

SZAKDOLGOZAT

Bárdos Anna

2025



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Budai Campus

Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet

Gabona és Iparinövény Technológia Tanszék

Élelmiszermérnök alapképzési szak

**ALGA ALAPÚ FUNKCIONÁLIS
KEKSZ FEJLESZTÉSE**

Belső konzulens: Molnárné Jakab Ivett
egyetemi tanársegéd

**Belső konzulens
intézete/tanszéke:** Élelmiszertudományi és
Technológiai Intézet,
Gabona és Iparinövény
Technológia Tanszék

Készítette: Bárdos Anna

Budapest

2025

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés és célkitűzések	3
2. Szakirodalmi áttekintés.....	5
2.1. Funkcionális élelmiszerek	5
2.2. Algák.....	6
2.2.1. Mikroalgák és a jelentőségük	6
2.2.3. Mikroalgák termesztése	7
2.2.4. Algatermékek piaca	8
2.2.5. Élelmiszeripari alkalmazások	9
2.2.6. Algák vastartalma	10
2.3. <i>Spirulina platensis</i> és <i>Chlorella vulgaris</i>	10
2.3.1. Spirulina	11
2.3.2. Spirulina, a jövő tápláléka	12
2.3.3. Chlorella.....	12
2.4. <i>Spirulina platensis</i> antioxidáns tartalma	13
2.5. Polifenolos vegyületek	13
2.6. Oxidatív stressz.....	13
2.7. Keksz előállítási technológiája	14
3. Alkalmazott módszerek (anyag és módszer)	15
3.1. Felhasznált anyagok	15
3.2. Kekszek készítése	15
3.3. Mintavétel	17
3.4. Kivonatkészítés vízben oldható összes polifenol és antioxidáns kapacitás méréséhez. 17	
3.5. Mérési módszerek	18
3.5.1. Kekszek magasságának változása sütés hatására	18
3.5.2. Állomány mérése.....	18
3.5.3. Színmérés.....	19

3.5.4. Vízaktivitás mérése	20
3.5.5. Nedvességtartalom mérése	20
3.5.6. Polifenol-tartalom mérése.....	21
3.5.7. Antioxidáns kapacitás meghatározása.....	21
5.3.8. Érzékszervi vizsgálat.....	22
4. Eredmények és értékelésük (megvitatás)	24
4.1. A kekszek magasságának változása sütés hatására	24
4.2. Állománymérés	25
4.3. Színmérés	26
4.4. Vízaktivitás	28
4.5. Nedvességtartalom.....	28
4.6. Polifenol-tartalom.....	29
4.7. Antioxidáns kapacitás.....	30
4.8. Érzékszervi vizsgálat	31
5. Következtetések és javaslatok.....	33
5.1. Következtetések	33
5.2. Javaslatok	34
6. Összefoglalás.....	35
7. Irodalomjegyzék.....	36
8. Ábrák és táblázatok jegyzéke.....	40
8.1. Táblázatok jegyzéke	40
8.2. Ábrák jegyzéke	40
9. Köszönetnyilvánítás.....	41
10. Mellékletek.....	42

1. Bevezetés és célkitűzések

Az elmúlt évtizedekben egyre nagyobb figyelmet kapott az egészséges életmód és a tudatos táplálkozás. Az emberek igyekeznek csökkenteni a cukros ételek fogyasztását, és amikor csak lehet, zöldségekkel vagy gyümölcsökkel helyettesíteni azokat. Ha ez nem kivitelezhető, gyakran választanak cukormentes alternatívákat, vagy otthon próbálnak meg egészséges és ízletes desszerteket készíteni. Ezek a desszertek sok esetben különböző kekszfélét jelentenek.

A 21. század fogyasztói rendkívül széles kekszválasztékból válogathatnak, ám csak ritkán találkoznak olyan termékekkel – akár kekszekről, akár más élelmiszerekről van szó –, amelyek algát tartalmaznak. Ez a különleges alapanyag még viszonylag ismeretlen a piacon, pedig számos kedvező élettani hatása ismert.

Jelenleg a mezőgazdaság és az élelmiszer-termelés rendkívüli nyomás alatt áll. Az élelmiszer-ellátás biztonsága a 21. század egyik legsúlyosabb kihívásává vált, és várhatóan tovább romlik, ahogy az éghajlatváltozás és a növekvő népesség egyre inkább próbára teszi a már most is túlterhelt élelmiszer-termelési rendszereket. A húsfogyasztás intenzív föld- és vízhasználatot igényel, és jelentős mennyiségű üvegházhatású gázt bocsát ki. A bolygó környezeti stabilitása hatékonyabb és fenntarthatóbb élelmiszerforrásokat kíván, olyanokat, amelyek nem csak ételmet biztosítanak a jövő nemzedékeinek, hanem segítenek enyhíteni a klímaváltozás hatásait is. Az algák a legváltozatosabb élőlények a Földön, így kiváló jelöltek új élelmiszertermékek tervezésére, valamint táplálékforrásként való felhasználásuk számos, a fentebb említett problémák megoldására alkalmas. Az algák képesek a gyors és költséghatékony fotoszintetikus növekedésre, kimutatták, hogy pozitív hatással vannak az emberi egészségre, és olyan robusztus eszközkészlettel rendelkeznek, amely a házasításhoz és a biomassza javításához vezethet. Továbbá az algák pozitív tulajdonságai közé tartozik az is, hogy jól emészthető fehérjéket, lipideket és szénhidrátokat termelnek, valamint gazdagok esszenciális zsírsavakban, vitaminokban és ásványi anyagokban. (Diaz és *mtsai.*, 2023)

A munkám során célom egy olyan funkcionális keksz receptúra kialakítása alga hozzáadásával, mely nem csak kiváló beltartalmi értékekkel bír, de egy olyan választási lehetőséget nyújt a fogyasztóknak, melyhez szívesen fordulnak, ha valami finom, de értékes tápértékű terméket keresnek. Elképzeléseim szerint a kekszem magas fehérje-, antioxidáns-, és polifenol tartalommal fog bírni, amely tulajdonságok kiemelhetik a hagyományos kekszek közül. Emellett fenntartható forrásból származó alapanyagot fogok használni (alga), ami a környezettudatos vásárlók számára is vonzó lehet.

Szeretném megfigyelni, hogy hogyan befolyásolja az alga hozzáadása a termék színét, ízét, állományát és tápértékét, valamint a fogyasztók hogyan viszonyulnak ezen termékhez.

Ezek feltárására a következő mérések elvégzését tartottam szükségesnek:

- szín mérése
- polifenol tartalom mérése
- antioxidáns tartalom mérése
- vízkaktivitás és nedvességtartalom mérése
- állomány mérése
- érzékszervi bírálat

A szímmérés, állománymérés és érzékszervi vizsgálatok elvégzése segítenek megérteni, hogy hogyan változnak az algával dúsított keksz érzékszervi jellemzői a hagyományos változathoz képest. A vizsgálatok elvégzésével meghatározható, hogy legfeljebb mennyi az az alga mennyiség, amelyet elfogadnak a fogyasztók a termékben, anélkül, hogy csökkentenék a fogyasztási hajlandóságot.

A kekszek polifenol- és antioxidáns-tartalmának növelése jelentősen javíthatja a termék beltartalmi értékét, mivel ezek az összetevők kulcsszerepet játszanak a szervezet oxidatív stressz elleni védelmében, valamint a krónikus betegségek kockázatának csökkentésében. Továbbá a funkcionális összetevőkkel dúsított élelmiszerek iránti növekvő fogyasztói kereslet elősegítheti a termék piaci versenyképességének növelését.

2. Szakirodalmi áttekintés

A világ fejlődésével a táplálkozási szokások is átalakulnak, és egyre több ember fordul a tudatos táplálkozás felé. Ennek következtében új elvárások jelentek meg az élelmiszerekkel kapcsolatban. Ez különösen igaz az édesipari termékekre, ahol egyre növekvő igény mutatkozik az egészségesebb, speciális étrendi követelményeknek megfelelő, fenntarthatóbb alapanyagokból készült termékek iránt.

2.1. Funkcionális élelmiszerek

A funkcionális élelmiszerek azon élelmiszerek kategóriáját jelentik, amelyek különféle biológiailag aktív vegyületeket tartalmaznak, és amelyek a jelenlegi étrend mellett fogyasztva hozzájárulnak a lakosság optimális testi, lelki és mentális egészségének megőrzéséhez. Ezek az élelmiszerek segíthetnek az emésztőrendszer, az immunrendszer, a szív- és érrendszer, sőt a sejtek megfelelő működésében is. A funkcionális élelmiszerek közé tartoznak az ásványi anyagokat, vitaminokat, zsírsavakat, élelmi rostot tartalmazó élelmiszerek, valamint a biológiailag aktív anyagokkal, például antioxidánsokkal és probiotikumokkal kiegészített élelmiszerek. (Butnariu és Sarac, 2019) Az algák is beletartoznak ebbe a kategóriába.

Bár az alga, és főként a mikroalga alapú tápanyagokkal kapcsolatos kutatási tevékenységek nagyon ígéretesek, a jelenleg forgalomban lévő termékek még mindig korlátozottak. A mikroalgából nyert élelmiszerpiaci termékeknek két fő kategóriája van. Az első kategória a szárított algák (különösen a *Chlorella* és a *Spirulina* mikroalgák), amelyek magas tápanyag tartalmúak. Ezek a mikroalga termékek közvetlenül értékesíthetők étrend-kiegészítőként, és ömlesztett árucikkekben is felhasználhatók fehérje- és szénhidrátforrásként. A második típus a mikroalgákból izolált és kivont speciális termékek, amelyeket élelmiszerekhez és takarmányokhoz adhatunk tápértékük javítása érdekében. (Vigani és *mtsai.*, 2015) Rágcsálni valókhöz, cukorkákhoz vagy gumi-cukorkákhoz, tésztákhoz és italokhoz is hozzáadják, valamint természetes élelmiszer-színezékként is használják. (Rizwan és *mtsai.*, 2018)

2.2. Algák

Olyan organizmusokat foglalnak magukban az algák, amelyek sokfélesége az óriási moszattól és a hínártól a mikroszkopikus egysejtű algákig terjed. Annak ellenére, hogy szigorúan eukarióta vízi fotoszintetikus organizmusként határozzák meg; kiterjesztik az „alga” kifejezést a prokarióta cianobaktériumokra is. Tehát maga a kifejezés makroalgákra és mikroalgákra, pontosabban (zöld, vörös és barna mikroalgákra), a kovamoszatokra és a cianobaktériumokra (kék-zöld algákra) értendő. (Diaz és *mtsai.*, 2023)

2.2.1. Mikroalgák és a jelentőségük

A mikroalgák egyszerű, egysejtű, fotoszintetikus, valamint esetenként heterotróf mikroorganizmusok, amelyek nagy biológiai hozzáférhetőséggel rendelkeznek. A Föld egyik legrégebbi élőlényei, de jelentőségük abban rejlik, hogy a Föld oxigénjének mintegy 60 százalékát ők állítják elő. A mikroalgák forrást jelenthetnek élelmiszerek, étrend-kiegészítők előállításához és további ipari felhasználáshoz. (Procházka és *mtsai.*, 2023)

Az elmúlt két évtizedben egyre fontosabbá váltak a biogazdaságban, mint bioüzemanyag-forrás. A kutatók azon dolgoznak, hogy a mikroalga termesztés egy új, fenntartható módja lehessen a mindennapi energiaszükséglet biztosítására.

