

SZAKDOLGOZAT

Radványi Nóra

2025



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

Növényi fehérjével dúsított tészták fizikai és beltartalmi tulajdonságai

Belső konzulens: Dr. Kaszab Tímea
egyetemi adjunktus

Belső konzulens
intézete/tanszéke: Élelmiszeripari Méréstechnika és
Automatizálás Tanszék

Készítette: Radványi Nóra

Budai Campus
2025

Tartalomjegyzék

RÖVIDÍTÉSEK.....	2
1 Bevezetés és célkitűzések	3
2 Szakirodalmi áttekintés	5
2.1 A gluténos és gluténmentes tészták és gyártási technológiáik.....	5
2.2 A gluténos tészták	5
2.2.1 A gluténos tészták gyártástechnológiája	6
2.2.2 A gluténmentes tészták	8
2.2.3 A gluténmentes tészták gyártástechnológiája	9
2.3 A kutatásban használt lisztek összetevői	11
2.3.1 Búza	11
2.3.2 Hidrokolloidok.....	12
2.3.3 Keményítő	13
2.3.4 Lecitinek.....	14
2.3.5 Rizsliszt	15
2.4 A tészták dúsítása.....	15
2.4.1 A borsó	16
2.4.2 A borsó beltartalmi jellemzői	17
2.4.3 A borsó felhasználása	18
2.5 A témához kapcsolódó korábbi kutatási eredmények bemutatása	19
3 Alkalmazott anyagok és módszerek	21
3.1 Felhasznált anyagok.....	21
3.2 Mérési módszerek	22
3.2.1 Nedvességtartalom mérése.....	22
3.2.2 Összes fehérjetartalom mérése.....	23
3.2.3 Szemcseméretvizsgálat.....	24
3.2.4 Amplitúdó pásztázás	25
3.2.5 Nyúlási vizsgálat	26
3.2.6 Vágás teszt.....	26
3.2.7 Színmérés	27
3.2.8 Statisztikai kiértékelés	27
4 Eredmények és értékelésük	28
4.1 Nedvességtartalom mérési eredménye.....	28
4.2 Összes fehérjetartalom mérési eredménye	29
4.3 Szemcseméret vizsgálat eredménye	30
4.4 Amplitúdó pásztázás eredménye.....	32
4.5 Nyúlási vizsgálat eredménye.....	35
4.6 Vágás teszt eredménye	38
4.7 Színmérés eredménye.....	39
5 Következtetések és javaslatok	42
6 Összefoglalás.....	43
7 Irodalomjegyzék	45
8 Ábra- és táblázatjegyzék	49

RÖVIDÍTÉSEK

Fizikai mennyiségek

a*	vörös-zöld színingerjellemző, -
b*	kék-sárga színingerjellemző, -
γ_{LVE}	nyírási deformáció lineáris viszkoelasztikus határnál, %
D	a nyújthatósági vizsgálatnál a nyúlás, mm
F	a nyújthatósági vizsgálatnál a nyúlással szembeni ellenállás (maximális erő), N
F _{MAX}	a vágási teszt során meghatározott maximális vágási erő, N
G'	tárolási modulus, Pa
G''	vesztései modulus, Pa
L*	világossági tényező, -
M _{Fmax}	a nyújthatósági vizsgálatnál a maximális erőig végzett nyújtási munka, Nmm
M _{VÁG}	a vágási teszt során meghatározott teljes vágási munka, Nmm
τ_f	nyírófeszültség, folyáspont, Pa

Mintakódok

K	kontroll, borsó lisztet nem tartalmazó tészta
S	sárgaborsó lisztet tartalmazó tészta
Z	zöldborsó lisztet tartalmazó tészta
GM	gluténmentes

Fogalmak rövidítései

AACC	Amerikai Gabonakémikusok Szövetsége (American Association of Cereal Chemists)
LVE	Lineáris viszkoelasztikus határ (Linear Viscoelastic range)
SMS	Stable Micro System

Statisztikai rövidítések

ANOVA	Varianciaanalízis (analysis of variance)
-------	--

1 Bevezetés és célkitűzések

A 21. századi táplálkozási trendeket jelentősen befolyásolja a fehérjeközpontú életmód, amely az elmúlt évtizedekben egyre nagyobb figyelem szegeződött, és folyamatosan bővülő célközönséget szerzett magának. A modern fogyasztók körében növekvő érdeklődés mutatkozik a fehérjében gazdag élelmiszerek iránt, amelyek számos formában elérhetők a piacon, legyen szó például proteinszeletekről, fehérjepudingról vagy egyéb, mesterségesen fehérjével dúsított termékekről. Ezen termékek népszerűsége azonban nem mindig alapul megfelelő tájékozottságon, és sokan nincsenek tisztában azzal, hogy az egészséges, kiegyensúlyozott táplálkozás nem feltétlenül igényel mesterséges adalékanyagokkal dúsított termékeket. A megfelelő táplálkozás eléréséhez elegendő, ha alaposan ismerjük azokat a természetes alapú élelmiszereket, amelyek kiemelkedő fehérjetartalommal rendelkeznek, és amelyek segíthetnek a napi fehérjeszükséglet kielégítésében.

