Microalgae: A potential alternative to health supplementation for humans. *Food Science and Human Wellness*. 8(1), 16–24. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2019.03.001>

32. Lončarević, I.; Pajin, B.; Fišteš, A.; Tumbas Šaponjac, V.; Petrović, J.; Jovanović, P.; Vulić, J.; Zarić, D. (2018): Enrichment of white chocolate with blackberry juice encapsulate: Impact on physical properties, sensory characteristics and polyphenol content. *LWT*. 92, 458–464. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.03.002>
33. Lončarević, I.; Pajin, B.; Tumbas Šaponjac, V.; Petrović, J.; Vulić, J.; Fišteš, A.; Jovanović, P. (2019): Physical, sensorial and bioactive characteristics of white chocolate with encapsulated green tea extract. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 99(13), 5834–5841. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.9855>
34. Luo, M. R. (2016): CIELAB. In: Luo, M. R. (szerk.): *Encyclopedia of Color Science and Technology*. New York: Springer. pp. 207–212. Online ISBN: 978-1-4419-8071-7. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-1-4419-8071-7\\_11](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-8071-7_11)
35. Macsihin, J., A.; Macsihin, Sz, A. (1987): Élelmiszeripari termékek reológiája. Budapest: Mezőgazdasági Kiadó. ISBN: 963 232 404 8
36. Magyar Élelmiszerkönyv 1-3-2000/36 számú előírása az emberi fogyasztásra szánt kakaó- és csokoládétermékekről. Hatályos 2010. április 28-tól. Forrás: [https://elelmiszerlanc.kormany.hu/download/9/2b/a2000/1-3-2000\\_36.pdf](https://elelmiszerlanc.kormany.hu/download/9/2b/a2000/1-3-2000_36.pdf) (Letöltés dátuma: 2025.02.04.)
37. Mendes, M. C.; Navalho, S.; Ferreira, A.; Paulino, C.; Figueiredo, D.; Silva, D.; Gao, F.; Gama, F.; Bombo, G.; Jacinto, R.; Aveiro, S. S.; Schulze, P. S. C.; Gonçalves, A. T.; Pereira, H.; Gouveia, L.; Patarra, R. F.; Abreu, M. H.; Silva, J. L.; Navalho, J.; Varela, J. C. S.; Speranza, L. G. (2022): Algae as Food in Europe: An Overview of Species Diversity and Their Application. *Foods*. 11(13), Paper 1871, 36 p. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods11131871>
38. Mezger, T. G. (2014): *The Rheology Handbook*. 4<sup>th</sup> Edition. Hannover: Vincentz Network. ISBN: 978-3-86630-650-9
39. Nemcsics, A. (1990): SZINDINAMIKA Színes környezet tervezése. Budapest: Akadémiai kiadó. ISBN: 963 05 4602 7
40. Nightingale, L. M.; Lee, S.-Y.; Engeseth, N. J. (2011): Impact of Storage on Dark Chocolate: Texture and Polymorphic Changes. *Journal of Food Science*. 76(1), C142–C153. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01970.x>
41. Özbal, B.; Çelekli, A.; Gün, D.; Bozkurt, H. (2022): Effect of *Arthrospira platensis* incorporation on nutritional and sensory attributes of white chocolate. *International Journal of Gastronomy and Food Science*. 28, Paper 100544, 8 p. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2022.100544>
42. Pulz, O.; Gross, W. (2004): Valuable products from biotechnology of microalgae. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 65(6), 635–648. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00253-004-1647-x>
43. Rodier, L. C.; Hartel, R. W. (2021): Characterizing Maillard reaction kinetics and rheological changes in white chocolate over extended heating. *Journal of Food Science*. 86(6), 2553–2568. DOI: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15772>
44. Rothman, L.; Parker, M. J. (szerk.) (2009): Just-About-Right (JAR) Scales: Design, Usage, Benefits, and Risks. West Conshohocken: ASTM International. Online ISBN: 978-0-8031-6739-1. DOI: <https://doi.org/10.1520/MNL63-EB>
45. Safi, C.; Zebib, B.; Merah, O.; Pontalier, P.-Y.; Vaca-Garcia, C. (2014): Morphology, composition, production, processing and applications of *Chlorella vulgaris*: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 35, 265–278. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.04.007>
46. Servais, C.; Jones, R.; Roberts, I. (2002): The influence of particle size distribution on the processing of food. *Journal of Food Engineering*. 51(3), 201–208. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(01\)00056-5](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(01)00056-5)

47. Servais, C.; Ranc, H.; Roberts, I. D. (2003): Determination Of Chocolate Viscosity. *Journal Of Texture Studies*, 34(5-6), 467–497. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.2003.tb01077.x>
48. Sokmen, A.; Gunes, G. (2006): Influence of some bulk sweeteners on rheological properties of chocolate. *LWT*. 39(10), 1053–1058. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2006.03.002>
49. Stauffer, M. B. (2017): Quality control and shelf life. In: Beckett, S. T.; Fowler, M. S; Ziegler, G. R. (szerk.): *Beckett's Industrial Chocolate Manufacture and Use. Fifth Edition*. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd. pp. 532–554. Online ISBN: 9781118923597. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781118923597.ch23>
50. Szántó S. (1968): Édesipari Technológia. Budapest: Műszaki Könyvkiadó
51. Szentgyörgyvölgyi R. (1971): Januári eredményei biztatóak. *Élelmészeti dolgozó*. LXV(2), 1.
52. Vercet, A. (2003): Browning of white chocolate during storage. *Food Chemistry*. 81(3), 371–377. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00452-1](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00452-1)
53. Windhab, E. J. (1995): Rheology in food processing. In: Beckett, S.T. (szerk.) *Physico-Chemical Aspects of Food Processing*. Boston: Springer. pp. 80–116. Online ISBN: 978-1-4613-1227-7 DOI: [https://doi.org/10.1007/978-1-4613-1227-7\\_5](https://doi.org/10.1007/978-1-4613-1227-7_5)
54. Windhab, E., J. (2017): Tempering. In: Beckett, S. T.; Fowler, M. S; Ziegler, G. R. (szerk.): *Beckett's Industrial Chocolate Manufacture and Use. Fifth Edition*. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd. pp. 314–355. Online ISBN: 9781118923597. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781118923597.ch13>
55. Wohlmuth, E. G. (2017): Recipes. In: Beckett, S. T.; Fowler, M. S; Ziegler, G. R. (szerk.): *Beckett's Industrial Chocolate Manufacture and Use. Fifth Edition*. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd. pp. 492–508. Online ISBN: 9781118923597. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781118923597.ch20>
56. Wolf, B. (2017): Chocolate flow properties. In: Beckett, S. T.; Fowler, M. S; Ziegler, G. R. (szerk.): *Beckett's Industrial Chocolate Manufacture and Use. Fifth Edition*. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd. pp. 274–297. Online ISBN: 9781118923597. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781118923597.ch11>
57. Wu, H.; Miao, X. (2014): Biodiesel quality and biochemical changes of microalgae *Chlorella pyrenoidosa* and *Scenedesmus obliquus* in response to nitrate levels. *Bioresource Technology*. 170, 421–427. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.08.017>
58. Yeh, K.-L.; Chang, J.-S. (2011): Nitrogen starvation strategies and photobioreactor design for enhancing lipid content and lipid production of a newly isolated microalga *Chlorella vulgaris* ESP-31: Implications for biofuels. *Biotechnology Journal*. 6(11), 1358–1366. DOI: <https://doi.org/10.1002/biot.201000433>
59. Zhang, L.; Wang, N.; Yang, M.; Ding, K.; Wang, Y.-Z.; Huo, D.; Hou, C. (2019): Lipid accumulation and biodiesel quality of *Chlorella pyrenoidosa* under oxidative stress induced by nutrient regimes. *Renewable Energy*. 143, 1782–1790. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.05.081>
60. Ziegleder, G.; Amanitis, A.; Hornik, H. (2004): Thickening of molten white chocolates during storage. *LWT*, 37(7), 771–778. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2004.02.016>
61. Ziegler, G. R.; Hogg, R. (2017): Particle size reduction. In: Beckett, S. T.; Fowler, M. S; Ziegler, G. R. (szerk.): *Beckett's Industrial Chocolate Manufacture and Use. Fifth Edition*. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd. pp. 216–240. Online ISBN: 9781118923597. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781118923597.ch9>