Előnyei bioüzemanyag-forrásként a következők:

- gyors a növekedésük
- magas lipidtartalmúak
- magas a biomassza-termelésük
- kisebb helyigényűek
- akár terméketlen földterületeken, sóban és szennyvízben is teremnek
- napfény és szén-dioxid felhasználása a növekedésükhöz

A mikroalgák termesztése olyan előnyöket kínál társadalmunk számára, amelyek túlmutatnak azon, hogy energiaforrást biztosítsanak, miközben biztosítják a fenntarthatóságot. Képesek csökkenteni a CO₂-kibocsátást, kezelni a szennyvizet, leküzdeni az alultápláltságot, munkahelyeket teremtenek és ösztönzik a gazdasági növekedést. (Merlo és *mtsai.*, 2021)

2.2.3. Mikroalgák termesztése

Thoré és munkatársai (2023) szerint manapság a legtöbb mikroalgát sekély tavakban termesztik, más néven futótavaknak. (1. ábra) Ezek a tavak sekély, U-alakú medencék, amelyekben a vizet óvatosan összekeverik és visszaforgatják egy motoros lapátkerék segítségével. Ezek a rendszerek évente körülbelül 30 tonna száraz biomasszát termelnek hektáronként. Ebben az esetben azonban a fotoszintézis korlátozott a lebegő sejtek önárnyékolása miatt. (Thoré és *mtsai.*, 2023)

1. ábra: Mikroalgák termesztése futótóban.

(Forrás: kertlap.hu)



A termelékenység több mint kétszeresére növelhető az úgynevezett fotobio-reaktorokban (2. ábra). Ezek zárt, átlátszó reaktorok, amelyeket úgy terveztek, hogy optimalizálják a fény behatolását a kultúrába, és megkönnyítsék a fotoszintézist az önárnyékolás csökkentésével. A fotobio-reaktorok sokféle kivitelben léteznek, és a lapos panelektől a függőleges vagy vízszintes csőrendszerekig változhatnak. (Thoré és *mtsai.*, 2023)

2. ábra: Mikroalgák termesztése fotobio-reaktorokban.

(Forrás: kertlap.hu)

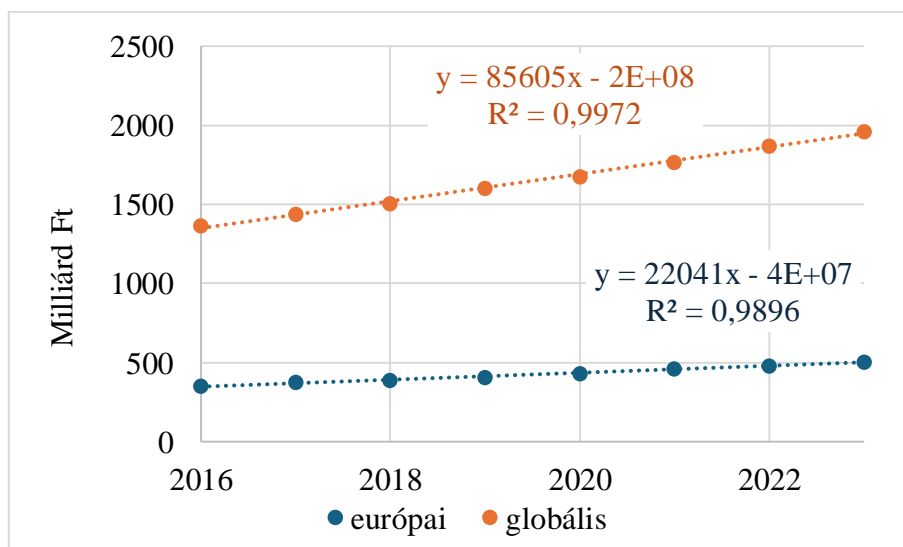


2.2.4. Algatermékek piaca

Mendes és munkatársai (2022) szerint az algákat évezredek óta fogyasztják a világ számos részén élelmiszerként, étrend-kiegészítőként és adalékanyagként, egyedülálló érzékszervi tulajdonságaik, valamint táplálkozási és egészségügyi előnyeik miatt. Az európai algatermékek piacának becsült értéke 2016 és 2023 között mintegy 43%-kal növekedett (3. ábra), 2023-ra 1240 millió eurós értéket, világszinten pedig 4810 millió eurós összértéket jósoltak, melyet az ábrán milliárd Ft-ban ábrázoltam (Mendes és mtsai., 2022).

3. ábra: Az algapiac becsült értéke világszerte és Európában 2016 és 2023 között.

(Forrás: saját szerkesztés statista.com-on találtak alapján)



2.2.5. Élelmiszeripari alkalmazások

Az utóbbi időkben az algák biomasszáját különféle pékárukban, például kenyérben, süteményben, péksüteményben és kekszben használták táplálkozási profiljuk javítása érdekében. Az algák biomasszája klorofill tartalmú fotoszintetikus mikroorganizmusokból előállított magas energiatartalmú alapanyagként definiálható, amelyet például a kenyér esetében már több, mint 20 éve alkalmaznak az állag és tápérték javítására. Az algák biomasszáját fehér liszttel lehet keverni, így javítva ízét, minőségét, fehérjetartalmát és egyéb tápanyag-összetételét, mint a vas, kalcium és magnézium. (Bhatnagar és mtsai., 2024)

Számos létező tanulmány azonban arról számolt be, hogy az algák nagyobb koncentrációban (általában > 3 %) történő alkalmazása bizonyos negatív hatásokkal hozható összefüggésbe, például csökkentett térfogattal vagy alacsony érzékszervi elfogadással. (Bhatnagar és mtsai., 2024) Így a megfelelő algakoncentráció megválasztása kulcsfontosságú egy termék fejlesztése során.

Rabelo és társai 2013-ban *Spirulina platensis*-el dúsított fánkot fejlesztettek, melynél 12,1%-os legmagasabb fehérjetartalmat értek el, míg a kontrollmintájuk 7,34%-ban tartalmazott fehérjét. Ráadásul az elkészített 'algafánkot' az érzékszervi tulajdonságait tekintve nagyon jól fogadták a fogyasztók. (Rabelo és mtsai., 2013) Hasonlóan Batista és társai 2017-ben *Arthrospira platensis*, *Tetraselmis suecica*, *Phaeodactylum tricornutum* és *Chlorella vulgaris* algák hozzáadásával süteményt készítettek és megfigyelték, hogy az elért fehérjetartalom 5,2% és 8,0% között változott, míg a kontrollban 4,9% volt. (Batista és mtsai., 2017) Hernández-López és munkatársai 2021-ben pedig hasonlóan a fentebb említettekhez, algák biomasszájának hozzáadásával tortillát készítettek. Náluk az elért fehérjetartalom 11,14 % és 11,89 % között változott, míg a kontrollban 10,98 % volt. Az antioxidáns kapacitás, az összes fenol és karotinoid növekedését is megfigyelték, és a termék általános elfogadottsága hasonló volt a kontrolléhoz. (Hernández-López és mtsai., 2021)

Procházka és társai (2023) szerint Spirulinával foglalkozó vállalatból van a legtöbb az algaágazatban működő vállalkozások közül. Ez azt mutatja, hogy a Spirulinát kedvelik leginkább az európai algapiacra. A *Spirulina platensis* és a *Chlorella vulgaris*, - mely a másik legnépszerűbb mikroalga - tápértékét az 1. táblázatban foglaltam össze.

1. táblázat: *Spirulina platensis* és *Chlorella vulgaris* algák tápértékének összehasonlítása

(Forrás: saját szerkesztés, Diaz és mtsai., 2023 nyomán)

	<i>Spirulina platensis</i>	<i>Chlorella vulgaris</i>
lipidek	2,2 g/100g	0 g/100g
fehérje	63,0 g/100g	60,0 g/100g
szénhidrát	22,0 g/100g	40,0 g/100g
vas	58,0 mg/100g	240,0 mg/100g
kalcium	1,0 mg/100g	33,0 mg/100g
magnézium	400,0 mg/100g	~274,0 mg/100g
cink	3,0 mg/100g	~1,5 mg/100g
kálium	1,4 mg/100g	0 mg/100g

2.2.6. Algák vastartalma

A vashiány egy olyan táplálkozási probléma, amely sok embert érint világszerte. Elsősorban a biológiailag hozzáférhető vas elégtelen bevitele miatt következik be; de fertőzések; az A-vitamin, a folsav vagy a B-12-vitamin hiánya; valamint megnövekedett vasszükséglet a növekedési periódusok és a terhesség alatt, vagy a nőknél a reproduktív korban bekövetkező fokozott veszteség is kiválthatja. (García-Casal és mtsai., 2007)

A tengeri algák könnyen előállíthatók, és jó vasforrások, így segíthetnek a vashiány és a vérszegénység elleni küzdelemben világszerte. (García-Casal és mtsai., 2008) García-Casal és munkatársai (2007) négy különböző tengeri alga (*Ulva sp.*, *Sargassum sp.*, *Porphyra sp.* és *Gracilariopsis sp.*) vastartalmát vizsgálták, és a legmagasabb koncentrációt a *Sargassum*-ban (157 mg/100 g) és a *Gracilariopsis*-ban (196 mg/100 g) mérték.

2.3. *Spirulina platensis* és *Chlorella vulgaris*

Ahogy fentebb említettem a *Spirulina platensis* és *Chlorella vulgaris* a két leginkább kedvelt mikroalga, ezért szeretném részletesebben ismertetni a tulajdonságaikat.

2.3.1. Spirulina

Fais Giacomo és társai szerint (2022) a *Spirulina*, pontosabban a *Arthrospira platensis* és *Arthrospira maxima* a leggyakrabban tanulmányozott cianobaktérium fajok mind a farmakológiai alkalmazásokban, mind az élelmiszeriparban.

Az *Arthrospira* fehérjetartalma elérheti a 70%-ot is. Megfelelő arányú és mennyiségű esszenciális aminosavval rendelkezik, mint például leucin, izoleucin. Így a belőlük felépülő fehérjék magas biológiai értékűnek minősülnek. Következésképpen az *Arthrospira platensis* felülmúlja a többi növényi fehérjeforrást, és közel olyan értékes lehet ilyen szempontból, mint a tojás, a hús vagy a tej. A száraz tömeg körülbelül 7-16%-a lipidekből áll. Ezek közé tartoznak az egyszeresen telítetlen zsírsavak (MUFA), például az olajsav; a telített zsírsavak (SAFA), például a nagyobb mennyiségben előforduló palmitinsav; valamint az omega-6 többszörösen telítetlen zsírsavak (ω -6 PUFA-k), az arachidonsav (AA) és a γ -linolénsav (GLA), amely erős immunvédő és prekuzora a prosztaglandinoknak és leukotriéneknek. Kiemelendő még a PUFA-k közül az eikozapentaénsav (EPA) és a dokozahexaénsav (DHA) tartalma is. (Sorrenti és mtsai., 2021; Fais és mtsai., 2022)

Fontos megemlíteni a vitamintartalmat is, A-, D-, E-, K- és B-csoportú vitaminokat tartalmaz. A B12-vitamin magas tartalma a *Spirulinát* különösen értékesé teszi a vegánok és vegetáriánusok számára, akiknek a hústermékek hiánya miatt az étrendjükben fennáll a hiányának a kockázata. A *Spirulina* jó forrása az olyan ásványi tápanyagoknak, mint a Ca, Fe, Se, F vagy I. Nagy mennyiségű karotinoidot (asztaxantint, zeaxantint, β -karotint), polifenolokat és klorofillt is tartalmaz. Ilyen rengeteg bioaktív vegyülettel az *Arthrospira* antioxidáns, gyulladáscsökkentő és immunmoduláló tulajdonságokkal büszkélkedhet. Kimutatták, hogy a *Spirulina* hatékonyan csökkenti az LDL-koleszterinszintet, és segít a vérnyomás csökkentésében. Ezenkívül arról számoltak be, hogy cukorbetegknél vércukorszint-csökkentő hatást fejt ki, valamint pozitív tulajdonságai közé tartozik az elhízott emberek súlycsökkenésének elősegítése és az anyagcsere-paraméterek javítása is. (Sorrenti és mtsai., 2021)