A tészta népszerűsége világszerte növekszik, köszönhetően az egyszerű elkészíthetőségének, ízességének és sokoldalú felhasználhatóságának. A hagyományos búzalisztből készült tésztatermékek mellett, egyre gyakoribb lett, hogy a tésztát valamilyen gabonafélével (árpa, rozs stb.), álgabonafélékkel (hajdina, amaránt, quinoa) és hüvelyes növényekből készült liszttel (borsó, csicseriborsó) dúsítják. Az elmúlt évtizedekben a tésztatermékek harmadik csoportját a gluténmentes (GF vagy GM) termékeket nemcsak a lisztérzékenyek egyre növekvő száma fogyasztja, hanem azok is, akik egészségügyi okokból ki kívánják zárni az étrendjükből a gluténalapú termékeket.

Jelenleg széles választékban kaphatók gluténmentes termékek lisztérzékenyek számára, rizsből, kukoricából és más GM-lisztekből. Sajnos a legtöbbjük gyenge főzési minőséget mutat, különösen a búzából készült társaikhoz képest (Hager és mtsai., 2012; Lucisano, és mtsai., 2012). Ezenkívül sok gluténmentes termék tápértékben gyengébb, azaz ásványi anyagokban és biokomponensekben szegényebb, mint azok a búza alapú élelmiszerek, amelyeket helyettesíteni hivatottak. EFSA ajánlások alapján a napi szükséges rostbevitel egy felnőtt ember számára 25 g/nap. Az OTÁP (Országos Táplálkozási és Tápláltsági Állapot Vizsgálatok) 2022-es felmérése szerint a magyar lakosság élelmirost bevitel elmarad az ajánlásoktól, egyedül a 35-64 éves férfiak átlagos bevitel haladta meg kismértékben a javasolt mennyiséget, azonban esetükben is csak 46% volt azok aránya, akik megfeleltek az EFSA ajánlásnak.

Ezek az eredmények arra utalnak, hogy nagyobb figyelmet kell fordítani a gluténmentes termékek tápértékére és érzékszervi minőségére. Bár a jobb ízű, jobb textúrájú és egészségesebb gluténmentes termékek iránti kereslet nagyszerű piaci lehetőségeket kínál az

élelmiszergyártók számára, a glutén funkcionalitásának helyettesítése továbbra is jelentős technológiai kihívást jelent. A gluténmentes termékek előállításának nehézségi foka szorosan összefügg a glutén technológiai szerepével az élelmiszerrendszerben (Engleson és Atwell, 2008).

Kutatásom középpontjában a borsófehérjével dúsított, gluténtartalmú és gluténmentes lisztek vizsgálata áll, különös tekintettel azok fizikai, kémiai és tápértékbeli tulajdonságaira. A vizsgálatok során kiemelt figyelmet fordítottam a tészta készítés reológiai jellemzőire, valamint a borsófehérje hozzáadásának hatására bekövetkező fehérjetartalom-változásokra.

A cél az volt, hogy összehasonlíthatóvá váljanak a különböző lisztekből készült tészták technológiai viselkedései, és hogy fény derüljön arra, miként befolyásolja a borsófehérje a termékek szerkezetét, állományát és tápértékét – különös tekintettel a fehérjebevitel növelésére. Mindez hozzájárulhat ahhoz, hogy a jövőben a fehérjedúsítás ne csupán trendként, hanem tudományosan megalapozott, táplálkozás-élettani szempontból is előnyös fejlesztési irányként jelenjen meg a funkcionális élelmiszerek piacán.

2 Szakirodalmi áttekintés

2.1 A gluténos és gluténmentes tészták és gyártási technológiáik

A tésztatermékek évezredek óta szerves részét képezik az emberi táplálkozásnak, napjainkban pedig változatos formájukban szinte minden konyhakultúrában megtalálhatók. Hagyományosan búzalisztből készülnek, amelynek egyik fő összetevője a glutén—a tészta szerkezetének és rugalmasságának kialakulásáért felelős fehérje. Az utóbbi évtizedekben azonban a gluténérzékenység (cöliákia), valamint a gluténmentes étrend iránti fokozódó érdeklődés új kihívások elé állította az élelmiszeripart. Ez előtérbe helyezte a gluténmentes tészták fejlesztését, amelyek előállításuk technológiai és minőségi szempontból is jelentős tételt adnak a hagyományos, gluténtartalmú változatokhoz képest.