# TÁBLÁZATOK ÉS ÁBRÁK JEGYZÉKE

## Táblázatjegyzék

- 1. táblázat:** A minták kakaóvaj tartalmi és anyagnormái 1 kilogramm késztermékre vetítve ..... 15
- 2. táblázat:** A 13. ábrán látható *FERET\_MIN* és *FERET\_MAX* méretek és mikrométer [ $\mu\text{m}$ ] dimenzióba ..... 28
- 3. táblázat:** Casson modell változóinak ( $\tau_c$  – Casson folyáshatár;  $\eta_c$  – Casson viszkozitás) átlagai és szórásai a kontroll minták (BC, WCE, WCM) és az algával dúsított minták esetében, valamint ANOVA eredmények ( $p < 0,05$ ) ..... 34
- 4. táblázat:** Windhab modell változóinak ( $\tau_0$  – statikus folyáshatár;  $\tau_1$  – dinamikus folyáshatár;  $\dot{\gamma}^*$  – nyírási sebesség  $\tau^*$  pontnál;  $\eta_\infty$  – végtelen viszkozitás) átlagai és szórásai a kontroll minták (BC, WCE, WCM) és az algával dúsított minták esetében, valamint ANOVA eredmények ( $p < 0,05$ ) ..... 35
- 5. táblázat:** Herschel-Bulkley modell változóinak ( $\tau_{HB}$  – Herschel-Bulkley folyáshatár;  $C$  – áramlási együttható;  $p$  – Herschel-Bulkley index) átlagai és szórásai a kontroll minták (BC, WCE, WCM) és az algával dúsított minták esetében, valamint ANOVA eredmények ( $p < 0,05$ ) ..... 36
- 6. táblázat:** Általánosított Casson modell változóinak ( $\tau_c$  – Casson folyáshatár;  $\eta_c$  – Casson viszkozitás;  $n$  – hatványkitevő) átlagai és szórásai a kontroll minták (BC, WCE, WCM) és az algával dúsított minták esetében, valamint ANOVA eredmények ( $p < 0,05$ ) ..... 37
- 7. táblázat:** A reológiai modellek illeszkedésének pontosságát mutató mérőszámok: a determinációs együttható ( $R^2$ ) és becslési hiba [Pa] (RMSE) átlagértékei szórással ..... 39

## Ábrajegyzék

- 1. ábra:** Részecskeméret csökkenés a fehér csokoládé gyártási művelete során. a) begyúrás után; b) előaprítás után, c) finomaprítás után, d) konszolás után, e) temperálás után (Glicerina és munkatársai, 2015a). .... 5
- 2. ábra:** Két módszerrel készített *N. oculata* algát tartalmazó fehér csokoládék. Porlasztva szárított: a) kontroll, b) 0,125%, c) 0,25%, d) 0,5%, e) 0,75. Kapszulázott és porlasztva szárított: f) kontroll; g) 0,125%, i) 0,25%, h) 0,5%, j) 0,75% (Genc Polat és munkatársai, 2020) ..... 10
- 3. ábra:** *Arthrospira platensis* algával dúsított fehér csokoládék: a) kontroll, b) 0,5% alga, c) 1% alga, d) 2% alga, d) 4% alga mennyiség (Özbal és munkatársai, 2022). ..... 12
- 4. ábra:** Az algát nem tartalmazó és a négy fajta algával készített kekszek ..... 13
- 5. ábra:** Balra a feketeribizlis (BCB-C4, BCB-C8), jobbra a málnás (BCR-C4, BCR-C8) minták összetevői .... 16
- 6. ábra:** Színes prégelt alumínium fóliába csomagolt, illetve csomagolatlan minták ..... 17
- 7. ábra:** Tixotropia mérési értékeinek számítása a görbék adataiból: a) Servais és munkatársai (2003) által javasolt módszer; b) 3 Interval Thixotropy Test (Mezger, 2014) ..... 20
- 8. ábra:** Szín mérés  $L^*$  (a);  $a^*$  (b);  $b^*$  (c);  $C^*$  (d),  $h^*$  (e) értékek és ANOVA eredmények ( $p < 0,05$ ) az alapmasszák (BC, BCR, BCB) és az algával dúsított minták (BCB-C4, BCB-C8, BCR-C4, BCR-C8) esetében. A teli színű oszlopok a 0. hónap, a sraffozott oszlopok a 3 hónapos tárolást követő mérések adatait jelentik meg ..... 23
- 9. ábra:** A kontroll (BC, BCB, BCR) és az algával dúsított (BCB-C4, BCB-C8, BCR-C4, BCR-C8) minták tárolást megelőző és az követő mérések adatain alapuló átlagos színíngér különbségei szórással és ANOVA eredménye ( $p < 0,05$ ) ..... 25
- 10. ábra:** Tárolást megelőző állomány mérés átlagadatai időben való ábrázolása ..... 26
- 11. ábra:** A kontroll (BC) és az algával dúsított (BCB-C4, BCB-C8, BCR-C4, BCR-C8) minták átlagos maximális keménység értékei szórással és ANOVA eredménye ( $p < 0,05$ ). A teli színű oszlopok a 0. hónap, a sraffozott oszlopok a 3 hónapos tárolást követő mérések adatait jelentik meg ..... 26
- 12. ábra:** A kontroll (BC) és az algával dúsított (BCB-C4, BCB-C8, BCR-C4, BCR-C8) minták átlagos penetrációs munka [mJ] értékei szórással és ANOVA eredménnyel ( $p < 0,05$ ). A teli színű oszlopok a 0. hónap, a sraffozott oszlopok a 3. hónapos tárolást követő mérések adatait jelentik meg ..... 27
- 13. ábra:** A nagy alga koncentrációs BCR-C8-as (a, b, c) és BCB-C8-as (d, e, f) minták fénymikroszkóppal készített, 10x nagyítású fényképei és az alkotó komponensek méretei ..... 28
- 14. ábra:** Az algával dúsított minták (BCB-C4, BCB-C8, BCR-C4, BCR-C8) és kontroll minta (BC) átlagos nyírófeszültség hurok görbéi a nyírási sebesség függvényében ..... 30