2.3.2. Spirulina, a jövő tápláléka

Ezen algák biztonságosságát számos toxikológiai vizsgálat igazolta mind krónikus, mind akut adagolás esetén a májban, vesében, a reproduktív rendszerben és az emberi fiziológiában. Jelenleg az Egyesült Államok Élelmiszer- és Gyógyszerügyi Hatósága (FDA) az „általánosan biztonságosnak elismert” (GRAS) kategóriába sorolja. (Fais és *mtsai.*, 2022) Rendkívül magas tápértéke miatt az FDA az emberiség ideális táplálékának és „szuperélelmiszernek” is minősítette. Az ENSZ Élelmezésügyi és Mezőgazdasági Szervezete (FAO) „jól emészthető fehérjeterméként” emlegette a *Spirulinát*, az amerikai űrkutatási hivatal pedig az űrhajósok étrend-kiegészítőjeként alkalmazta. Emiatt a *Spirulina* jobban megérdemli a „jövő tápláléka” címet, mint bármely más élelmiszer a Földön. (AlFadhly és *mtsai.*, 2022)

2.3.3. Chlorella

A *Chlorella vulgaris* egy egysejtű édesvízi zöld alga, amely gazdag alapvető tápanyagokban, beleértve a rostokat, vitaminokat, ásványi anyagokat, telítetlen zsírsavakat, esszenciális aminosavakat és fitokemikáliákat. Ez az alga leginkább a keleti országokban található; azonban világszerte népszerű. (Sherafati és *mtsai.*, 2022)

A *C. vulgaris* teljes fehérjetartalma száraz tömegének 43-58%-a, amely gazdag esszenciális aminosavakban. Ez a fehérjetartalom és aminosav-összetétel azonban rendkívül változó a tenyésztési körülményektől (fény, hőmérséklet és CO₂) és a mikroalgakultúra növekedési szakaszától függően (Hildebrand és *mtsai.*, 2020). Több, mint 40 000 mikroalgafaj közül a *Chlorella vulgaris*nak van a legkedvezőbb a többszörösen telítettlen zsírsav (PUFA) készlete, mivel zsírsavösszetételük több, mint fele hosszú szénláncú PUFA. Ezek a molekulák terápiás hatást mutatnak a cukorbetegség, az atherogenesis és a hipertóniás betegségek ellen (Kumaran és *mtsai.*, 2023). Potenciálisan tömegesen képes klorofilt termelni, akár száraz tömegének 1-2%-át is elérheti. A karotinoidok (asztaxantin, lutein, β -karotin, likopin és kantaxantin) gazdag forrása is, körülbelül 0,4%-ban szárazanyagra vonatkoztatva. A *Chlorella vulgaris* A-, B-, C- és E-vitamint tartalmaz, valamint kalciumban, káliumban, magnéziumban és cinkben gazdag. (Ru és *mtsai.*, 2020)

2.4. *Spirulina platensis* antioxidáns tartalma

A *Spirulina platensis* számos természetes pigmentet, például klorofillt, béta-karotint, fikoeritrint és fikocianint tartalmaz, amelyek antioxidáns aktivitást és szabad gyökfogó tulajdonságokat mutatnak. A szabad gyökök és az instabil molekulák (, amelyeket az antioxidánsok deaktiválnak) különböző káros hatással vannak a szervezetre. (Kumar és *mtsai.*, 2022) Magas antioxidáns aktivitásának köszönhetően a *Spirulina* ígéretes szernek számít a szív- és érrendszeri betegségek leküzdésében. (Wu és *mtsai.*, 2016)

2.5. Polifenolos vegyületek

A polifenolok a növények másodlagos metabolitjai, amelyek számos biológiai aktivitással rendelkeznek. Védelmet nyújtanak az oxidatív folyamatokkal szemben. Bizonyos gyulladásgátló és antibiotikus tulajdonságokkal rendelkeznek, és emellett aktiválhatják a Nrf2 transzkripciós faktort is. Az Nrf2 kulcsszerepet játszik az oxidatív stressz és a gyulladás elleni sejtek védelmében.

Eddig több mint 8000 fenolos vegyületet azonosítottak a növényekben, például a flavonoidokat, mint a flavonolok, flavonok, izoflavonok és antocianidinek. A flavonoidok kölcsönhatásba léphetnek a reaktív oxigénfajtákkal, és így leállíthatják az oxidatív stressz láncreakcióját, mielőtt a sejtek életképességét komolyan befolyásolná. (Hussain és *mtsai.*, 2016)

2.6. Oxidatív stressz

Az oxidatív stressz a reaktív oxigénfajták (ROS) termelődéséhez vezető biokémiai folyamatok és a ROS eltávolításáért felelős folyamatok közötti egyensúlyhiányt jelenti. (Sayre, Perry és Smith, 2008) Meulmeester és társai (2022) szerint a ROS molekulák (akár szabad gyökös, akár nem gyökös fajták) redukciós-oxidációs (redox) reakciók során vagy elektronikus gerjesztéssel képződő molekuláris oxigénből (O₂) származnak.

A szabad gyökök párosítatlan elektronokkal rendelkeznek, így kevésbé stabilak, de jobban reagálnak a különféle szerves szubsztrátokkal. A reaktív oxigénfajták károsíthatják a makromolekulákat és a mitokondriumokat, ha a ROS vegyületek és az antioxidánsok védekező mechanizmusa közötti egyensúly felborul. (Meulmeester és *mtsai.*, 2022)

Az oxidatív stressz a redox jelátvitel és szabályozás megzavarásához és molekuláris károsodáshoz vezet. A károsodás megelőzésére és a ROS homeosztázis fenntartására különféle antioxidánsok komplex rendszere létezik. (Meulmeester és mtsai., 2022)

2.7. Keksz előállítási technológiája

A Magyar Élelmiszerkönyvben foglaltak alapján a keksz „Búzalisztből, esetenként egyéb gabonaőrleményből, zsiradékból, cukorból, ízesítőanyagok hozzáadását követően egyneműsített, lazított, formázott, sütéssel készült tartós édesipari lisztes készítmény. A vegyszeres lazításhoz kémiai lazítószereket használnak fel. A termék édes vagy sós, dúsított, töltetlen vagy töltött, bevonat nélküli, részben vagy teljesen bevont, díszített változatban készülhet”. (Magyar Élelmiszerkönyv Bizottság, 2003)

Davidson (2019) szerint a különböző kekszfajták különböző összetevőket és gyártási folyamatot igényelnek. A rendkívül nagy népszerűségnek örvendő csokis keksz esetében a keverés két szakaszban történik. Az első szakaszban a zsiradékot, cukrot, vizet, sót, tojásport, vaníliát, invert szirupot és az ammónium-hidrogénkarbonátot keverik óvatosan össze. Erre azért van szükség, hogy a cukor fel tudjon oldódni, és egy krémes emulziót kapjunk. A hozzáadott víznek hidegnek kell lennie, és a keveréket is hidegen kell tartani. A lisztet és a nátrium-hidrogénkarbonátot a második szakaszban adják hozzá. A keverést alacsony fordulatszámon, legfeljebb 1 percre folytatják, hogy homogén keveréket kapjanak a liszt hidratálódása és glutén képződése nélkül. A csokoládédarabokat (vagy a diófélét) a keverés vége előtt adják hozzá, és elegendő időt biztosítanak az egyenletes elkeveredéséhez a tésztában.

A formázás során a tésztát a formázó gép tölcserébe adagolják. A gép adagolóhengerei folyamatosan működnek, és kinyomják a tésztát, amit egy vízszintesen oda-vissza mozgó huzal vág el a kívánt méretre. A levágott tésztadarabokat továbbítják közvetlen a tepsire vagy a sütőszalagra. (Davidson, 2019)

A sütés körülbelül 7 percre, 180-220 °C-on történik. Az indirekt sugárzású (ciklotherm) sütőben való sütés ideális terület és állagot biztosít a kekszeknek, viszont Észak-Amerikában széles körben használnak légkeveréses sütőket is. A sütés után a hűtés következik. A hűtési és sütési idő aránya 1:1,5. (Davidson, 2019)

3. Alkalmazott módszerek (anyag és módszer)

Tapasztalataim szerint a *Spirulina platensis*-t találtam a legelterjedtebb algafajnak és erről áll rendelkezésre a legtöbb adat és szakirodalom is, így én a *Chlorella vulgaris*-t választottam alapanyagként a termékfejlesztéshez.

3.1. Felhasznált anyagok

A kekszek elkészítéséhez kereskedelmi forgalomban kapható búzafinomlisztet, vaját és cukrot használtam, valamint a 4. ábrán látható Chlorella algát.

4. ábra: Receptúrában használt Chlorella alga.

(Forrás: saját kép)



3.2. Kekszek készítése

A lehető legegyszerűbb receptre törekedtem, hogy minél jobban megfigyelhető legyen az alga hatása önmagában.

Hozzávalók:

- liszt
- cukor
- vaj
- víz
- sütőpor

A kontroll (K0) mintához képest -amely nem tartalmaz algát- a másik két mintához 2 és 4%-ban (K2 és K4) adtam a tésztahoz Chlorella algát, amelyek mennyiségét a lisztből vontam le a 2. táblázatban foglaltak szerint.

2. táblázat: Kekszek receptje

(Forrás: saját szerkesztés)

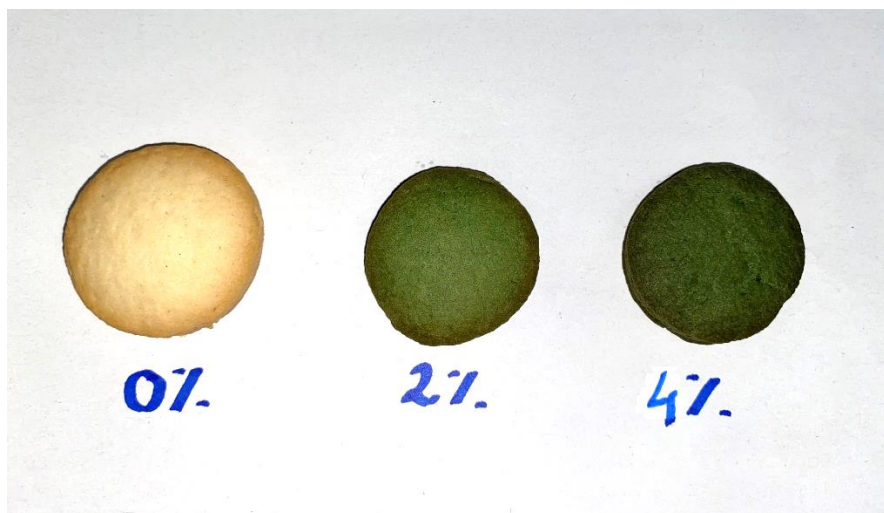
	liszt (g)	Chlorella (g)	cukor (g)	vaj (g)	víz (ml)	sütőpor (g)
K0	210	0 (0%)	70	90	50	3
K2	205,8	4,2 (2%)	70	90	50	3
K4	201,6	8,4 (4%)	70	90	50	3

A vaját, a cukorral és a vízzel felolvasztottam, majd a kihűlt masszához az előzetesen elkevert lisztet, sót, sütőport és algaport fokozatosan hozzáadtam. Alaposan összedolgoztam a tésztát, majd lefóliázva fél órát pihentettem a hűtőszekrényben.