A gluténtartalmú és gluténmentes tészták közötti különbségek elsősorban a glutén szerkezetképző tulajdonságaiból erednek. A glutén jelenléte döntően befolyásolja a tészták szerkezetét, textúráját és technológiai viselkedését a feldolgozás során. Gluténmentes környezetben e funkcionális tulajdonságok hiánya jelentős kihívásokat vet fel a tésztaipari termékek előállításában, különösen a kívánt állag, rugalmasság és főzési stabilitás elérésében (Padalino és mtsai, 2016)

2.2 A gluténos tészták

A tészta fő alkotóelemei a glutén és a keményítő. A gluténos tészták alapját a gluténháló kialakulása adja, ez befolyásolja a tészta érzékszervi, főzési, reológiai és kémiai tulajdonságait. A gluténfehérje a tésztakészítés során gluténhálózatot alkot, és ez a hálózat a tészta és a végtermék vázát képezi. Kétségtelen, hogy a gluténfehérje megkülönböztető hatással van a tészta és a tészta minőségére. A hálózatba ágyazott keményítő nemcsak töltőanyagként szolgál. Kulcsfontosságú szerepet játszik a tészta minőségének meghatározásában is (Zi és társai, 2019). Li és munkatársai (2017) vizsgálták a keményítő hatását a tészta minőségére, kiemelve, hogy a keményítő szerkezete által okozott funkcionális tulajdonságok (például duzzadás, pasztaszerűség és zselatinképződés) változásai magyarázhatják a tészta állagának különbségeit. A gluténos tészta teljes egészében keményítóből és gluténfehérjéből álló kompozíciót alkot. A keményítő szerkezeti és funkcionális tulajdonságai nemcsak közvetlenül befolyásolják a tészta és a tészta minőségét, hanem a fehérjehálózati keretrendszer módosulásain keresztül is hatást gyakorolnak (Zhang és munkatársai, 2024). Ez rávilágít a keményítő tészta és a tészta minőségére gyakorolt hatásával kapcsolatos eltérő kutatási eredményekre a különböző kutatócsoportokban.

A glutén a búzaszemek fő raktározó fehérjéje. A glutén több száz rokon, de különböző fehérje, főként a gliadin és a glutenin összetett keveréke. Hasonló raktározó fehérjék léteznek, mint például a rozsban a szekalin, az árpadban a hordein és a zabban az aveninek, amelyeket együttesen „gluténnek” neveznek (Wieser és Herbert, 2007).

A glutén fehérjék összetett keveréke, beleértve a vízben oldhatatlan glutenint és az alkoholban oldódó gliadint (Lexhaller és munkatársai, 2019). Jellemzői a glutaminban és prolinban gazdag ismétlődő szekvenciák. A gluténfehérjék kölcsönhatásba lépnek, viszkoelasztikus gluténhálózatot hozva létre, amely különféle élelmiszerekké dolgozható fel. A gluténhálózat számos széles körben fogyasztott élelmiszer fő szerkezeti makro-építőeleme. Egyedülálló viszkoelaszticitása, gázvisszatartása és kohéziója kulcsfontosságú a gabonaalapú termékek, például a kenyér, sütemények, kekszek és tészta minősége szempontjából (Day és munkatársai, 2006). Mondoulet és munkatársai (2005) szerint az élelmiszer-feldolgozás változásokat idéz elő a glutén szerkezetében, ami közvetlenül megváltoztatja a glutén emésztési érzékenységét. Különösen a különböző feldolgozási módszerek eredményezik általában a glutén deformálódását és felnyílását, növelve az emésztőenzimek általi enzimatikus lebontásra való érzékenységét, és ezáltal javítva a glutén emészthetőségét (Gulati és mtsai., 2017). Számos tanulmány azonban kimutatta, hogy a sütés a glutén aggregációját okozza, csökkentve a glutén emészthetőségét (Smith és mtsai., 2015)

2.2.1 A gluténos tészták gyártástechnológiája

A gluténos tészták gyártástechnológiája során a búzafehérjék – különösen a glutén – kulcsszerepet játszanak a tészta szerkezetének, állagának és főzési tulajdonságainak kialakításában. Ebben a fejezetben bemutatom, hogyan befolyásolja a glutén a tésztakészítés egyes lépéseit – a keveréstől és hidratálástól kezdve az extrudáláson át egészen a szárításig. Megismerhetjük, milyen technológiai tényezők határozzák meg a tészta minőségét, és hogyan lehet ezeket optimalizálni a jobb textúra, íz és főzési stabilitás érdekében.

A glutén szerepe a tésztatermékek minőségében

A búzából készült élelmiszerek minőségét nagymértékben befolyásolja a bennük lévő glutén, egy fehérjeféleség. A gluténtartalmú termékek több feldolgozási lépésen mennek keresztül: például vizet adnak hozzájuk és összekeverik őket. Ennek hatására a tésztában háromdimenziós gluténhálózat alakul ki, amely segít a tészta szerkezetének kialakításában, és hozzájárul a végtermék állagához és minőségéhez.