<b>15. ábra:</b> A látszólagos viszkozitás ( $\eta_L$ ) átlagértékei a nyírási sebesség függvényében a kontroll minta (BC) és az algával dúsított minták (BCB-C4, BCB-C8, BCR-C4, BCR-C8).....	30
<b>16. ábra:</b> Az $40\text{ s}^{-1}$ nyírási sebességnél mért látszólagos viszkozitás ( $\eta_L$ ) átlagértékei, szórásai és ANOVA eredménye ( $p<0,05$ ) a kontroll minták (BC, WCE, WCM) és az algával dúsított minták (BCB-C4, BCB-C8, BCR-C4, BCR-C8).....	31
<b>17. ábra:</b> Az $5\text{ s}^{-1}$ nyírási sebességnél mért nyírófeszültség ( $\tau$ ) átlagértékei, szórásai és ANOVA eredménye ( $p<0,05$ ) kontroll minták (BC, WCE, WCM) és algával dúsított minták (BCB-C4, BCB-C8, BCR-C4, BCR-C8) .....	32
<b>18. ábra:</b> BCB-C4 és BCR-C8 minták leghomogénebb párhuzamos méréseire illesztett reológiai modellek: a) Casson modell; b) Windhab modell; c) Herschel-Bulkley modell; d) általánosított Casson modell.....	33
<b>19. ábra:</b> Tixotrópiás viselkedés átlaga, szórásai és ANOVA eredménye ( $p<0,05$ ) a kontroll (BC, WCE, WCM) és az algával dúsított minták (BCB-C4, BCB-C8, BCR-C4, BCR-C8) esetében Servais és munkatársai (2003) módszere alapján .....	40
<b>20. ábra:</b> Tixotrópiás viselkedés átlag mutatószámai és szórásai a kontroll (BC, WCE, WCM) és az algával dúsított minták (BCB-C4, BCB-C8, BCR-C4, BCR-C8) esetében a 3ITT ( <i>3 Interval Thixotropy Test</i> ) módszer szerint.....	41
<b>21. ábra:</b> JAR adatok százalékos megoszlásai a megkérdezett érzékszervi paraméterek esetében: a) BCB-C4; b) BCB-C8; c) BCR-C4; d) BCR-C8 .....	42
<b>22. ábra:</b> Az algával dúsított csokoládék <i>Mean drop</i> diagramjai: a) BCB-C4;b) BCB-C8; c) BCR-C4; d) BCR-C8 .....	45
<b>23. ábra:</b> Az algával dúsított csokoládék kedveltségi értékeléseinek átlagértékei és szórásai .....	47

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönettel és hálával tartozom főkonzulensemnek Dr. Kaszab Tímeának, aki diplomadolgozatomat felkarolva végig támogatott, ösztönzött és segítő kezet nyújtott minden pillanatban. Köszönettel tartozom továbbá Badakné dr. Kerti Katalinnak, aki édesipari vonalon támogatott és indította el munkámat. Köszönöm Molnárné Jakab Ivettnek az izgalmas témafelvetést.

Továbbá köszönettel tartozom Bokros Krisztinának a Puratos Zrt-től, aki a diplomadolgozatom elkészítéséhez a csokoládéalapanyagokat biztosította. Hálás köszönet illeti Dr. Gere Attilát az érzékszervi vizsgálatoknál nyújtott segítségével.

Köszönet illeti Román Esztert, Stéhli Ildikót, Molnárné Fürst Piroskát, Újhelyi Ágneszt és Varga Ramónát, akik az ipar oldaláról segítették munkámat.

Végső soron köszönettel és hálával tartozom családomnak, akik végig támogattak engem.

# MELLÉKLETEK

## I. melléklet – Alapanyagok termékspecifikációs adatlapjai

### 1. Prana Chlorella por

Specifications			Not-Sweet KfL	
Raw material/Finished goods		Version: 01		Date: 12/2/25
DRP: 08-01	Version: 01	Amendment:		
<b>1. General information:</b>				
<b>Product name:</b>		Chlorella (kg)		
<b>Scientific name:</b>		Chlorella pyrenoidosa		
<b>2. Origin:</b>				
<b>Country of origin:</b>		<b>Country of origin of raw material:</b>		
China		Agriculture non-EU		
<b>3. Product description</b>				
Chlorella, spray-dried and milled to a fine powder.				
<b>4. Content and package:</b>				
1 kg		25 kg in bag		
<b>5. General information:</b>				
<b>Color:</b>		Dark green		
<b>Taste:</b>		Typical		
<b>Consistency:</b>		Powder		
<b>6. Physical and chemical parameters:</b>				
Moisture < 10%; Ash < 3%				
<b>7. Microbiological parameters:</b>				
TFC (cfu/g) < 1.000.000; Yeast (cfu/g) < 100.000; E. Coli (cfu/g) < 1000; Salmonella (detected in 25g) - Absence;				
<b>8. Ingredients:</b>				
100% Chlorella*				
*from organic agriculture				
<b>9. Average nutritional facts per 100g:*</b>				
<b>Energy:</b>		1568,0kJ/373,0kcal		
<b>Fats:</b>		7,9 g		
<b>of which saturated:</b>		0,8 g		
<b>Carbohydrates:</b>		9,5 g		
<b>of which sugars:</b>		0,8 g		
<b>Proteins:</b>		60,0 g		
<b>Fiber:</b>		12,0 g		
<b>Salt:</b>		2,3 g		
*Values may vary depending on natural variations				

<b>10. Languages on the label:</b>		EN	
<b>11. Usage:</b>			
For direct consumption (1-2 tsp per day).			
<b>12. Shelf life (mon.):</b> 24			
<b>13. Storage:</b>			
Keep in a cool, dry and dark place.			
<b>14. Legislation and standards:</b>			
In accordance with Regulation 1829/2003, Regulation 1830/2003 and Regulation 2018/848.			
<b>GMO:</b>			
The product does not contain and is not produced with GMO and engineered nanomaterials			
<b>Ionizing radiation:</b>			
The product is not treated with ionizing radiation.			
<b>Heavy metals:</b>			
In accordance with Regulation 1831/2006, Regulation 2021/3223, Regulation 2021/1317, Regulation 165/2010 and other relevant legislation.			
<b>Organic:</b>			
In accordance with Regulation 2018/848 and Regulation 889/2008.			
<b>Quality</b>			
Bio (certified by HU-BIO-02)			
<b>15. Allergens according to Regulation: 1169/2011</b>			
- Contains as ingredient			
Natural content of gluten.			
- Possible cross contamination*			
No			
- Guaranteed gluten free (<20ppm)			
No			
* Not-Sweet is not responsible for the presence of allergens not declared in the specification within the meaning of Annex II of Regulation (EU) 1169/2011 as a result of cross-contamination of raw materials before delivery.			
<b>Approved by:</b>			
Not-Sweet KfL			
István Novák/Not-Sweet Kft			
László Novák			
E385.04.2022			