Fél óra múlva kinyújtottam a különböző koncentrációban algát tartalmazó tésztákat lisztezett deszkán, majd kiszúrtam őket kör alakú kiszúróformával. A sütés Sveba Dahlen sütőben történt 180 °C-on, 10 percig. Az elkészült kekszek az 5. ábrán láthatók.

5. ábra: Kekszek sütés után.

(Forrás: saját kép)



3.3. Mintavétel

Miután kihűltek a kekszek, mindegyik fajtából (K0, K2 és K4) 1-1 darabot dörzsmozsár segítségével apróra törtem (6. ábra). Ezeket használtam mind a szín-, az antioxidáns tartalom-, a polifenol tartalom- és a vízaktivitás méréséhez is.

6. ábra: Dörzsmozsár segítségével apróra tört minták.

(Forrás:saját kép)



Az állomány méréséhez egész kekszeket használtam.

3.4. Kivonatkészítés vízben oldható összes polifenol és antioxidáns kapacitás méréséhez

A K0, K2 és K4 kekszmintákat dörzsmozsár segítségével apróra törtem, amely a 6. ábrán látható. Mindegyik mintából kimértem 0,15 g-ot, majd hozzájuk adtam 2-2 spatulányi kvarchomokot. 2 percig dörzsöltem a mintákat dörzsmozsárral, majd hozzájuk adtam 1500 µl extrahálószeret (metanol:desztillált víz =1:2 elegye) és még további 5 percig dörzsöltem a mintákat

Az így kapott mintákat centrifugacsövekbe töltöttem és 15 percig centrifugáltam. Az idő lejáta után a centrifugacsöből a felülúszókat Eppendorf csőbe töltöttem. A minták egy éjszakát pihentek a hűtőben.

3.5. Mérési módszerek

3.5.1. Kekszek magasságának változása sütés hatására

Megmértem a kekszek magasságát sütés előtt és sütés után, majd különbséget számoltam. Az átlag és szórás értékeket oszlopdiagrammon ábrázoltam. A vizsgálat eredményei rávilágítanak, hogy a tészta milyen mértékben emelkedik meg sütés közben, és az alga jelenléte változtat-e ezen a jellemzőn.

3.5.2. Állomány mérése

Az állomány mérést TA XT plus Texture Analyser géppel végeztem el, mely a 7. ábrán látható.

7. ábra: TA XT plus Texture Analyser

(Forrás: saját kép)



A mérés penetrációs üzemmódban, 2 mm átmérőjű hengeres alumínium szondával történt, amely 2 mm mélységig merült a kekszekbe 1 mm/s sebességgel. A TA XT plus a mérés során egy erő–idő görbét rögzít. A keménység a görbe alatti teljes területtel, míg a törhetőség a lineáris távolságértékkel arányos.

A „lineáris távolság” a görbén egymást követő pontokat összekötő vonalak hossza, amely megadja a törhetőség értékét. Minél nagyobb a lineáris távolságérték, annál könnyebben törik a minta.

A méréseket 6-szor ismételt meg az összes kekszen, ügyelve arra, hogy a korábbi vizsgálatok által okozott lyukaktól megfelelő távolságra (ne túl közel) essen a következő behatolás. Az eredmények átlagát és szórását oszlopdiagrammon ábrázoltam.

3.5.3. Színmérés

A színmeghatározást Konica Minolta CR-410 kromaméterrel, mintánként 3-3 párhuzamos mérést végeztem a műszer kalibrálását követően. A mérőműszer a CIELAB színingertér színösszetevőit mérte: L^* a világossági tényezőjét ($L^* = 0$ fekete és $L^* = 100$ fehér); az a^* a vörös-zöld közötti értéket ($-a^* =$ zöld és $+a^* =$ piros) és a b^* a sárga-kék közötti színezetet jelöli ($-b^* =$ kék és $+b^* =$ sárga). (Farina és *mtsai.*, 2022) A párhuzamos mérések eredményeit átlagoltam és szórást számoltam, majd oszlopdiagramon ábrázoltam őket. Végül színkülönbséget (ΔE^*) is számoltam az alábbi képlet segítségével:

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

Az általam használt műszerről készült fényképet a 8. ábra szemlélteti.

8. ábra: Konica Minolta CR-410 kromaméter

(Forrás: saját kép)



3.5.4. Vízaktivitás mérése

A kémiaailag más anyagokhoz nem kapcsolódó vizet szabad víznek nevezzük, és kedvező táptalajt jelent a baktériumok, élesztőgombák és penészgombák szaporodásához. Ezt a szabad vizet a víz aktivitásával (a_w) mérjük. Az a_w 0 és 1 között mozog, ahol az 1 a tiszta vizet jelöli, amelyben a mikrobiális szaporodás nem lehetséges. Így a tápanyagok hozzáadása fokozatosan csökkenti az élelmiszerek a_w értékét. Ahhoz, hogy egy élelmiszert alacsony a_w értékűnek tekintsünk, 0,83-nál alacsonyabbnak kell lennie. (Morasi és *mtsai.*, 2022)

A vízaktivitás méréséhez Novasina ms1-aw készüléket használtam, ami a 9. ábrán látható. Az apróra tört minták mindegyikéből (K0, K2, K4) 3-3 párhuzamos mérést végeztem.

9. ábra: Novasina ms1-aw készülék

(Forrás: saját kép)



3.5.5. Nedvességtartalom mérése

A 10. ábrán látható Sartorius MA 50 gravimetriás műszerrel végeztem a nedvességtartalom meghatározását.

10. ábra: Sartorius MA 50 gravimetriás műszer

(Forrás: saját kép)



3.5.6. Polifenol-tartalom mérése

A kekszek vízben oldható összes fenolos komponens meghatározását a Singleton és Rossi (1965) által borvizsgálatokhoz kidolgozott módszer alapján végeztem el. A módszer lényege, hogy a Folin–Ciocalteu reagensben található foszfor-volfrámsav és foszfor-molibdénsav oxidálja a mintában lévő fenolos vegyületeket, amelynek eredményeként kék szín alakul ki. Minél intenzívebb a kialakult kék szín, annál nagyobb koncentrációban tartalmaz a minta fenolos komponenseket. A színintenzitás mérésére spektrofotometriás módszert alkalmazunk 760 nm hullámhosszon.

A mérés megkezdése előtt szükséges egy kalibrációs görbe felvétele, amelyhez galluszsavat használtam, így az eredményeket galluszsav-egyenértékben kaptam meg. A galluszsav alkalmazása előnyös, mert jól oldódik vízben, könnyen beszerezhető és megfelelő reakciókészséggel rendelkezik.

3.5.7. Antioxidáns kapacitás meghatározása

Benzie és Strain (1996) által kidolgozott, vasredukálóképességen alapuló módszert alkalmaztam a meghatározáshoz, melyet röviden FRAP módszernek nevezünk és eredetileg a plazma antioxidáns meghatározásához alkottak. A reakció 3,6-os pH-értéken zajlik, és 5 perc

elteltével a minták már mérhetőek fotometriásan, a látható fénytartomány 593 nm-es hullámhosszán. A módszer lényege, hogy a ferri (Fe^{3+}) ionok antioxidáns hatású vegyületek jelenlétében ferro (Fe^{2+}) ionokká redukálódnak (Boór és Bélafiné, 2010). A keletkezett ferro ionok savas közegben komplexet alkotnak a 2,4,6-trypiridil-s-triazinnal (TPTZ), amely élénk kék színű vegyületet eredményez. A szín intenzitása arányos a mintában található vízoldható antioxidáns vegyületek koncentrációjával. A minták FRAP-értékének meghatározása a mért abszorbancia alapján történik, az értékeket pedig egy ismert koncentrációjú standard oldat kalibrációs görbéjéhez viszonyítjuk. Én a kalibrációs görbe elkészítéséhez aszkorbinsavat használtam.

5.3.8. Érzékszervi vizsgálat

Kedveltségi vizsgálatot készítettem, amellyel meghatározható, hogy az egyes tényezőkre (szín, állomány íz) fókuszálva melyik keksz nyeri el leginkább a fogyasztók tetszését; elfogadják-e a zöld szín jelenlétét és az alga utóízét.






A vizsgálat során a bírálóknak minden kekszből (K0, K2 és K4) egy-egy darabot készítettem elő és háromjegyű kódszámokkal jelöltem azokat. Ízsemlegesítőként vizet biztosítottam. Az értékeléshez 5 pontos kedveltségi skálát alkalmaztam, ahol az 1-es érték jelentette a legkevésbé kedvelt, az 5-ös pedig a legkedveltebb minősítést. A bírálati lap kiterjed a kekszek színére, illatára, ízére, keménységére, valamint összességében a kedveltségére (11. ábra).

11. ábra: Érzékszervi vizsgálat bírálati lapja

(Forrás: saját szerkesztés)

Tálcaszám:.....

Hogyan értékelné egy egytől ötig terjedő skálán a kekszek különböző tulajdonságait?

					
A keksz színe					
512					
606					
117					
A keksz illata					
512					
606					
117					
A keksz íze összességében					
512					
606					
117					
A keksz édes íze					
512					
606					
117					
A keksz utóíze					
512					
606					
117					
A keksz keménysége					
512					
606					
117					
A keksz kedveltsége mindent egybevéve					
512					
606					
117					

4. Eredmények és értékelésük (megvitatás)

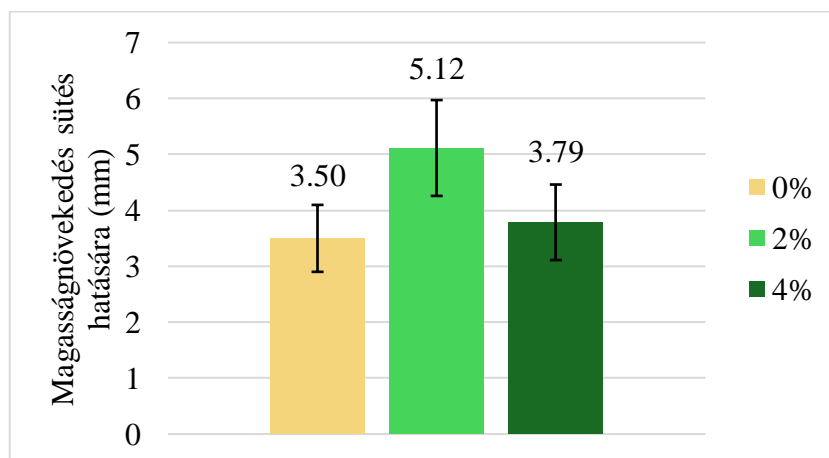
Az eredmények kiértékelése az előző fejezetben leírtak szerinti sorrendben kerülnek megvitatásra.

4.1. A kekszek magasságának változása sütés hatására

A kekszek magasságváltozásainak átlagát és szórását a 12. ábrán ábrázoltam.

12. ábra: Kekszek magasságának változása sütés hatására

(Forrás: saját szerkesztés)



Az ábrán jól látható, hogy a 2%-os mintát jelölő oszlop kimagaslik a másik kettő között (5,12 mm). A *Chlorella* fajok például EPS-eket (extracelluláris polimer anyagok) és olyan fehérjéket termelnek, amelyek hozzájárulnak a hidrogélképződéshez, sűrűsítik a mátrixot, ezzel növelve a viszkozitást, valamint javítják a gázbuborékok stabilitását. (Terpou és *mtsai.*, 2025; El-Naggar és *mtsai.*, 2020) Ennek következménye az alacsonyabb terület és a nagyobb végső vastagság.