A glutén leginkább a tészta pihentetése, formázása (extrudálása) és szárítása során befolyásolja a termék tulajdonságait. A pihentetés során a gluténhálózat megnyúlik, majd újra

összerendeződik. Liu és munkatársai (2021) kimutatták, hogy a 30 percnél hosszabb pihentetés jelentősen megnöveli a tésztában lévő szorosan kötött víz tartalmát. Ugyanakkor a pihentetési folyamat hozzájárul a keverés során felbomlott SS-kötések részleges helyreállításához, ami a glutenin makropolimerek tartalmának jelentős növekedését eredményezi a tésztában. A statikus pihentetés jelentősen elősegíti a gluténhálózat egyenletes és kompakt eloszlását, javítva a tészta textúráját és főzési tulajdonságait (Ye és munkatársai, 2023).

A keveréstől a hidratálásig

A tésztagyártás kezdeti lépése a búzadara és víz összekeverése. Az így kapott keverék víztartalma körülbelül 30–32%, ami jóval alacsonyabb a kenyérsütéshez szükséges értéknél. Ebben a szakaszban a fehérjék csak részben alakulnak ki, de a megfelelő vízeloszlás kulcsfontosságú a további feldolgozási lépésekhez.

Nemcsak a vízmennyiség számít, hanem a búzadara összetétele is – például a fehérje-, rost- vagy keményítőtartalom, valamint a szemcseméret. A megfelelően őrölt, alacsony hamu- és sérült keményítőtartalmú búzadara szép színű és jó minőségű tésztát eredményez. Ugyanakkor a nagyon nagy szemcseméret lassúbb vízfelvételt okozhat, így nem biztos, hogy a tészta jól hidratálódik.

Teljes kiörlésű lisztnél a szemcseméret különösen fontos: a nagyobb átlagos szemcseméret javíthatja a főzési tulajdonságokat, míg a túl változatos méret rontja azokat. Finomabb korpa keverése búzadarával jobb tésztaállagot eredményez, mint a durva korpa használata (Ye és mtsai, 2023).

A víztartalom hatása az extrudálásra és a tészta minőségére

A keverés során hozzáadott víz mennyisége és egyenletes eloszlása döntően befolyásolja a későbbi feldolgozást. Ha a hidratálás nem megfelelő, akkor fehér foltok jelenhetnek meg a tésztán, ami rossz minőségre utal. Túl sok víz pedig ragadós és gyenge szerkezetű tésztát eredményez.

De la Peña és Manthey (2015) tanulmánya kimutatta, hogy nagyobb víztartalom mellett csökken az extrudálási nyomás és a szükséges energia, viszont ez a tészta szerkezetét és színét is befolyásolja. A magas víztartalmú tészta vékonyabb lesz, amitől főzéskor puhábbá válik, és jobban veszít a tömegéből.

A receptúra hatása a vízfelvétele

Ha nemcsak búzát, hanem más összetevőket (pl. rostokat vagy olajos magvakat) is használunk a tésztában, akkor különösen oda kell figyelni a vízmennyiségre. A rostok sok vizet

szívnek fel, és ez csökkenti a fehérjék vízfelvételét, ami hátrányosan befolyásolja a gluténháló kialakulását. Ez rontja a főzött tészta állagát is. Teljes kiőrlésű tészta esetén nagyobb a viszkozitás, ezért több vízre van szükség azonos állag eléréséhez. A kutatások szerint a tészta víztartalma nem haladhatja meg a 32%-ot, míg olajos magvak esetében (pl. lenmagliszt) ez az érték 30% legyen. Egy javasolt megoldás az, hogy a korpát és a búzadarát külön hidratálják, így elkerülhető, hogy a rostok túl sok vizet vegyenek fel a fehérjék elől. Ez jobb állagú és ízű tésztát eredményezhet – bár ezt ipari szinten még tovább kell vizsgálni (Li Y. és társai, 2023).

A formázás és szárítás szerepe

A tészta formázása kétféleképpen történhet: extrudálással (amikor nyomással préselik át egy sablonon) vagy hengerezéssel (amikor fokozatosan lapítják). Az iparban az extrudálást részesítik előnyben, mert sokféle tésztaformát lehet vele előállítani. Ha az extrudálás nem megfelelő, az károsíthatja a gluténhálót, és ez főzés közben a tészta szétesését okozhatja. Emellett a keletkező hő miatt a keményítő idő előtt megduzzadhat, ami szintén rontja a tészta minőségét. Ezt úgy lehet elkerülni, hogy alacsony hőmérsékleten (50 °C alatt) történik az extrudálás, és olyan búzát használnak, amelynek a keményítője magasabb hőmérsékleten kezd el zselésedni. A szárítási szakasz döntő fontosságú, mivel ez határozza meg a tészta végleges állagát, eltarthatóságát és főzési tulajdonságait. A megfelelő szárítás során a fehérjék megszilárdulnak, így a keményítő nem tud kiszökni a tésztából főzés közben. Ha viszont a fehérjeháló nem alakul ki jól, akkor a keményítő túlságosan megduzzad, és a tészta ragacsossá, túl puhává válik (Li és mtsai., 2023).