### 2. Belcolade White CT Amber fehér csokoládé

TERMÉK SPECIFIKÁCIÓ / TECHNICAL DATA SHEET	
<b>Termék neve</b> Product name	<b>B WHITE CT AMBER FEHÉR / B WHITE CT AMBER WHITE</b>
<b>Leíró megnevezés</b> Description	Belcolade fehér csokoládé pasztilla Belcolade white chocolate drops
<b>Összetevők</b> Ingredients list	cukor, kakaovaj, sovány tejpor (tá), tejzsírvaj (tá), tejszí (tá), vaj (tá), emulgezők (napraforgó lecitin (E322)), természetes vanília aroma sugar, cocoa butter, skimmed milk powder (milk), whole powder (milk), milk fat (milk), butter (milk), emulsifier (sunflower lecithin (E322)), natural vanilla flavouring * technikai funkcióval nem rendelés anyagai, technológiai segédanyagok ingredients with no technological function, processing aids
<b>Technológiai funkcióval nem rendelés anyagai, technológiai segédanyagok</b> Ingredients with no technological function, processing aids	
<b>Érzékszervi jellemzők</b> Physical appearance	<b>Jellemző / Properties</b> Íz / Taste: édes / sweet Illat / Flavour: termékre jellemző / typically Szín / Colour: barnás-sárgás, barna / amber brown
<b>Tárolási feltételek</b> Storage condition	tiszta, száraz, hűvös (16-20°C), hővédődobozban mentes, napfénytől védett helyen. A megőrzést csomagolás minden használat után zárja le! clean, dry and cool place (16-20°C), free from heat variations, protect from sunlight. Properly close the packaging after each use.
<b>Működés-megőrzési időtartam</b> Shelf life	eredeti, bontatlan csomagolásban, az előírt tárolási feltételek betartása esetén, a termék működésmegőrzési ideje az előírt időponttól számított legfeljebb 12 hónap In original and unopened packaging the shelf life of the product is max. 12 months from the production date, if storage conditions are met.
<b>Statisztika</b> Statistics	Oldal / Page: 1/4 Paragrafusok: 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 320, 321, 322, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 345, 346, 347, 348, 349, 350, 351, 352, 353, 354, 355, 356, 357, 358, 359, 360, 361, 362, 363, 364, 365, 366, 367, 368, 369, 370, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 378, 379, 380, 381, 382, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 389, 390, 391, 392, 393, 394, 395, 396, 397, 398, 399, 400, 401, 402, 403, 404, 405, 406, 407, 408, 409, 410, 411, 412, 413, 414, 415, 416, 417, 418, 419, 420, 421, 422, 423, 424, 425, 426, 427, 428, 429, 430, 431, 432, 433, 434, 435, 436, 437, 438, 439, 440, 441, 442, 443, 444, 445, 446, 447, 448, 449, 450, 451, 452, 453, 454, 455, 456, 457, 458, 459, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 466, 467, 468, 469, 470, 471, 472, 473, 474, 475, 476, 477, 478, 479, 480, 481, 482, 483, 484, 485, 486, 487, 488, 489, 490, 491, 492, 493, 494, 495, 496, 497, 498, 499, 500, 501, 502, 503, 504, 505, 506, 507, 508, 509, 510, 511, 512, 513, 514, 515, 516, 517, 518, 519, 520, 521, 522, 523, 524, 525, 526, 527, 528, 529, 530, 531, 532, 533, 534, 535, 536, 537, 538, 539, 540, 541, 542, 543, 544, 545, 546, 547, 548, 549, 550, 551, 552, 553, 554, 555, 556, 557, 558, 559, 560, 561, 562, 563, 564, 565, 566, 567, 568, 569, 570, 571, 572, 573, 574, 575, 576, 577, 578, 579, 580, 581, 582, 583, 584, 585, 586, 587, 588, 589, 590, 591, 592, 593, 594, 595, 596, 597, 598, 599, 600, 601, 602, 603, 604, 605, 606, 607, 608, 609, 610, 611, 612, 613, 614, 615, 616, 617, 618, 619, 620, 621, 622, 623, 624, 625, 626, 627, 628, 629, 630, 631, 632, 633, 634, 635, 636, 637, 638, 639, 640, 641, 642, 643, 644, 645, 646, 647, 648, 649, 650, 651, 652, 653, 654, 655, 656, 657, 658, 659, 660, 661, 662, 663, 664, 665, 666, 667, 668, 669, 670, 671, 672, 673, 674, 675, 676, 677, 678, 679, 680, 681, 682, 683, 684, 685, 686, 687, 688, 689, 690, 691, 692, 693, 694, 695, 696, 697, 698, 699, 700, 701, 702, 703, 704, 705, 706, 707, 708, 709, 710, 711, 712, 713, 714, 715, 716, 717, 718, 719, 720, 721, 722, 723, 724, 725, 726, 727, 728, 729, 730, 731, 732, 733, 734, 735, 736, 737, 738, 739, 740, 741, 742, 743, 744, 745, 746, 747, 748, 749, 750, 751, 752, 753, 754, 755, 756, 757, 758, 759, 760, 761, 762, 763, 764, 765, 766, 767, 768, 769, 770, 771, 772, 773, 774, 775, 776, 777, 778, 779, 780, 781, 782, 783, 784, 785, 786, 787, 788, 789, 790, 791, 792, 793, 794, 795, 796, 797, 798, 799, 800, 801, 802, 803, 804, 805, 806, 807, 808, 809, 810, 811, 812, 813, 814, 815, 816, 817, 818, 819, 820, 821, 822, 823, 824, 825, 826, 827, 828, 829, 830, 831, 832, 833, 834, 835, 836, 837, 838, 839, 840, 841, 842, 843, 844, 845, 846, 847, 848, 849, 850, 851, 852, 853, 854, 855, 856, 857, 858, 859, 860, 861, 862, 863, 864, 865, 866, 867, 868, 869, 870, 871, 872, 873, 874, 875, 876, 877, 878, 879, 880, 881, 882, 883, 884, 885, 886, 887, 888, 889, 890, 891, 892, 893, 894, 895, 896, 897, 898, 899, 900, 901, 902, 903, 904, 905, 906, 907, 908, 909, 910, 911, 912, 913, 914, 915, 916, 917, 918, 919, 920, 921, 922, 923, 924, 925, 926, 927, 928, 929, 930, 931, 932, 933, 934, 935, 936, 937, 938, 939, 940, 941, 942, 943, 944, 945, 946, 947, 948, 949, 950, 951, 952, 953, 954, 955, 956, 957, 958, 959, 960, 961, 962, 963, 964, 965, 966, 967, 968, 969, 970, 971, 972, 973, 974, 975, 976, 977, 978, 979, 980, 981, 982, 983, 984, 985, 986, 987, 988, 989, 990, 991, 992, 993, 994, 995, 996, 997, 998, 999, 1000