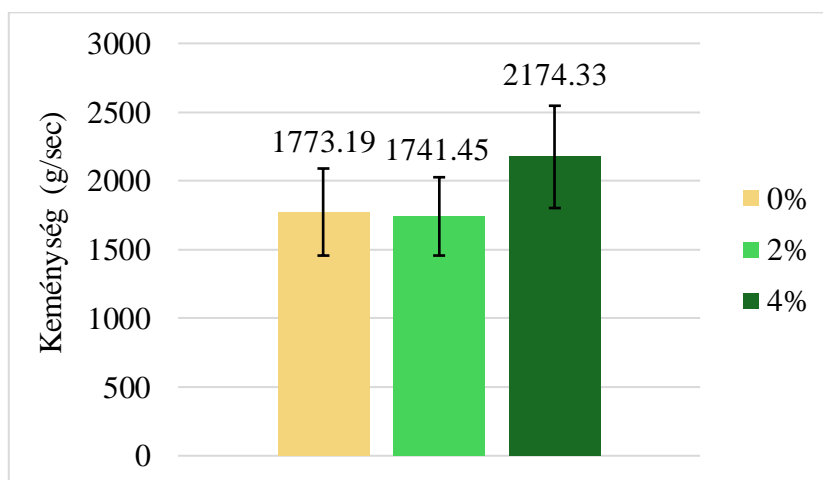
Mosibo és munkatársai (2024) szerint a habképző képesség a fehérjekoncentrációval vagy tisztítással növekszik. Ennek ellenére a 4% algát tartalmazó minta magassága a sütés során átlagosan 3,79 mm-rel nőtt meg, ami nem különbözik szignifikánsan a kontroll (0%-os) minta növekedésétől (3,50 mm).

4.2. Állománymérés

A 0% algát tartalmazó (kontroll) minta keménysége 1773,19 egység, míg a 2% algát tartalmazó mintánál egy alacsonyabb érték figyelhető meg (1741,45). Ez egy puhább állományt foglal magában. Ezzel szemben a 4%-os keksz esetén a keménység jelentősen nőtt (2174,33). A kontrollhoz viszonyítva mintegy 22,63%-kal. Az adatokat a 13. ábra szemlélteti.

13. ábra: Kekszek keménységének változása

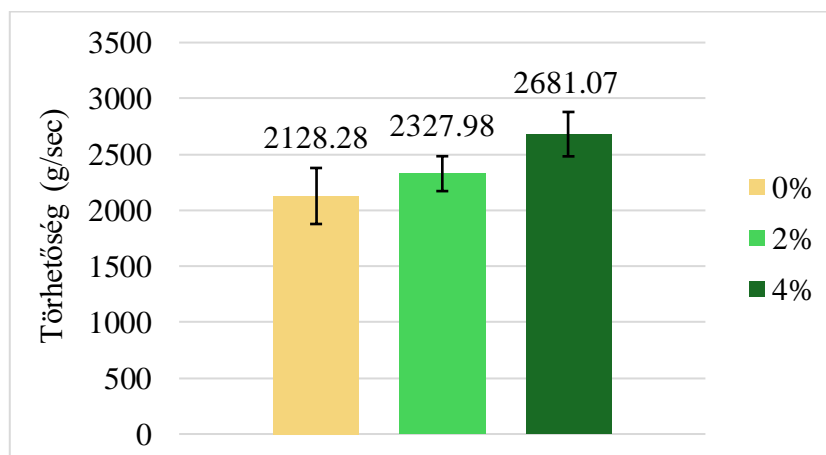
(Forrás: saját szerkesztés)



A törhetőség terén egyenletes növekedés figyelhető meg az algakoncentráció növelésével (14. ábra). Ez azt jelenti, hogy a keksz állománya ellenállóbbá válik, szerkezetük erősebb lesz.

14. ábra: Kekszek törhetőségének változása

(Forrás: saját szerkesztés)



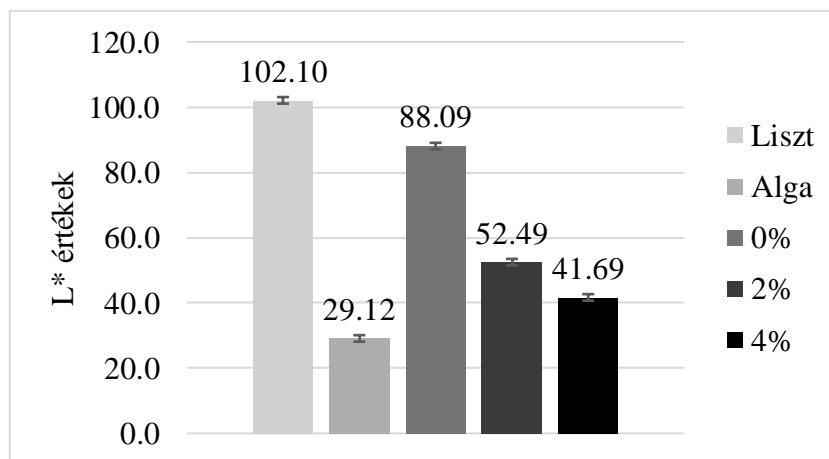
A két diagrammon jól megfigyelhető a kekszek textúrájának változása. Összességében elmondható, hogy a magasabb algakoncentráció hozzáadása szignifikánsan befolyásolja a kekszek állományát. Szilárdabb, roppanósabb textúrát hoz magával.

4.3. Színmérés

Mérésem célja az volt, hogy megvizsgáljam, hogy hogyan és milyen mértékben befolyásolja a kekszek színét az alga hozzáadása. Az eredményeket grafikonokon ábrázoltam, amik a 15-18. ábrán láthatóak.

15. ábra: Világossági tényező (L^*) változás

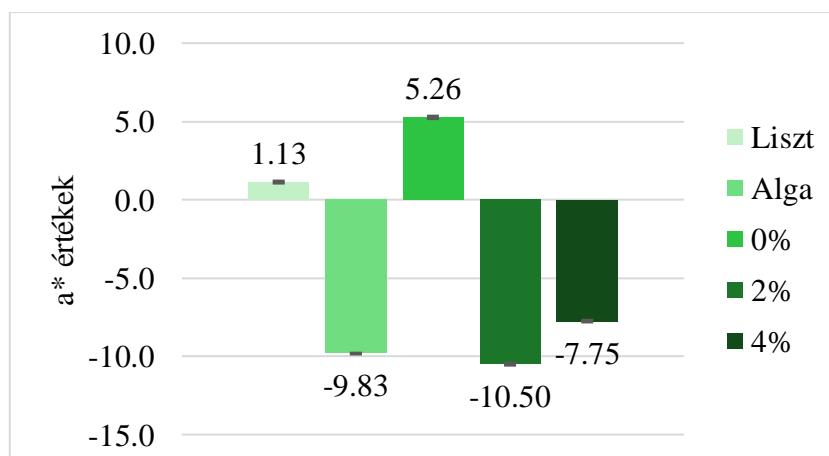
(Forrás: saját szerkesztés)



Az ábrán látható, hogy a lisztnek volt a legmagasabb világossági tényezője és az algának a legalacsonyabb. Így nem meglepő, hogy az alga koncentrációjának növelésével a kekszek is sötétedtek.

16. ábra: Vörös-zöld színezet (a^*) változása

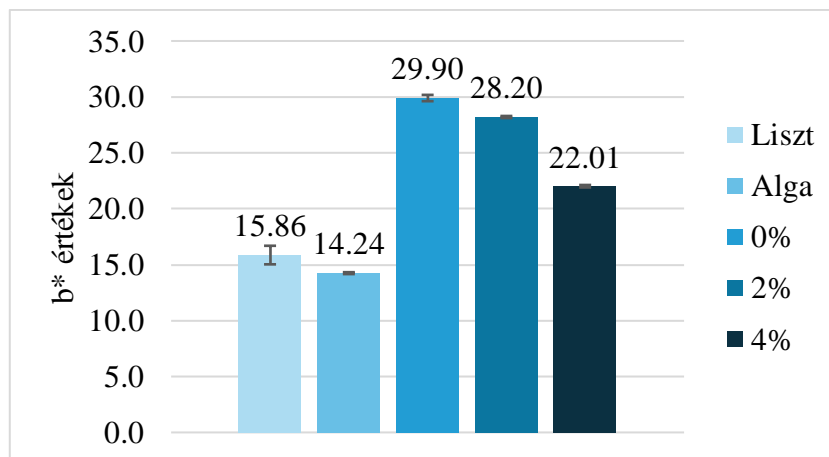
(Forrás: saját szerkesztés)



Míg a kontroll minta piros színezetet mutatott, az algát tartalmazó kekszek a^* értéke erősen eltolódott negatív, vagyis a zöld színezet irányába. A legalacsonyabb értéke a 2% algát tartalmazó keksznek volt ($a^* = -10,50$), így mérés szerint az a minta a legzöldebb. A 4%-os minta a^* értéke nőtt ($a^* = -7,75$) a 2%-os kekszhez képest. Ez összefüggésben állhat a pigment (klorofill) sütés közbeni lebomlásával ($170\text{ }^\circ\text{C}$, 15 perc), ami barna színű lebomlási termékek képződéséhez vezet. (Oliveira és mtsai., 2022)

17. ábra: Sárga-kék közötti színezet (b^*) változása

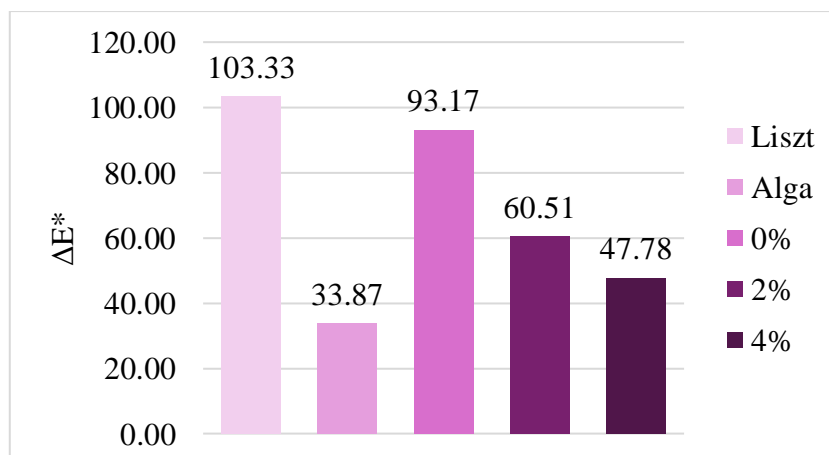
(Forrás: saját szerkesztés)



Az ábrán látható, hogy az alga hozzáadása csökkentette a termék sárga színezetét a kontrollhoz képest. Ez azt jelenti, hogy a zöld pigmentek elfedik a sárgás árnyalatot, tehát maszkolják a Maillard-reakcióban keletkező aranybarna/ sárga színt.