2.2.2 A gluténmentes tészták

A gluténmentes tészták fogyasztása vezető szerepet tölt be a 21. századi táplálkozásban. A glutén intoleranciában szenvedők és az újabban felfedezett ún. nem-lisztérzékenységben (NCGS) betegeknel jelenleg a glutén kivonása az étrendből az egyetlen módja a tünetek megelőzésének, így a gluténmentes termékek iránti igény nagyban hozzájárult a gluténmentes termékek fejlesztéséhez (Lux és munkatársai, 2023).

A hagyományos tészták egyik fő szerkezeti eleme, a glutén, olyan fehérjehálózatot képez, amely elősegíti a megfelelő állagot, vízmegtartást és főzési stabilitást. Ennek hiányában azonban a tészták szerkezeti integritása, viszkoelasztikus tulajdonságai, valamint érzékszervi jellemzői jelentősen megváltozhatnak. A gluténmentes termékek előállítása komoly technológiai kihívást jelent, mivel a glutén szerkezetképző szerepét nehéz pótolni. A fejlesztés során gyakran alkalmaznak keményítőket (pl. kukorica-, rizs- vagy burgonyakeményítőt), illetve különböző hidrokolloidokat, például alginátokat, hogy a glutén hiányát ellensúlyozzák.

Ezek az anyagok képesek stabilizálni a tészta szerkezetet, növelik a vízmegkötő képességet, javítják a gélképződést és segítenek fenntartani a megfelelő főzési minőséget (De Arcangelis és mtsai., 2020).

Az álgabonák, például az amarant, táplálkozás-élettani szempontból értékes alternatívát kínálnak a gluténmentes tészta előállításához. Természetes módon gluténmentesek, és jelentős mennyiségű fehérjét, rostot és keményítőt tartalmaznak, így különösen előnyösek az ilyen típusú termékek fejlesztésében. Ennek ellenére ezek az alapanyagok eddig leginkább csak kisebb arányban kerültek felhasználásra a gluténmentes száraztésztákban. A friss gluténmentes tészták kutatása még kevésbé előrehaladott, és jellemzően kölesből, rizsből, hajdinából vagy szójából készült tésztákkal foglalkozik néhány tanulmány (Belton és Taylor, 2002).

A nátrium-alginát, mint hidrokolloid, különösen hasznos lehet a gluténmentes tészták szerkezetének kialakításában. Ez az anyag a barna algák sejtfalából származó alginát sója, amely kalciumionokkal kombinálva hőstabil gél képez. A gél szilárdságát az alginát poliguluronát-tartalma határozza meg, amely a „tojásdoboz-modell” szerint köti meg a kalciumionokat, így létrehozva egy stabil térhálós szerkezetet. Ez a tulajdonság lehetővé teszi, hogy a gluténmentes tészták szilárdabb, jól formázható és főzésálló állaggal rendelkezzenek (Roberts és mtsai., 2000).

2.2.3 A gluténmentes tészták gyártástechnológiája

Napjainkban a piacon kapható legtöbb gluténmentes termék érzékszervi és főzési minősége gyengébb a búzaliszt alapú termékekéhez képest. A kiváló minőségű gluténmentes tészta előállítása a fehérje, a nedvesség és a hidrokolloidok pontos mennyiségének alkalmazásával, valamint a gluténhálózat helyettesítésére szolgáló megfelelő főzési technikák és készítmények kiválasztásával valósítható meg (Larossa és munkatársai, 2016)

A GM termékek minőségének javítására a leggyakoribb megközelítés a keményítő makromolekuláris szerkezetének módosítása. A GM összetevők elsődleges alkotóelemeiként a keményítő kulcsszerepet játszik a GM élelmiszergyártásban. A GM élelmiszertechnológia elsősorban a tészta melegítési és hűtési folyamataira támaszkodik, amelyek két jelenséget hasznosítanak: a keményítő előtti zselatinizációt és annak későbbi retrogradációját (Padalino és munkatársai, 2016).