Allergének vagy intoleranciát okozó anyagok Allergens and substances	Jelölés a csomagoláson Labeling on packaging		Allergiainformációk Allergen information	
	Összetevőként As an ingredient	Technológiai segédanyagként As a processing aid	Összetevőként As an ingredient	Technológiai segédanyagként As a processing aid
Glutén / cseresznye / gabona és gabonafélék / termékek Gluten / cereals / grain and products thereof	-	-	-	-
Bárány és csirke / kacsák / termékek Chicken and products thereof	-	-	-	-
Tej és abba / kacsák / termékek Milk and products thereof	-	-	-	-
Hal és csontos / halcsont / termékek Fish and products thereof	-	-	-	-
Élesztőgomba és abba / kacsák / termékek Yeasts and products thereof	-	-	-	-
Sója / bab / szójabab / termékek Soybeans and products thereof	-	-	-	-
Tej és abba / kacsák / termékek / beleértve a laktózt is / Milk and products thereof (including lactose)	+	+	+	+
Diófélék és abba / kacsák / termékek Nuts and products thereof	-	-	-	-
Élesztőgomba és abba / kacsák / termékek Yeasts and products thereof	-	-	-	-
Mustár és abba / kacsák / termékek Mustard and products thereof	-	-	-	-
Szennyezőanyagok és abba / kacsák / termékek Contaminants and products thereof	-	-	-	-
Kén-dioxid és SO <sub>2</sub> / bors / kecskesó / kecskesó / Sulfur dioxide and sulphites at concentrations of more than 10 mg/kg or 10 mg/litre expressed as SO <sub>2</sub>	-	-	-	-
Collagen és abba / kacsák / termékek Collagen and products thereof	-	-	-	-
Pálmaolaj és abba / kacsák / termékek Palm oil and products thereof	-	-	-	-
<b>Tápérték 100 g termékben</b> <b>Nutritional data per 100 g product</b>	<b>Adat / Data</b>	<b>Érték / Value</b>		
Energia / Energy		2353,3 kJ (564,2 kcal)		
Összes zsír / Total fats		36 g		
amelyből telített zsírsavak (SFA) thereof saturated fatty acids (SFA)		22 g		
amelyből transz-zsírsavak (TFA) thereof trans fatty acids (TFA)		< 1,04 g		
trans-zsírsavak 100 g zsírsavakban trans fatty acids (TFA) on 100 g fat		< 1 g		
Összes szénhidrát / Total carbohydrates		53,3 g		
amelyből cukrok / thereof sugars		53,3 g		
Összes rost / Total fibres		0 g		
Összes fehérje / Total proteins		7,2 g		
Só / Salt*		0,5 g		
Nátrium (Na) / Sodium (Na)		0,2 g		
Nedvesség / Moisture		< 5 g		
<b>Statisztika</b> Statistics	Oldal / Page: 1/4 Paragrafusok: 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 320, 321, 322, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 345, 346, 347, 348, 349, 350, 351, 352, 353, 354, 355, 356, 357, 358, 359, 360, 361, 362, 363, 364, 365, 366, 367, 368, 369, 370, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 378, 379, 380, 381, 382, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 389, 390, 391, 392, 393, 394, 395, 396, 397, 398, 399, 400, 401, 402, 403, 404, 405, 406, 407, 408, 409, 410, 411, 412, 413, 414, 415, 416, 417, 418, 419, 420, 421, 422, 423, 424, 425, 426, 427, 428, 429, 430, 431, 432, 433, 434, 435, 436, 437, 438, 439, 440, 441, 442, 443, 444, 445, 446, 447, 448, 449, 450, 451, 452, 453, 454, 455, 456, 457, 458, 459, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 466, 467, 468, 469, 470, 471, 472, 473, 474, 475, 476, 477, 478, 479, 480, 481, 482, 483, 484, 485, 486, 487, 488, 489, 490, 491, 492, 493, 494, 495, 496, 497, 498, 499, 500, 501, 502, 503, 504, 505, 506, 507, 508, 509, 510, 511, 512, 513, 514, 515, 516, 517, 518, 519, 520, 521, 522, 523, 524, 525, 526, 527, 528, 529, 530, 531, 532, 533, 534, 535, 536, 537, 538, 539, 540, 541, 542, 543, 544, 545, 546, 547, 548, 549, 550, 551, 552, 553, 554, 555, 556, 557, 558, 559, 560, 561, 562, 563, 564, 565, 566, 567, 568, 569, 570, 571, 572, 573, 574, 575, 576, 577, 578, 579, 580, 581, 582, 583, 584, 585, 586, 587, 588, 589, 590, 591, 592, 593, 594, 595, 596, 597, 598, 599, 600, 601, 602, 603, 604, 605, 606, 607, 608, 609, 610, 611, 612, 613, 614, 615, 616, 617, 618, 619, 620, 621, 622, 623, 624, 625, 626, 627, 628, 629, 630, 631, 632, 633, 634, 635, 636, 637, 638, 639, 640, 641, 642, 643, 644, 645, 646, 647, 648, 649, 650, 651, 652, 653, 654, 655, 656, 657, 658, 659, 660, 661, 662, 663, 664, 665, 666, 667, 668, 669, 670, 671, 672, 673, 674, 675, 676, 677, 678, 679, 680, 681, 682, 683, 684, 685, 686, 687, 688, 689, 690, 691, 692, 693, 694, 695, 696, 697, 698, 699, 700, 701, 702, 703, 704, 705, 706, 707, 708, 709, 710, 711, 712, 713, 714, 715, 716, 717, 718, 719, 720			

**Puratos**  
European Food Ingredients

**Mikrobiológiai jellemzők**  
**Microbiology**

	Határérték / Limit	Egység / Unit
Összes csírászám / Total plate count	5000	cfu / g
Élesztő / Yeasts	50	cfu / g
Penész / Moulds	50	cfu / g
Escherichia coli / Escherichia coli	negatív / negative	cfu / 10 g
Salmonella / Salmonella	negatív / negative	/ 250 g

**Csomagolóanyagok megfeleltetése**  
**Conformity of packaging**

A termék előállítását csomagolóanyaggal meg kell feleltetni az Európai Parlament és a Tanács 1935/2004/EK és a Bizottság 10/2011/EU rendeleteiben előírtaknak.  
The primary packaging of the product is in compliance with 1935/2004/EC and 10/2011/EC directives.

**GMO**

A termék nem kell alkalmazni a géntechnológiával módosított élelmiszerekre és takarmánynyokra, valamint a géntechnológiával módosított szervezetek nyomon követhetőségére és címkézésére vonatkozó Európai Parlament és a Tanács 1829/2003/EK és 1830/2003/EK rendeleteket. Ezért a termék speciális jelölést nem igényel.  
This product is out of the scope of the Commission Regulations (EC) N°1829/2003 and N°1830/2003 of 22 September 2003 relating to the traceability and labelling of genetically modified organisms and food derived products.

**Nyomonkövetés**  
**Traceability**

A termék nyomon követhető azonosító (stételazonosító) alapján.  
It can be traced by batch number present on the packaging of the product

**Sugárkezelés**  
**irradiation**

A terméket nem kezelték ionizáló sugárral, ezért a termék az Európai Parlament és Tanács 1999/2/ES és 1999/2011 irányelvek szerinti speciális jelölést nem igényel.  
As the product has not been treated with ionising radiation no specific labeling is required as set up in EC directive 1999/2 and 1999/2011.

**Engedély száma**  
**License number**

A termék forgalomba hozatala nem kötött engedélyhez.  
The manufacturing of the product is not subject to license.