18. ábra: Színkülönbség (ΔE^*) változása

(Forrás: saját szerkesztés)



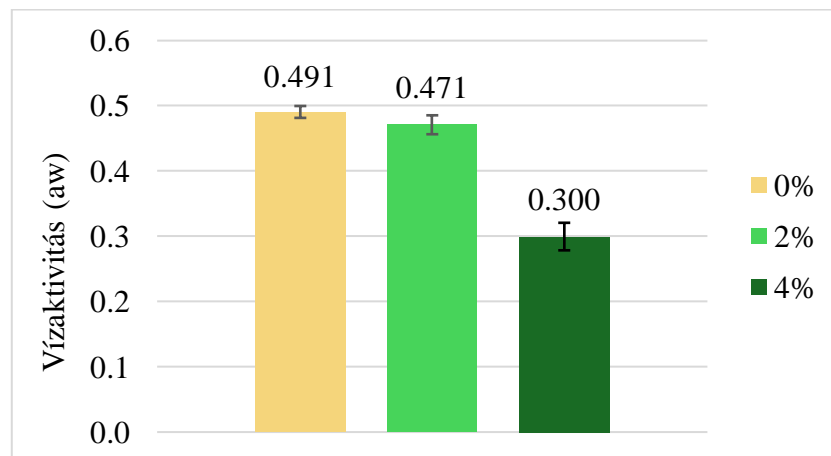
4.4. Vízakktivitás

A 19. ábra jó szemlélteti, hogy a vízakktivitás egyértelműen csökken alga hozzáadásával. Ez azért kedvező, mert kevesebb a szabad víz a rendszerben, ami jobb mikrobiológiai stabilitást eredményezhet (az alacsonyabb aw-érték kedvezőtlenebb a mikroorganizmusok szaporodásához).

A 0%- és 2%-os minták között nincs nagy különbség (0,491-ről 0,471-re csökkent az érték). A 4%-os keksz vízakktivitásában viszont jelentősebb eltérés volt kimutatható (0,300), ami statisztikailag szignifikánsnak mondható.

19. ábra: Kekszek vízakktivitásának (aw) változása

(Forrás: saját szerkesztés)

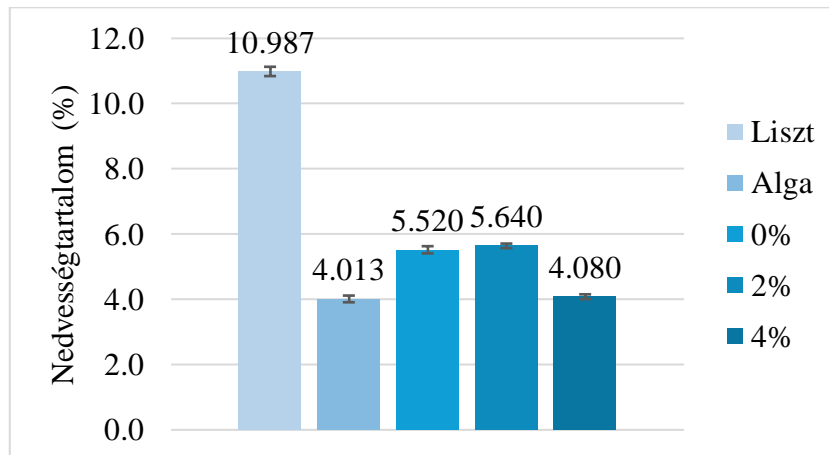


4.5. Nedvességtartalom

A nedvességtartalom vizsgálata során viszonyítási alapként a lisztről és a Chlorella algáról is végeztem mérést. A 20. ábrán látható, hogy az algának lényegesen alacsonyabb a nedvességtartalma, mint a lisztnek. Ennek tudatában egy lineárisan csökkenő nedvességtartalomra számítottam az algakoncentráció növelésével, hiszen magas élelmi rost tartalmuk csökkenti a nedvességtartalmat. (Siladji és mtsai., 2024)

20. ábra: Nedvességtartalom változása

(Forrás: saját szerkesztés)



A 2%-os keksz nedvességtartalma 5,64%, ami az elképzelésem ellenére magasabb érték, mint a kontroll keksz (0% alga) nedvességtartalma (5,52%). A 4%-os algakoncentráció viszont már nagy mértékben csökkentette a nedvességtartalmat (4,08%), tehát szárazabb terméket eredményez.

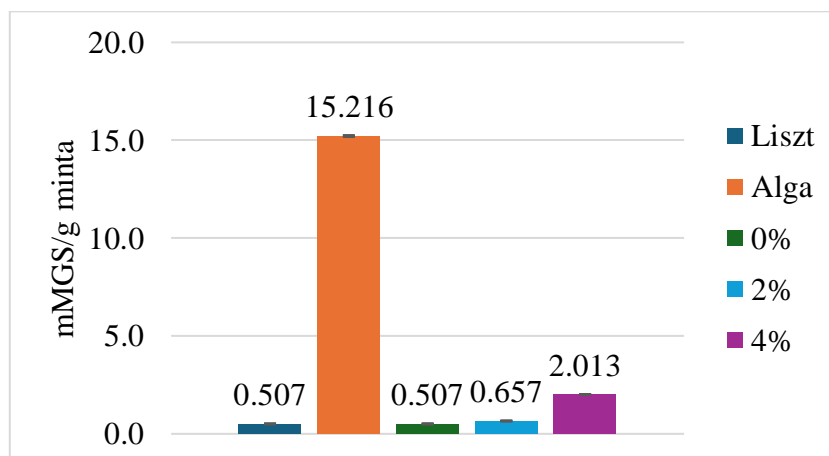
4.6. Polifenol-tartalom

A mérés eredményeit a 21. ábrán látható diagrammon ábrázoltam. Az alga polifenol-tartalma kiemelkedően magas (15,216 mMGS/g minta), ami megerősíti a szakirodalmi áttekintésben leírtakat.

Az alga hozzáadása növelte a kekszek polifenol tartalmát. A 2%-os kekszre 0,657 mMGS/g minta értéket mértem, ami a kontrollhoz képest (0,507 mMGS/g minta) enyhén magasabb érték, nem mutat szignifikáns eltérést. A 4%-os minta (2,013 mMGS/g minta) viszont igen. Közel a négyszeresére emelte a kontroll mintára mért értéket.

21. ábra: Polifenol-tartalom változása

(Forrás: saját szerkesztés)



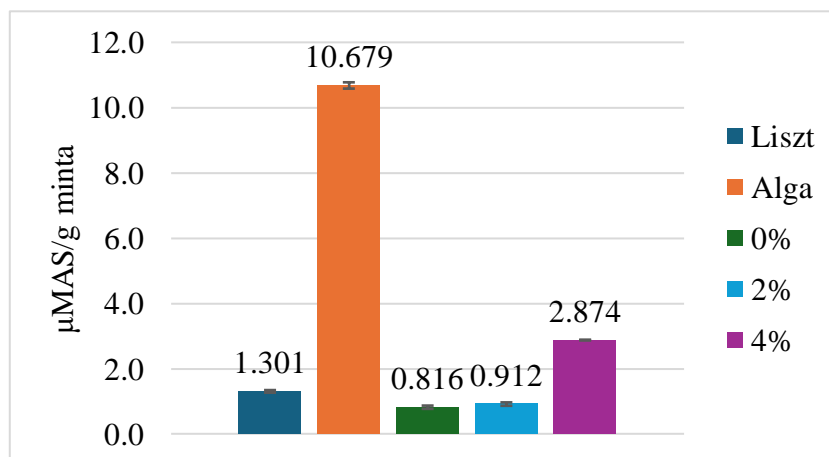
4.7. Antioxidáns kapacitás

Mivel a polifenolok gyakran antioxidáns tulajdonságú vegyületek, ahol több polifenolos veszület van, ott magasabb az antioxidáns kapacitás is. Így az előző részből egy párhuzamot vonva ugyan az elmondható:

Az algának kiemelkedően magas az antioxidáns tartalma (10,679 μ MAS/g minta), így nem meglepő, hogy az algával dúsított kekszek antioxidáns kapacitása növekszik (22. ábra). Ebben az esetben is a 4%-os minta mutatott szignifikáns eltérést, több, mint háromszorosára növelve a redukáló kapacitást.

22. ábra: Antioxidáns kapacitás változása

(Forrás: saját szerkesztés)

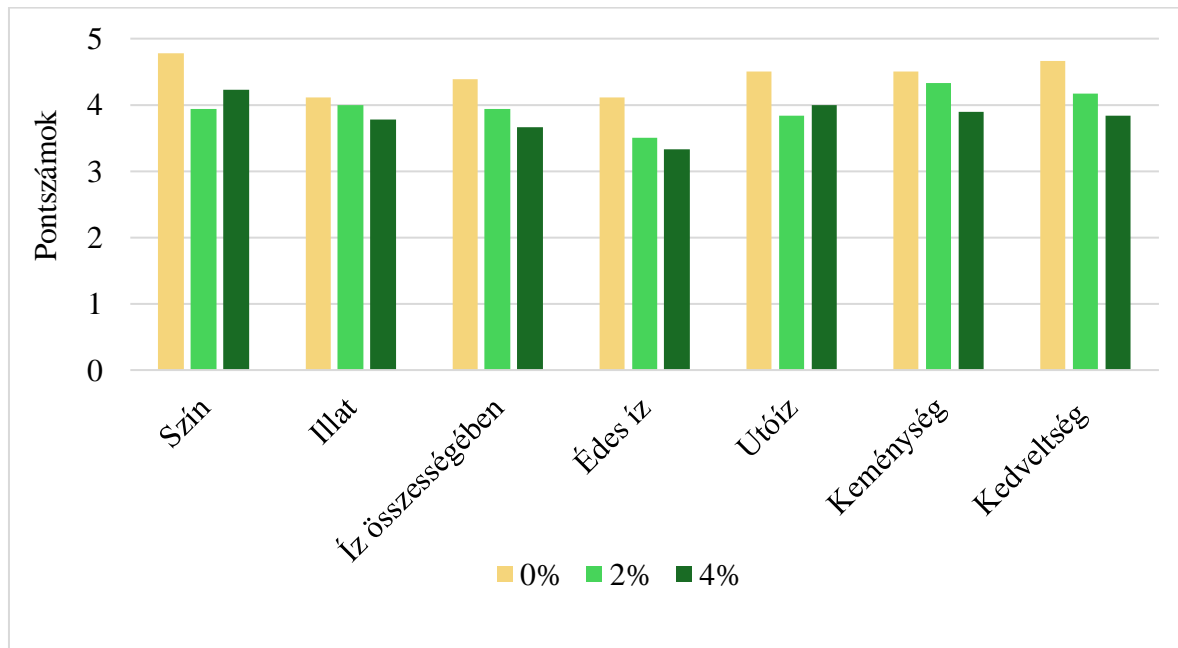


4.8. Érzékszervi vizsgálat

Az érzékszervi bírálatot 18 laikus bírálóval végeztem el az anyagok és módszerek fejezetben leírtak szerint. Egy egytől ötig terjedő skálán értékelték a kekszeket az általam összeállított változók szerint, ahol az 1-es érték az „egyáltalán nem tetszik”, míg az 5-ös a „nagyon tetszik”-et jelenti. Az eredményeket összegeztem egy diagramm segítségével, ami a 23. ábrán látható.

23. ábra: Érzékszervi bírálat eredménye

(Forrás: saját szerkesztés)



A kontroll (0% algát tartalmazó) minta kapta átlagban a legmagasabb értékelést az összes változóra.

Elmondható az is, hogy a „semleges” 3-mas értéket mindkét algás keksz túllépte az összes szegmensnél, tehát mindkét keksz megítélése pozitív volt.

A 2% algát tartalmazó kekszek érzékszervi megítélése némileg gyengébb volt, mint a kontroll mintáé. A szín értékelésénél csökkenést tapasztaltam, ami arra utal, hogy az alga már kis mennyiségben is befolyásolja a termék megjelenését, ami a színmérés eredményeiből is látható volt. A keksz illata és keménysége közel azonos értékelést kapott, mint a kontroll, tehát 2% alga még nem okoz erős, kellemetlen illatanyagokat és nem is változtatja meg az állományt nagy mértékben. Az édes íz és az utóíz kategóriákban egy nagyobb visszaesés látható, tehát az alga már kis mennyiségben is elnyomja a kekszek édességét és egy enyhe utóízt is kölcsönöz. Ezek a tényezők mind hozzájárultak a keksz enyhén negatívabb megítéléséhez.