Az extrudálási eljárással előállított GM tészta jobb minőséget mutatott, amelyet a főzés utáni fokozott szilárdság és textúra, valamint a csökkent főzési veszteség jellemez. A forró levegőn szárított tészta fokozott szilárdságot és fehérjeoldhatóságot, valamint a főzési veszteség és a viszkoelaszticitás csökkenését mutatta (Zhang és mtsai., 2013). Az elmúlt években számos

technikai eljárást alkalmaztak a gluténmentes tészta jellemzőinek módosítására és a sütési alkalmasság javítására. A 100–1000 mPa tartományban végzett nagynyomású kezelés csökkentette a keményítő zselatinizációs hőmérsékletét, megváltoztatva a fehérje jellemzőit, beleértve a térhálósodást is, és módosítva a tészta viszkoelaszticitását (Deora és munkatársai, 2014). Az olyan technikákat, mint az ultrahangos kezelés és a mikroőrlés, alkalmazták a liszt szemcseméretének csökkentésére, de ezeknek nem volt pozitív hatásuk a kenyér térfogatára vagy porozitására (Capelli és mtsai., 2020).

A gluténmentes tésztakészítés egyik legalkalmasabb technológiája azonban az extrudálás-főzés eljárás, amelynek során a natív lisztet gőzzel kezelik, és magas hőmérsékleten (több mint 100 °C) rövid ideig extrudálják, hogy elősegítsék a keményítő zselatinizációját közvetlenül az extruder-főzőben. Ahogyan azt Wolf (2010) nemrégiben beszámolta, a kristályos keményítő makromolekulák amorfabb anyaggá alakulnak, amely képes képlékeny termék előállítására. Ennek következtében az extrudálással-főzéssel készült tészta főzés után nagyobb szilárdságot, textúrát és ízt mutat a hagyományos extruderrel előállított tésztához képest (Wang és munkatársai, 2006).

Egy 2014-es tanulmány a gluténmentes tészta fejlesztésének alternatív megközelítéseiről számolt be, kiemelve az enzimatikus megoldásokat. Az enzimek újszerű megoldást és biztonságos alternatívát kínálnak a kémiai vegyületekkel/összetevőkkel szemben, mivel képesek katalizálni a biokémiai reakciókat, és általánosan biztonságosnak elismert státuszúak, ami a túlzott fogyasztással járó negatív egészségügyi hatások hiányát jelenti (Gallagher, 2009). Az enzimek használata az élelmiszer-feldolgozásban egyre növekszik, mivel hatásuk a hagyományos kémiai módszerekhez képest környezet-barátabb kémia alapul. A gluténmentes tészta kontextusában az enzimek alkalmazását jelenleg a tészta reológiai jellemzőinek vagy a tésztakezelési tulajdonságainak javítására, valamint a gluténmentes termékek eltarthatóságának meghosszabbítására használják. Az enzimekről az is ismert, hogy hidrolízis, oxidáció vagy fehérje-térhálósodási reakció révén módosítják a gluténmentes tésztát, ami a reológiai tulajdonságok és a kapcsolódó termékjellemzők javulásához vezet (Deora és mtsai., 2014).

A legújabb trendek magukban foglalják mind a növényi, mind az állati eredetű fehérjék, például a kazein, a tojásfehérje és a rizsfehérje beépítését a gluténmentes tésztákba és tésztákba. Ez a hozzáadás a főzési veszteség csökkentését és az állag javítását célozza (Park és Kim, 2023)

2.3 A kutatásban használt lisztek összetevői

2.3.1 Búza

A búzaliszt a búzaszemek őrléséből nyert por, amely a gabonaalapú élelmiszerek fő alapanyaga. A búzaliszt minősége, amely közvetlenül befolyásolja a lisztből készült ételek megjelenését, ízét és állagát, számos tényező függvénye, beleértve a búzafajtát, a feldolgozási technológiát és a tárolási körülményeket. Jelenleg a liszt minőségét jellemzően a kémiai összetétel (fehérje, glutén, keményítő és sérült keményítőtartalom), a tészta reológiai tulajdonságainak (viszkoelaszticitás és nyújthatóság) mérésével, vagy az élelmiszer-készítési teljesítmény (gőzölés, forralás és sütés) közvetlen vizsgálatával értékelik (Lin és munkatársai, 2019)

A búzaliszt minőségét alapvetően a kémiai összetétele határozza meg. A búzaliszt fő összetevői a fehérje (körülbelül 10%–12%) és a keményítő (körülbelül 70–75%), míg a kisebb összetevők a poliszacharidok (körülbelül 2-3%) és a lipidek (körülbelül 2%) (Goesaert és mtsai., 2005). A kémiai összetétel befolyásolhatja a tészta dagasztási tulajdonságait (vízfelvételi sebesség), a gluténháló kialakulását, a tészta tulajdonságait (keménység, viszkozitás, rugalmasság, nyújthatóság, képlékenység, vízvisszatartás stb.) és a főzési jellemzőket (alaktartás, rágási viszkozitás, keménység, zsugorodás stb.), amelyek különösen fontosak a búza lisztből készült ételek esetében (Marchetti és munkatársai, 2012).