**Származás**  
**Origin**

A termék származása a 74/2012. (VII.25.) VM rendelet egyik kategóriájába sem sorolható, Import eredetű. Származási ország: Belgium  
Country of origin: Belgium

**Csomagolás**  
**Packaging**

	Forgalmi egység / Unit	Gyűjtőcsomagolás / Collecting packaging
Csomagolás típusa Type of packaging	műanyag fólia be csomagoló kartondobozban, címkével plastic foil, carton box, label	rakodólappal palette
Csomagolóanyag Packaging materials	színes műanyag fólia, festett kartondoboz, papír alapú címkés csomagolóanyag, papír bevonat coloured plastic foil, painted carton, paper based label	fa rakodólappal, műanyag fólia wooden pallet, plastic foil
Higiénia Hygiene	Az egyes csomagolások külső felületeinek elvegyűző csomagolás elvárási követelményekkel érintkezése kerülendő. Avoid contacting the outer surfaces of the unit and collecting packaging to the foodstuffs.	
Nettó tömeg Net weight	2 x 4 kg (±1,5%) 15kg (±1,5%)	512 kg (±1,5%) 600 kg (±1,5%)

**Vámtervezetési kód**  
**Integrated Tariff of the European Communities**

17049030

B White CT Amber Fehér / B White CT Amber White  
Puratos Zrt. 1117 Budapest, Árkád u. 6. Hungary  
T: +36 1 881 0800 F: +36 1 206 4111 e: office@puratos.hu

**Puratos**  
European Food Ingredients

**Általános forgalmi érték mértéke**  
**Value-added tax in Hungary**

ÁFA / VAT  
23%

**Vonalkód**  
**Bar code**

653-64N  
5418477065489

**Nyilatkozat**  
**Statement**

Jelen Termék Specifikációban feltüntetett információk, a kiállítás dátumán fennálló ismereteket, tapasztalatokat tartalmazzák, amelyek kizárólag ügyfeleink részére biztosítottak. Nem vállalunk felelősséget az itt szereplő tartalom harmadik felei által történő értelmezéséért, valamint a Termék szakszerűtlen használatából eredő károsodásokért és sérülésekért.  
Ügyfeleink minden esetben meg kell feleljenek a Termék használatára és a környezetvédelemre vonatkozó jogi, közigazgatási, szabványozási követelményeknek, és eljárásoknak.  
Az B White CT AMBER FEHÉR szállására az Általános Szállítási Feltételeinkben foglaltak az irányadók.  
The above information is provided for our customers only (and we accept no liability to any third parties) and reflect our current knowledge and experience. All products are supplied in accordance with our general terms and conditions for sale. We can accept no liability for the effects of any combinations or mixtures of the product which are not confirmed to our recommendations. In using the B White CT AMBER WHITE our customers are reminded to comply with all relevant legal, administrative and regulatory requirements and procedures relating to its use and the protection of the environment.

**Titoktartás**  
**Privacy statement**

Jelen termék specifikáció bizalmas adatokat tartalmaz, melyek a Puratos Zrt. tulajdonát képezik. Az adatok továbbítása, közzétevése vagy más személyre való átruházása csak a Puratos Zrt. engedélyével lehetséges!  
The product specification contains information that is confidential and protected by intellectual property rights of Puratos Zrt. Any use of the information contained in this documentation (including total or partial reproduction, communication or distribution in any form) is prohibited without the permission of Puratos Zrt.

**Forgalmazás**  
**Distributor(s)**

Puratos Zrt.  
H-1117 Budapest, Árkád u. 6.  
Telefon: +36 1 881 0800 • Telefax: +36 1 206 4111 • E-mail: office@puratos.hu

**Utolsó frítés dátuma**  
**Updated on**

2021. március 08.  
08 March 2021

B White CT Amber Fehér / B White CT Amber White  
Puratos Zrt. 1117 Budapest, Árkád u. 6. Hungary  
T: +36 1 881 0800 F: +36 1 206 4111 e: office@puratos.hu

### 3. LST-Polska sp. z o.o. liofilizált fekete ribizli

**LST-Polska**

**PRODUCT SPECIFICATION**

Product: **Freeze dried blackcurrant**      Origin: **Poland**      Form: **whole berries**

Release date: 01.09.2022      Specification No.: **17-04-01**      Prepared by: **A. Pachma**      Approved by: **I. Szwerczyk**      Class: **I**

**Application**

For use as an ingredient in foodstuffs

**Product description**

Product obtained by freeze drying process. Lyophilization is dehydration of the fruit: sublimation of ice - water to be passed directly from solid to vapor without the liquid phase. During this process, the Product retains the characteristics nutritional and organoleptic parameters

**Ingredients**

Blackcurrant 100%

**Characteristic of the product**

**descriptions**

Shape: Whole blackcurrant fruit with a visible cut in the peel, a slight lumps crumbling under the pressure of the fingers is allowed

Colour: Characteristic for blackcurrant, from black to dark brown

Taste and smell: Characteristic for FD blackcurrant

**Physico-chemical characteristic**

	requirements
Humidity (%)	Max 5 %
Content of contamination of plant origin (%)	Max 0.1%
Mineral contamination (%)	Max 0.1%
Content of powder (%)	Max 10 %
Content of fraction higher than 6 mm	Max 10 %
Content of burned fruits (%)	Max 1 %
Content of not fully ripe fruit	Max 1 %

**Microbiological parameters**

	Optimum/g	Maximum/g
TPC per 1g, cfu, no more than	<100 000	500 000
Enterobacteriaceae	<10	100
Escherichia coli	Absent in 25 g	Absent in 25 g
e- coli group	0	Max 10 w 1 g
Staphylococcus aureus	0	100
Salmonella	Absent in 25 g	Absent in 25 g
Yeast	< 1,000 cfu/g	5,000 cfu/g

**LST-Polska**

**PRODUCT SPECIFICATION**

Product: **Freeze dried blackcurrant**      Origin: **Poland**      Form: **whole berries**

Release date: 01.09.2022      Specification No.: **17-04-01**      Prepared by: **A. Pachma**      Approved by: **I. Szwerczyk**      Class: **I**

**Quality control & declaration**

**Metal detector**

Each package after getting is controlled by metal detector

**GMO**

The product is not genetically modified according to Resolution (WE) 1829/2003 and Resolution (WE) 1830/2003

**Aflatoxins B1 ; B1+B2+G1+G2**

Commission Regulation (EU) 2023/915 of 25 April 2023 on maximum residue levels for certain contaminants in food.

**Pesticides/heavy metals/chlorates**

According to EU limits valid during cultivation period

**Ionizing radiation**

The raw material has not been subjected to ionizing radiation

**Allergens**

The product does not contain any allergens in accordance with Directive NR 1169/2011

**Authenticity of product**

The product is authentic and has not been falsified

**Packaging**

	Carton	Size
Indirect packaging	Carton	Follow Customer needed
labelling	sticker	Follow Customer needed
Method of closing the packaging with the finished product	Sealing	N/A
Direct packaging	Blue PE food grade bags	Follow Customer needed

**Label**

According to current legislation or by agreement with the customer

**Shelf life**

12 months from production date

**Transport**

Vehicles must be covered, clean, dry and free of any foreign smell and pests and realased for the transport for foodstuff

**Storage conditions**


Keep closed tight in dry place at room temperature 20 C +/- 5 C, in dean, dry, well-ventilated warehouse, free from foreign odors and pests

**Nutrition Facts**

	In 100 g of products
Calories	1120 (kJ)/300 (kcal)
Fat	4,6 g
- Saturated fat	<0,1 g


LST powder		PRODUCT SPECIFICATION			
Product: <b>Freeze dried blackcurrant</b>		Origin: Poland		from: <b>whole berries</b>	
Release date: 01.09.2023	Specification No.: (LST-1)	Prepared by: A. Pachas	Approved by: L. Szendrői	Class: 1	
Carbohydrate	36 g				
- Sugars	29 g				
Fiber	43 g				
Protein	7,9 g				
Salt	0,02 g				

#### 4. Lioberry Kft. liofilizált málna

Lioberry kft. 1028 Budapest Tárkony str. 37.  