Magasabb koncentrációban használva az algát (4%) tovább csökken az illat, az édes íz és a keménység érzékszervi értékelése, aminek köszönhetően összességében csökkent a kedveltség is. Meglepő módon a keksz színe és utóíze viszont egy magasabb átlagpontoszámot ért el, mint a 2%-os kekszé. Ebből arra következtettek, hogy a sötétebb zöld szín kedveltebb a fogyasztók körében, mint a világosabb, erőteljesebb zöld, és létezik egy olyan fogyasztói réteg, amely kifejezetten kedveli az algás utóízt. Ezt a szórások is alátámasztják, hiszen több igazán pozitív értékelést is kapott a 4%-os keksz. A szórások értékeit a jobb áttekinthetőség érdekében külön, a 3. táblázatban ábrázoltam.

3. táblázat: Az érzékszervi bírálat eredményeinek a szórása

(Forrás: saját szerkesztés)

	Szórás						
	Szín	Illat	Íz összességében	Édes íz	Utóíz	Keménység	Kedveltség
0%	0,55	0,96	0,70	0,83	0,71	0,79	0,49
2%	0,87	0,84	1,21	1,34	1,15	0,84	0,92
4%	0,94	1,00	1,37	1,08	1,37	1,02	1,29

5. Következtetések és javaslatok

A *Chlorella vulgaris* alga beépítése a kekszreceptúrába sikeresnek bizonyult, ugyanis a technológiai feldolgozhatóságot, a termék stabilitását, vagy a fogyasztói elfogadottságot nem csökkentette jelentősen.

5.1. Következtetések

- A 2% algát tartalmazó keksz 46,29%-kal magasabbra nőtt a sütés hatására, mint a kontroll minta. Erre magyarázat, hogy a mikroalgák olyan EPS-eket és fehérjéket termelnek, melyek hozzájárulnak a hidrogélképződéshez, növelik a gázbuborékok stabilitását és a viszkozitást. Ennek következménye az alacsonyabb terület és a nagyobb végső vastagság. Ez a tulajdonság viszont nagyobb (4%) koncentrációban eltűnik.
- Keményebb, roppanósabb textúrát eredményez a kekszekben az alga jelenléte.
- A *Chlorella* jelentősen befolyásolja a kekszek színét már kis mennyiségben való alkalmazás esetén is. A termék erőteljes, zöld színű tőle, és a koncentráció növelésével ez a szín egyre mélyebb lesz.
- Az algakoncentráció növelése a vízakaktivitás és a nedvességtartalom csökkenéséhez vezet, ami hozzájárul a mikrobiológiai stabilitás növeléséhez. Ezt alátámasztja, hogy Pina-Pérez és munkatársai (2017) szerint makro- és mikroalga-vegyületek több kutatásban is hatékony antimikrobiális potenciált mutattak ki az élelmiszer eredetű kórokozókval szemben. (Pina-Pérez és mtsai., 2017)
- A polifenol-tartalom és az antioxidáns kapacitás mérésénél is a 4%-os minta mutatott kiemelkedően magas értékeket, míg a 2%-os mintának nem volt szignifikáns értéke a kontrollhoz képest.
- Az érzékszervi vizsgálat során a fogyasztók nem zárkóztak el az algás kekszekről, és csak enyhén csökkent a kedveltség az alga intenzitásának növelésével.
- A 4%-os minta kedveltségének szórásából (1,29) ítélve létezik az a fogyasztói réteg, amely kifejezetten kedveli az alga ízét és az általa okozott színt (és olyan réteg is, amely kifejezetten nem).
- Összességében a 2%-os algatartalom jelenti a kompromisszumot a kedveltség és a beltartalom tekintetében.

5.2. Javaslatok

- Mintaszám bővítése: A megfelelő algakoncentráció kiválasztása és az összefüggések áttekinthetősége érdekében több, különböző algakoncentrációjú minta bevonása lenne szükséges. Főleg az antioxidáns és polifenol-tartalom vizsgálatánál lenne szükség egy 3%-os mintára is.
- Érzékszervi javítás: Az algás utóíz elnyomása érdekében használnék természetes ízesítőket (például fahéj vanília vagy citrusfélék héja), amelyek javítanák a fogyasztói elfogadottságot.
- Fogyasztói célcsoport: Érdemes lenne célzottan az egészségtudatos, vegetáriánus és sportoló emberek reakcióját megvizsgálni, hiszen ez a réteg nyitottabb lehet az algás termékek kipróbálására.
- Eltarthatóság: A vízakaktivitás és nedvességtartalom csökkenése miatt indokolt lehetne egy eltarthatósági vizsgálat különböző csomagolási körülmények mellett.

6. Összefoglalás

A dolgozatom célja az alga, mint funkcionális összetevő alkalmazása volt kekszekben, így kifejlesztve egy kedvezőbb beltartalmi értékekkel bíró alternatívát a piacon. Az általam használt *Chlorella* alga jól emészthető fehérjéket, lipideket és szénhidrátokat termel, valamint gazdag telítetlen zsírsavakban, esszenciális aminosavakban, vitaminokban és ásványi anyagokban. Az algák képesek a gyors és költséghatékony fotoszintetikus növekedésre, így nem csak a tudatosan táplálkozók körében terjedhet el a termék, hanem fenntarthatósága révén a környezettudatos fogyasztók érdeklődését is felkeltheti.

Háromféle kekszmintát készítettem el: egy kontrollt (0% alga), valamint 2% és 4% *Chlorella vulgaris* algát tartalmazó mintát. Különböző méréseket végeztem el a kekszeken, melynek célja annak megállapítása volt, hogy az alga hogyan befolyásolja a keksz állományát, színét, vízakтивitását, nedvességtartalmát, polifenol-tartalmát, antioxidáns kapacitását és természetesen az ízét.

Az eredmények alapján elmondható, hogy kis mennyiségű alga nagyobb végső vastagságot eredményez, mivel a 2% algát tartalmazó keksz 46,29%-kal magasabbra nőttek a sütés hatására, mint a kontroll minták. Ez a tulajdonság a 4%-os keksz esetében megszűnt. A *Chlorella* alga jelenléte jelentős mértékben befolyásolta a termék színét és állományát is. A koncentráció növelésével a keksz egyre mélyebb zöld színt kaptak, továbbá a textúrájuk ellenállóbbá, ropogósabbá vált.

Az algatartalom emelése a vízakтивitás és a nedvességtartalom csökkenéséhez vezetett, ami hozzájárul a mikrobiológiai stabilitás növeléséhez. A polifenol-tartalom és antioxidáns kapacitás vizsgálata során a 4% alga szignifikánsan növelte a mért tényezőket. A polifenol-tartalom közel a négyszeresére, míg a redukáló kapacitás több, mint a háromszorosára emelkedett. A 2% algát tartalmazó kekszben nem volt megfigyelhető nagy változás.

Az érzékszervi vizsgálat során az összes keksz a „semleges” pontszám feletti értéket kapta az átlagolás után, így kijelenthető, hogy a fogyasztók nem zárkóztak el az algás keksztől. Csak kis mértékben csökkent a kedveltség az alga intenzitásának növelésével, valamint a 4%-os minta kedveltségének szórásából (1,29) ítélve létezik az a fogyasztói réteg, amely kifejezetten kedveli az alga ízét és az általa okozott színt.

Összességében a fejlesztés sikeresnek mondható, a *Chlorella vulgaris* kiválóan beépíthetőnek bizonyult a kekszbe.

7. Irodalomjegyzék

AlFadhly, N.K.Z., Alhelfi, N., Altemimi, A.B., Verma, D.K., Cacciola, F. és Narayanankutty, A. (2022) „Trends and Technological Advancements in the Possible Food Applications of Spirulina and Their Health Benefits: A Review”, *Molecules*, 27(17), o. 5584. <https://doi.org/10.3390/molecules27175584>.

Batista, A.P., Niccolai, A., Fradinho, P., Fragoso, S., Bursic, I., Rodolfi, L., Biondi, N., Tredici, M.R., Sousa, I. és Raymundo, A. (2017) „Microalgae biomass as an alternative ingredient in cookies: Sensory, physical and chemical properties, antioxidant activity and *in vitro* digestibility”, *Algal Research*, 26, o. 161–171. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2017.07.017>.

Bhatnagar, P., Gururani, P., Parveen, A., Gautam, P., Chandra Joshi, N., Tomar, M.S., Nanda, M., Vlaskin, M.S. és Kumar, V. (2024) „Algae: A promising and sustainable protein-rich food ingredient for bakery and dairy products”, *Food Chemistry*, 441, o. 138322. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.138322>.

Butnariu, M. és Sarac, I. (2019) „Functional Food”, *International Journal of Nutrition*, 3(3), o. 7–16. <https://doi.org/10.14302/issn.2379-7835.ijn-19-2615>.

Davidson, I. (szerk.) (2019) „Chapter 15 - Biscuit Production”, in *Biscuit, Cookie and Cracker Production*. Academic Press, o. 145–164. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815579-0.00015-5>.

Diaz, C.J., Douglas, K.J., Kang, K., Kolarik, A.L., Malinovski, R., Torres-Tiji, Y., Molino, J.V., Badary, A. és Mayfield, S.P. (2023) „Developing algae as a sustainable food source”, *Frontiers in Nutrition*, 9. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1029841>.

El-Naggar, N.E.-A., Hussein, M.H., Shaaban-Dessuuki, S.A. és Dalal, S.R. (2020) „Production, extraction and characterization of *Chlorella vulgaris* soluble polysaccharides and their applications in AgNPs biosynthesis and biostimulation of plant growth”, *Scientific Reports*, 10(1), o. 3011. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-59945-w>.

Fais, G., Manca, A., Bolognesi, F., Borselli, M., Concas, A., Busutti, M., Broggi, G., Sanna, P., Castillo-Aleman, Y.M., Rivero-Jiménez, R.A., Bencomo-Hernandez, A.A., Ventura-Carmenate, Y., Altea, M., Pantaleo, A., Gabrielli, G., Biglioli, F., Cao, G. és Giannaccare, G. (2022) „Wide Range Applications of Spirulina: From Earth to Space Missions”, *Marine Drugs*, 20(5), o. 299. <https://doi.org/10.3390/md20050299>.

García-Casal, M.N., Pereira, A.C., Leets, I., Ramírez, J. és Quiroga, M.F. (2007) „High Iron Content and Bioavailability in Humans from Four Species of Marine Algae^{1,2}”, *The Journal of Nutrition*, 137(12), o. 2691–2695. <https://doi.org/10.1093/jn/137.12.2691>.

García-Casal, M.N., Ramírez, J., Leets, I., Pereira, A.C. és Quiroga, M.F. (2008) „Antioxidant capacity, polyphenol content and iron bioavailability from algae (*Ulva* sp., *Sargassum* sp. and *Porphyra* sp.) in human subjects”, *British Journal of Nutrition*, 101(1), o. 79–85. <https://doi.org/10.1017/S0007114508994757>.

Hernández-López, I., Benavente Valdés, J.R., Castellari, M., Aguiló-Aguayo, I., Morillas-España, A., Sánchez-Zurano, A., Ación-Fernández, F.G. és Lafarga, T. (2021) „Utilisation of the marine microalgae *Nannochloropsis* sp. and *Tetraselmis* sp. as innovative ingredients in the

formulation of wheat tortillas”, *Algal Research*, 58, o. 102361. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2021.102361>.