A búzaliszt hamutartalma az egyik legfontosabb minőségi paraméter, amely a lisztben található ásványi anyagok mennyiségét jelzi. A hamu a foszfor, a kálium, a kalcium, a magnézium, a vas, a cink és a réz különböző vegyületeiből áll, ezek aránya a lisztben viszonylag állandó: a foszfor mintegy 45%-ot, a kálium körülbelül 38%-ot, a magnézium 13%-ot, a kalcium pedig 3%-ot képvisel, míg a többi elem együttesen mintegy 1%-ot tesz ki. A teljes búzaszem ásványianyag-tartalma 1,17–2,96% között változhat, amelyet a genotípus, a fajta, a termesztési hely és az évjárat egyaránt befolyásolhat. Az ásványi anyagok a búzaszemben egyenlőtlenül oszlanak el: az aleuronréteg és a termőtest tartalmazza az összes ásványi anyag mintegy 68%-át, az endospermium 20%-ot, míg az embrió körülbelül 12%-ot (Kulkarni és mtsai., 2006).

Czaja és munkatársai 2020-as tanulmányukban megállapították, hogy a liszt hamutartalma szoros összefüggésben áll az őrlés mértékével és a liszt tisztaságával. A magasabb hamutartalmú lisztek kevésbé finomítottak, több korpá- és csírarészecskét tartalmaznak, ennek következtében sötétebb színűek, és a bennük található enzimek – például

az amiláz és a proteáz – aktivitása is nagyobb. Ezzel szemben az alacsonyabb hamutartalmú lisztek, mint például a finomlisztek (pl. BL55), tisztábbak, világosabb színűek, és jobb technológiai tulajdonságokat mutatnak a sütőipari feldolgozás során. Bár a magasabb hamutartalom növeli a liszt tápértékét az élelmi rost, a vitaminok és a nem gluténtartalmú fehérjék mennyiségének emelkedése miatt, technológiai szempontból hátrányos, mivel gyengíti a tészta szerkezetét és a gluténmátrix stabilitását.

Egy 2024-es kutatás különböző búzalisztek, többek között a BL55-ös liszt, fizikai és kémiai tulajdonságait vizsgálta. A BL55-ös liszt a vizsgált minták között a fehér búzalisztek csoportjába tartozott, melyet átlagosan 0,55%-os hamutartalom jellemezett. A kutatás kimutatta, hogy a fehér lisztek, így a BL55 típus is, alacsonyabb hamutartalmú, mint a teljes kiőrlésű lisztek, ami a finomabb őrlési foknak és a korpa, illetve csíra eltávolításának tulajdonítható. A hamu mennyisége ezzel összefüggésben a liszt tisztaságát és finomságát is jelzi: minél kisebb az érték, annál világosabb és technológiailag kedvezőbb a liszt, bár ásványianyag-tartalma ezzel arányosan csökken. A BL55 lisztek nedvességtartalma a vizsgálat szerint 9,5–11,8% közé esett, ami megfelel a hosszú távú tárolásra vonatkozó élelmiszeripari előírásoknak (maximum 14,5%). A nedves gluténtartalom átlagosan 30–32%, a száraz gluténtartalom pedig kb. 12,8% volt. Ez a gluténmennyiség a jó minőségű sütőipari lisztekre jellemző, hiszen a glutén a tésztaképződés és a sütési tulajdonságok egyik kulcsfontosságú paramétere (Bodor és munkatársai, 2024)

2.3.2 Hidrokolloidok

Az algákból, növényekből, mikroorganizmusokból származó élelmiszer-hidrokolloidok, valamint a cellulóz és keményítő enzimes vagy kémiai módosításával létrehozott biopolimerek nagy molekulatömegű vegyületek, hidrofil szálakat tartalmaznak, gyakran kolloid tulajdonságokkal (képesek nagy mennyiségű vizet szilárdan megkötni, akár tömegük százszorosát is meghaladó mértékben, így meghosszabítva a termék eltarthatóságát). Ezeket a vegyületeket az élelmiszeriparban összetevőként alkalmazzák a textúra és az íz javítására, valamint az eltarthatóság növelésére, főként kenyér és tészták esetében. A hidrokolloidok alkalmazása a tésztákban a vízmegtartó képességük, a viszkozitás, a hidratációs sebesség növelési képességétől és a hőmérséklet hidratációra gyakorolt hatásától függ, mivel a legtöbb hidrokolloid esetében a viszkozitás a hőmérséklet növelésével csökken (Sumnu, 1999)