Specification of raw material	
Supplier	
Name	Lioberry kft.
Address	1028 Budapest Tárkony str. 37.
Contact person for HACCP	Melinda Tóth
Product	
Product name	Raspberry powder FD
Ingredient declaration	Raspberry powder freeze dried (100%)
Appearance	Dried Raspberry powder, from dim red colour to pink colour
Smell	Typical for raspberry
Taste	Sweet, slightly sour, typical for raspberry, without foreign tastes
Minimum contents of qualifying ingredients	
Whole pits	-
Natural impurities	Max. 10pc/10kg
Impurities	-
Finest content (dust)	Max. 10%
Damaged, unripe fruits	-
Vermis	No
GMO	No
Metal detection	Passed
Ionizing radiation	Raw material was not treated with ionizing radiation.


1/4

Lioberry kft. 1028 Budapest Tárkony str. 37.  


Logistic	
Country of origin	China/Poland/Egypt/ Actual
Year of crop	-
Size	Powder
Kind	-
Number for custom clearing	-
Best before date	On package
Humidity	Max. 5%
Storage condition	2-25°C, max. humidity: 70%
Packaging	PE bag 1kg PAP cardboard; PE bag 8kg/10 kg PAP cardboard
Microbiological values	
Celkový počet mikroorganizmů	<50 000 cfu/g
Pliésň	<1 000 cfu/g
Kvasinky	<1 000 cfu/g
Kólfomni baktéria	<10 cfu/g
E.coli	<3 cfu/g
Salmonella species	Neg. cfu/75g
Chemical values	
Aflatoxin B1	<2 µg/kg
Aflatoxin B1 + B2 + G1 + G2	<4 µg/kg
Pesticides	In accordance with the latest EU regulation
Heavy metals	In accordance with the latest EU regulation

2/4

Lioberry kft. 1028 Budapest Tárkonyi str. 37.



Allergens		
Type of allergens	In product	Cross-contamination on production site
Cereals containing gluten	-	-
Crustaceans and products thereof	-	-
Eggs and egg constituents	-	-
Fish and products thereof	-	-
Ground nut kernels / peanuts	-	-
Molluscs and products thereof	-	-
Lupins and products thereof	-	-
Soya beans and soya constituents	-	-
Milk and milk constituents	-	-
Nuts and products thereof	-	X (in <5kg packages)
Celery and products thereof	-	-
Sesame seeds and products thereof	-	-
Mustard and products thereof	-	-
Sulphur dioxide and sulphites (>10mg/kg SO2)	-	-
Peanuts	-	X (in <5kg packages)


Nutritional values (average amount in 100g of product)		
Parameter	Value	Unit
Energy	302/1345	Kcal/kJ
Total fat	2,2	g
... of which of saturated fat	0,3	g
Total carbohydrates	61,0	g
... of which of sugars	52,6	g
Fiber	8	g
Protein	5	g
Salt	0,01	g


Average values from: USDA National Nutrient Database for Standard Reference

IFS, BRC, ISO, HACCP	
HACCP	

3/4

Lioberry kft. 1028 Budapest Tárkonyi str. 37.




Approved for supplier by:		Approved for customer by:	
Name	Miklós Lukács		
Phone			
Date	26.02.2025		
Signed			

4/4

## 5. UAB „BALTIC COCOA“ kakaóvaj

UAB „BALTIC COCOA“  
Lankų g. 16, LT-04277 Alėma, Lithuania  
Company code 304711382, VAT LT 100013056911  
info@baltic-cocoa.com  
Acc. (ref.): L10759140230002287  
Bank: RATO kredito unija, SWIFT: VRKLTU21



Last review: 2023-06-20 RVASVT-PR 01 FR 05.2

PRODUCT SPECIFICATION

**PRODUCT NAME:** Deodorized cocoa butter


**PRODUCT DESCRIPTION:**  
Deodorized Cocoa butter is obtained from the cocoa tree's fruit (Theobroma cacao). The butter is further deodorized making it ideally suited for use in the food industry and confectionery.

Raw material (Cocoa beans) origin: West Africa.

**COUNTRY OF ORIGIN:**  
European Union

Technical specifications		Description	Reference Method
<b>Sensory:</b>			
Taste		Bland	Internal method
Odour		Bland	Internal method
Appearance when solid		Light yellow/ yellowish	Internal method
Appearance when melted		Clear	Internal method
<b>Chemical:</b>			
Free fatty acid as oleic	%	1.75 max	ISO 650:2009
Peroxide Value at loading	meq O <sub>2</sub> /kg	1	ISO 1306:2007
Iodine value	g/100g	33-10	ISO 1961:2013
Moisture content	%	0.1	ISO 685:2016
Specific rotation value	mg KOH/g	190-199	ISO 2657:2013
Unsaponifiable matter	%	0.35	ISO-18099:2000
<b>Typical Fatty Acid composition</b>			
C12:0	%	0.1	ISO 12966-4:2015
C14:0	%	0.1	ISO 12966-4:2015
C16:0	%	36.1	ISO 12966-4:2015
C18:1	%	0.2	ISO 12966-4:2015
C17:0	%	0.2	ISO 12966-4:2015
C18:0	%	55.7	ISO 12966-4:2015
C18:1	%	35.1	ISO 12966-4:2015
C18:2	%	2.3	ISO 12966-4:2015
C18:3	%	0.2	ISO 12966-4:2015
C20:0	%	1.2	ISO 12966-4:2015
<b>Physical:</b>			
Typical Melting Point	°C	30   34	ISO 8295-1:2010
Refractive index @ 20 °C	n <sub>D,20</sub>	1.159   1.159	IECOC 2:10
<b>Microbiology:</b>			
Ambic Plate Count	cfu/g	<1000	ISO 4853-1:2013
Yeast Count	cfu/g	<50	ISO 21527-2:2008
Mould Count	cfu/g	<50	ISO 21527-2:2008
Susceptibility (25g)	cfu/g	Not detected	ISO 6579:2003
E-coli (E4)	cfu/g	Not detected	ISO 14696-9:2009
<b>Mycotoxins:</b>			
Aflatoxin B1	µg/kg	0   2.0	SVS P 5.4 P:25

UAB „BALTIC COCOA“  
Lankų g. 16, LT-04277 Alėma, Lithuania  
Company code 304711382, VAT LT 100013056911  
info@baltic-cocoa.com  
Acc. (ref.): L10759140230002287  
Bank: RATO kredito unija, SWIFT: VRKLTU21



Last review: 2023-06-20 RVASVT-PR 01 FR 05.2

PRODUCT SPECIFICATION

**ALLERGENS/INGREDIENTS:**  
Use of raw materials, food additives, or processing aids of allergen potential according to EU regulations.  
The product supplied by UAB Baltic Cocoa contains the following alimentary allergens:

**LIST OF ALLERGENS ACCORDING TO ROYAL DECREE 1245 / 2008**

ALLERGENS / INGREDIENTS	Yes	No	Traces	Comments
Peanuts and products thereof		No	No	
Crustaceans and products thereof		No	No	
Fish and products thereof		No	No	
Eggs and products thereof		No	No	
Nuts and products thereof		No	No	
Milk and products thereof (including lactose)		No	No	
Soybeans and products thereof		No	No	
Cereals (containing gluten) and products thereof		No	No	
Sulfur dioxide and sulfites		No	No	
Celery and products thereof		No	No	
Sesame seeds and products thereof		No	No	
Mustard and products thereof		No	No	
Lupine and products thereof		No	No	
Mollusks and products thereof		No	No	

**Other Ingredients:**


INGREDIENTS	Yes	No	Traces	Comments
Pine		No	No	
Cotton seed		No	No	
Poppy seed		No	No	
Sunflower seed		No	No	
Helicaly		No	No	
Tree nut oil		No	No	
Soya lecithin		No	No	
Cocoonat, palm kernel, Shea nut, Kola nut		No	No	
Meat and products thereof		No	No	
Veget and products thereof		No	No	
Ethanol		No	No	
Artificial colours		No	No	
Preservatives added		No	No	
Antioxidants added		No	No	

**Pesticides:** Complies with Regulations (EC) No. 396/2005.

**Contaminants, Mycotoxins and Heavy Metals:** Complies with Regulations (EC) No. 2023/915 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs.