Hildebrand, G., Poojary, M.M., O’Donnell, C., Lund, M.N., Garcia-Vaquero, M. és Tiwari, B.K. (2020) „Ultrasound-assisted processing of *Chlorella vulgaris* for enhanced protein extraction”, *Journal of Applied Phycology*, 32(3), o. 1709–1718. <https://doi.org/10.1007/s10811-020-02105-4>.

Hussain, T., Tan, B., Yin, Y., Blachier, F., Tossou, M.C.B. és Rahu, N. (2016) „Oxidative Stress and Inflammation: What Polyphenols Can Do for Us?”, *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2016(1), o. 7432797. <https://doi.org/10.1155/2016/7432797>.

Kumar, Agam, Ramamoorthy, D., Verma, D.K., Kumar, Arvind, Kumar, N., Kanak, K.R., Marwein, B.M. és Mohan, K. (2022) „Antioxidant and phytonutrient activities of *Spirulina platensis*”, *Energy Nexus*, 6, o. 100070. <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2022.100070>.

Kumaran, M., Palanisamy, K.M., Bhuyar, P., Maniam, G.P., Rahim, M.H.Ab. és Govindan, N. (2023) „Agriculture of microalgae *Chlorella vulgaris* for polyunsaturated fatty acids (PUFAs) production employing palm oil mill effluents (POME) for future food, wastewater, and energy nexus”, *Energy Nexus*, 9, o. 100169. <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2022.100169>.

Magyar Élelmiszerkönyv Bizottság (2003) *Tartós édesipari lisztes készítmények, Magyar Élelmiszerkönyv II. kötet, o. 22. Letöltés dátuma: 2025. 01. 20.*

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. és Speranza, L.G. (2022) „Algae as Food in Europe: An Overview of Species Diversity and Their Application”, *Foods*, 11(13), o. 1871. <https://doi.org/10.3390/foods11131871>.

Merlo, S., Gabarrell Durany, X., Pedroso Tonon, A. és Rossi, S. (2021) „Marine Microalgae Contribution to Sustainable Development”, *Water*, 13(10), o. 1373. <https://doi.org/10.3390/w13101373>.

Meulmeester, F.L., Luo, J., Martens, L.G., Mills, K., van Heemst, D. és Noordam, R. (2022) „Antioxidant Supplementation in Oxidative Stress-Related Diseases: What Have We Learned from Studies on Alpha-Tocopherol?”, *Antioxidants*, 11(12), o. 2322. <https://doi.org/10.3390/antiox11122322>.

Morasi, R.M., Rall, V.L.M., Dantas, S.T.A., Alonso, V.P.P. és Silva, N.C.C. (2022) „Salmonella spp. in low water activity food: Occurrence, survival mechanisms, and thermoresistance”, *Journal of Food Science*, 87(6), o. 2310–2323. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16152>.

Mosibo, O.K., Ferrentino, G. és Udenigwe, C.C. (2024) „Microalgae Proteins as Sustainable Ingredients in Novel Foods: Recent Developments and Challenges”, *Foods*, 13(5), o. 733. <https://doi.org/10.3390/foods13050733>.

Oliveira, S., Sousa, I. és Raymundo, A. (2022) „Printability evaluation of *Chlorella vulgaris* snacks”, *Algal Research*, 68, o. 102879. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2022.102879>.

- Pina-Pérez, M.C., Rivas, A., Martínez, A. és Rodrigo, D. (2017) „Antimicrobial potential of macro and microalgae against pathogenic and spoilage microorganisms in food”, *Food Chemistry*, 235, o. 34–44. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.05.033>.
- Procházka, P., Abrham, J., Cervený, J., Soukupová, J., Ouma, C.N., Mullen, K.J., Sanova, P. és Smutka, L. (2023) „Algae as a source of protein in the sustainable food and gastronomy industry”, *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 7. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1256473>.
- Rabelo, S.F., Lemes, A.C., Takeuchi, K.P., Frata, M.T., Carvalho, J.C.M. de és Danesi, E.D.G. (2013) „Development of cassava doughnuts enriched with *Spirulina platensis* biomass”, *Brazilian Journal of Food Technology*, 16, o. 42–51. <https://doi.org/10.1590/S1981-67232013005000001>.
- Rizwan, M., Mujtaba, G., Memon, S.A., Lee, K. és Rashid, N. (2018) „Exploring the potential of microalgae for new biotechnology applications and beyond: A review”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 92, o. 394–404. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.04.034>.
- Ru, I.T.K., Sung, Y.Y., Jusoh, M., Wahid, M.E.A. és Nagappan, T. (2020) „*Chlorella vulgaris*: a perspective on its potential for combining high biomass with high value bioproducts”, *Applied Phycology*, 1(1), o. 2–11. <https://doi.org/10.1080/26388081.2020.1715256>.
- Sayre, L.M., Perry, G. és Smith, M.A. (2008) „Oxidative Stress and Neurotoxicity”, *Chemical Research in Toxicology*, 21(1), o. 172–188. <https://doi.org/10.1021/tx700210j>.
- Sherafati, N., Bideshki, M.V., Behzadi, M., Mobarak, S., Asadi, M. és Sadeghi, O. (2022) „Effect of supplementation with *Chlorella vulgaris* on lipid profile in adults: A systematic review and dose-response meta-analysis of randomized controlled trials”, *Complementary Therapies in Medicine*, 66, o. 102822. <https://doi.org/10.1016/j.ctim.2022.102822>.
- Siladji, C., Djordjevic, V., Milijasevic, J.B., Heinz, V., Terjung, N., Sun, W. és Tomasevic, I. (2024) „Micro- and Macroalgae in Meat Products”, *Foods*, 13(6), o. 826. <https://doi.org/10.3390/foods13060826>.
- Sorrenti, V., Castagna, D.A., Fortinguerra, S., Buriani, A., Scapagnini, G. és Willcox, D.C. (2021) „*Spirulina* Microalgae and Brain Health: A Scoping Review of Experimental and Clinical Evidence”, *Marine Drugs*, 19(6), o. 293. <https://doi.org/10.3390/md19060293>.
- Terpou, A., Dahiya, D. és Nigam, P.S. (2025) „Prospects of Gels for Food Applications from Marine Sources: Exploring Microalgae”, *Gels*, 11(8), o. 569. <https://doi.org/10.3390/gels11080569>.
- Thoré, E.S.J., Muylaert, K., Bertram, M.G. és Brodin, T. (2023) „Microalgae”, *Current Biology*, 33(3), o. R91–R95. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2022.12.032>.
- Vigani, M., Parisi, C., Rodríguez-Cerezo, E., Barbosa, M.J., Sijtsma, L., Ploeg, M. és Enzing, C. (2015) „Food and feed products from micro-algae: Market opportunities and challenges for the EU”, *Trends in Food Science & Technology*, 42(1), o. 81–92. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2014.12.004>.

Wu, Q., Liu, L., Miron, A., Klímová, B., Wan, D. és Kuča, K. (2016) „The antioxidant, immunomodulatory, and anti-inflammatory activities of Spirulina: an overview”, *Archives of Toxicology*, 90(8), o. 1817–1840. <https://doi.org/10.1007/s00204-016-1744-5>.

7.1. Internetes irodalomjegyzék

Nils-Gerrit W. (2020) Global market size of algae products by region 2016-2023. Statista.com honlapja. Letöltés dátuma: 2024.11.19.

forrás: <https://www.statista.com/statistics/1032615/global-market-value-of-algae-by-region/>

Algák bevetésen (2019) Kertlap Kertészeti Magazin & Kertészeti Tanfolyamok honlapja.

Letöltés dátuma: 2024.11.18. forrás: <https://kertlap.hu/algak-bevetesen/>

8. Ábrák és táblázatok jegyzéke

8.1. Táblázatok jegyzéke

1. táblázat: Spirulina platensis és Chlorella vulgaris algák tápértékének összehasonlítása	10
2. táblázat: Kekszek receptje	16
3. táblázat: Az érzékszervi bírálat eredményeinek a szórása	32

8.2. Ábrák jegyzéke

1. ábra: Mikroalgák termesztése futótóban.	7
2. ábra: Mikroalgák termesztése fotobio-reaktorokban.	8
3. ábra: Az algapiac becsült értéke világszerte és Európában 2016 és 2023 között.	8
4. ábra: Receptúrában használt Chlorella alga.	15
5. ábra: Kekszek sütés után.	16
6. ábra: Dörzsmozsár segítségével apróra tört minták.	17
7. ábra: TA XT plus Texture Analyser.....	18
8. ábra: Konica Minolta CR-410 kromaméter.....	19
9. ábra: Novasina msl-aw készülék	20
10. ábra: Sartorius MA 50 gravimetriás műszer.....	21
11. ábra: Érzékszervi vizsgálat bírálati lapja	23
12. ábra: Kekszek magasságának változása sütés hatására	24
13. ábra: Kekszek keménységének változása	25
14. ábra: Kekszek törhetőségének változása	25
15. ábra: Világossági tényező (L*) változás	26
16. ábra: Vörös-zöld színezet (a*) változása	26
17. ábra: Sárga-kék közötti színezet (b*) változása	27
18. ábra: Színkülönbség (ΔE^*) változása	27
19. ábra: Kekszek vízáktivitásának (aw) változása	28
20. ábra: Nedvességtartalom változása	29
21. ábra: Polifenol-tartalom változása	30
22. ábra: Antioxidáns kapacitás változása	30
23. ábra: Érzékszervi bírálat eredménye.....	31

9. Köszönetnyilvánítás

Hálás vagyok a konzulensemnek, Molnárné Jakab Ivettnek, aki szakmai segítségével, tanácsaival hozzájárult szakdolgozatom sikerességéhez. Köszönöm a Gabona és Iparnövény Technológiai Tanszéken dolgozóknak, hogy a mérések elvégzését a laboratóriumukban végezhettem el.

Továbbá köszönettel tartozom a Felsőtárkányi Hagyományörző Néptáncgyűttesnek, melynek táncosai elvégezték a kekszek érzékszervi bírálatát.

10. Mellékletek

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Bárdos Anna
A Hallgató Neptun kódja: MAB1NH
A dolgozat címe: Alga alapú funkcionális keksz fejlesztése
A megjelenés éve: 2025
A konzulens intézetének neve: Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Gabona és Iparnövény Technológia Tanszék

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

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

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

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

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

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelté után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumban.

Kelt: Budapest, 2025. 10. 28.



Hallgató aláírása

NYILATKOZAT

Bárdos Anna (név) (hallgató Neptun azonosítója: MAB1NH) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekinttem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

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

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem

Kelt: 2025 év 10. hó 28. nap



belső konzulens

Hallgatók, doktoranduszok nyilatkozata mesterséges intelligencia (MI) alkalmazásáról

1. Általános adatok

Hallgató neve:	Bárdos Anna
Neptun-kódja:	MABINH
Képzési szint (a megfelelőt jelölje X-szel):	<input checked="" type="checkbox"/> BSc/BA <input type="checkbox"/> MSc/MA <input type="checkbox"/> Doktori (PhD) <input type="checkbox"/> Egyéb:
Tantárgy neve/kódja*:	Szakdolgozat
A munka címe:	Alga alapú funkcionális keksz fejlesztése

* 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)
Szakirodalmak keresése, fordítás	Chat GPT-5	

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

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

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

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

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

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

Oktató vagy témavezető által előírt szabályok:

.....

.....

.....

.....

4. Minden hallgatóra vonatkozó nyilatkozat:

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

Kelt: Budapest, 2025. 10. hó 28. nap

Zárdos Anna
.....

Hallgató aláírása

[Handwritten Signature]
.....

Konzulens/Témavezető aláírása