**GMO:**  
The product is not made of ingredients from Genetically Modified Organisms (GMOs). Consequently, it can be labeled as non-GMO under the European regulations EC 1825/2003 and EC 1831/2003 on GMOs.

UAB „BALTIC COCOA“  
 Linkų str. 16, LT-02172 Adma, Lithuania  
 Company code 304711782, VAT LT1000366011  
 info@baltic-cocoa.com  
 AIC: 197901902531002287  
 Bank: RAYTO Inžinierija, SWIFT: VRELTU 731



Last review: 2023-06-20 RVASVT-PR-01 TR-05.2

**PRODUCT SPECIFICATION**

**PRODUCT NAME:** Deodorized cocoa butter

**NUTRITIONAL VALUE:**  
Typical nutritional values per 100 g of the product:

Energy	3596kJ/859 kcal
Total Fat	99.9 g
Saturated Fat	63.8 g
Monounsaturated Fat	33.0 g
Polysaturated Fat	2.5 g
Trans Fats	<0.1 g
Total Carbohydrate	0 g
of which sugars	0 g
Protein	0 g
Salt	0 g

**LABELLING EXAMPLE:**

Batch No. BCCB 01	Production date: 02-01-2019	Date of expiry: 02-01-2021
-------------------	-----------------------------	----------------------------

**PRODUCTION ADDITIVES:**  
This product may contain traces of citric acid since this is used up to 10 ppm in the final production stage to prevent deterioration. According to EU directive LC 1169/2011 this does not need to be labelled as an additive in final products.

**PACKAGING:**

- Bag in box (Bruto 20,525, Sig/Neto 20,25kg) / 24 months (solid)
- IBC container (Bruto 1668kg, Neto 940kg) / 24 months (solid)
- Bulk / 20 days / 55°C (liquid)


**PALETTIZING:**  
= Euro Pallet (800mm x 1200mm)

Box	Stacking	# Boxes	Net Weight	Total Height
25 kg	5x8	10	1000 kg	1480 mm

**SHELF LIFE:**  
24 months from production date, when kept under correct storage conditions and in original packaging.

**STORAGE CONDITIONS:**  
It is essential to store Deodorized cocoa butter in a cool and dry place at a temperature below 25°C and at a maximum relative humidity of 75%. Keep it in an airtight environment and away from direct sunlight.

II. melléklet – Érzékszervi bírálati tábla

526	445	<p><u>ALGÁVAL DŰSÍTOTT CSOKOLÁDÉK ÉRZÉKSZERVI BÍRÁLATA</u></p> <p><i>Az alga allergiát válthat ki a rákfélékre és kagylókra érzékeny embereknél. Az alga természetes szulfit tartalommal bír. A minták tejet tartalmaznak, továbbá nyomokban földimogyorót, dióféléket és szesámmagot.</i></p>
167	227	

## MATE Szervezeti és Működési Szabályzat

### III. Hallgatói Követelményrendszer

#### III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat

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

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

### NYILATKOZAT

#### a diplomadolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Szafián Marcell Áron

A Hallgató Neptun kódja: LRQAGO

A dolgozat címe: Különböző *Chlorella pyrenoidosa* koncentrációk hatása a Maillard reakción átment fehér csokoládé technofunkciós tulajdonságaira

A megjelenés éve: 2025

A konzulens intézetének neve: Élelmiszertudományi és Technológia Intézet

A konzulens tanszékének a neve: Élelmiszeripari Méréstechnika és Automatizálás Tanszék  
Gabona és Iparinövény Technológia Tanszék

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

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

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

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

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

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: Budapest, 2025. november 3.

  
Hallgató aláírása

## NYILATKOZAT

**Szafián Marcell Áron** (hallgató Neptun azonosítója: LRQAGO) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a diplomadolgozatot<sup>1</sup> áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakedolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom<sup>2</sup>.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem<sup>\*3</sup>

Kelt: Budapest, 2025. november 3.



belső konzulens  
Dr. Kaszab Tímea

---

<sup>1</sup> A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

<sup>2</sup> A megfelelő aláhúzendő.

<sup>3</sup> A megfelelő aláhúzendő.

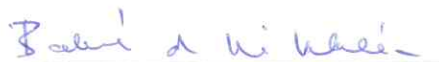
## NYILATKOZAT

**Szafián Marcell Áron** (hallgató Neptun azonosítója: LRQAGO) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a diplomadolgozatot<sup>4</sup> áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakedolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom<sup>5</sup>.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem<sup>\*6</sup>

Kelt: Budapest, 2025. november 3.



belső konzulens  
Badakné dr. Kerti Katalin

---

<sup>4</sup> A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

<sup>5</sup> A megfelelő aláhúzendó.

<sup>6</sup> A megfelelő aláhúzendó.

## NYILATKOZAT

**Szafián Marcell Áron** (hallgató Neptun azonosítója: LRQAGO) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a diplomadolgozatot<sup>7</sup> áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakedolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom<sup>8</sup>.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem<sup>\*9</sup>

Kelt: Budapest, 2025. november 3.



---

belső konzulens  
Molnárné Jakab Ivett

---

<sup>7</sup> A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

<sup>8</sup> A megfelelő aláhúzendő.

<sup>9</sup> A megfelelő aláhúzendő.

## Hallgatók, doktoranduszok nyilatkozata mesterséges intelligencia (MI) alkalmazásáról

### 1. Általános adatok

Hallgató neve:	Szafián Marcell Áron
Neptun-kódja:	LRQAGO
Képzési szint (a megfelelőt jelölje X-szel):	<input type="checkbox"/> BSc/BA <input checked="" type="checkbox"/> MSc/MA <input type="checkbox"/> Doktori (PhD) <input type="checkbox"/> Egyéb: TDK
Tantárgy neve/kódja*:	Diplomadolgozat
A munka címe:	Különböző <i>Chlorella pyrenoidosa</i> koncentrációk hatása a Maillard reakción átment fehér csokoládé technofunkciós tulajdonságaira

\* 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)

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

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

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

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

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

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

Oktató vagy témavezető által előírt szabályok:

.....

.....

.....

### 4. Minden hallgatóra vonatkozó nyilatkozat:

Kijelentem, hogy az MI által esetlegesen generált tartalmakat minden esetben kritikusan 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 24.

Hallgató aláírása

Konzulens/Témavezető aláírása

Dr. Kaszab Tímea

Konzulens/Témavezető aláírása

Badakné dr. Kerti Katalin

Konzulens/Témavezető aláírása

Molnárné Jakab Ivett