A hidrokolloidok beépítése egyszerű megoldást jelenthet a tésztafőzés minőségének javítására. A búzából készült tésztahoz képest a csak gluténmentes lisztből készült tésztát általában

alacsony minőségűnek tekintik; nem tűri a túlfőzést, ragacsos, és mindenekelőtt jelentős főzési veszteség jellemzi. A hidrokolloidok javítják a szilárdságot, testességet és kellemes szájérzetet adnak a gluténmentes tészta számára, mivel kis mennyiségben is képesek gélt képezni, ami szobahőmérsékleten is sűrű állagot biztosít. Padalino és munkatársai (2011) arról számoltak be, hogy a hidrokolloidok, mint például a kitin és a karboximetil-cellulóz, javították a zabkorpával készült kukoricás tészta érzékszervi tulajdonságait (rugalmasság, tapadóképesség és térfogat), mivel a hidrokolloidok segítenek a kukoricakeményítő zselatinizációjában, így stabil hálózatot képezve, ami javítja a tészta szerkezetét. Különösen arról számoltak be, hogy a kitin és a karboximetil-cellulóz csökkenti a zabkorpával dúsított kukoricán alapuló spagetti minták tapadóképességét és térfogatát, mivel a hidrokolloidok kémiai csoportjai képesek stabil polimer hálózatot képezni, amely megköti a keményítőszemcséket, lassítva az amilóz felszabadulását. Más szóval a hidrokolloidok versenyeznek a keményítővel a vízfelvételért, így módosítják a zselatinizációs folyamatot. Silva és munkatársai (2013) azt találták, hogy a nagy vízegkötő képességű hidrokolloidok, mint például a hidroxipropil-metil-cellulóz és a xantángumi csökkenthetik a zselatinizálódott keményítőszemcséket, mivel azok versenyeznek a rendelkezésre álló vízzel. Padalino és munkatársai (2014) arról számoltak be, hogy a csicseriborsóliszttel dúsított kukoricalisztből készült spagetti pektin hozzáadása után mutatta a legalacsonyabb zselatinizációs fokot a kontrollmintákhoz, vagy a guargumit és agart tartalmazó mintákhoz képest. Továbbá megfigyelték, hogy a hidrokolloidok hozzáadása különbséget okoz a keményítőhálózat (gellángumi, karboximetil-cellulóz, pektin, agar, tojásfehérje-por, tápiókakeményítő, guargumi liszt és kitin) reológiai tulajdonságaiban, főként a granulátum zselatinizációjának, a gumi oldódásának vagy keményítő-gumi kölcsönhatásoknak a változásai miatt.

2.3.3 Keményítő

A gluténmentes kenyér és tészta minőségének javítására a leggyakoribb módszer a keményítő funkcionalitásának és makromolekuláris szerkezetének módosítása. A keményítő kulcsszerepet játszik a gluténmentes élelmiszergyártásban, mivel a gluténmentes alapanyagok fő összetevője. A gluténmentes élelmiszertechnológia elsősorban a tészta melegítési és hűtési műveleteire támaszkodik, amelyek két jelenséget használnak ki: a keményítő zselatinosodása előtti szakaszt és annak retrogradációját. (overview)

Zhang és munkatársai (2013) megfigyelték, hogy a keményítő vízfelvétele csökkent a szárítási hőmérséklet emelkedésével; még a lipid-amilóz komplexek képződése is hozzájárulhatott a textúra szilárdságának növeléséhez és a főzési veszteség csökkentéséhez. D'amico és

munkatársai (2010) arról számoltak be, hogy a magas szárítási hőmérséklet és az előszárítás (alacsonyabb hőmérsékleten) befolyásolta a textúra tulajdonságait, különösen a főzési veszteséget és a fehérjeoldhatóságot, ami az amarant/quinoa/hajdina és köles/fehér bab alapú gluténmentes tészta kiváló szerkezeti integritását jelzi.

A keményítőhelyettesítéssel módosítható egy adott búzaliszt tésztakészítési teljesítménye. Ezzel kapcsolatban Chen és munkatársai (2006) vizsgálták a búzaliszt egy részének burgonya- és édesburgonyakeményítő-frakciókkal, valamint azok származékaival való helyettesítésének hatását fehér sózott tésztára. A szerzők a főzési veszteség csökkenéséről, valamint a puhaság, nyújthatóság és csúszósság jelentős növekedéséről számoltak be, amikor a búzát legfeljebb 20%-ban acetilezett burgonyakeményítővel vagy acetilezett édesburgonyakeményítővel helyettesítették. Mások arról is beszámoltak, hogy 10% módosított búza- vagy viaszos kukoricakeményítő hozzáadása csökkentette a főtt tészta felületi szilárdságát. Ezzel szemben a sötétkék tarkabab-keményítők használata jelentősen növelte a főtt keményítőtartalmú tészta keménységét (Saleh és munkatársai, 2016)

2.3.4 Lecitinek

Az élelmiszer-emulgeálószerke régóta létfontosságú összetevői a zsírokat és olajokat tartalmazó feldolgozott élelmiszereknek, míg újabban számos alacsony zsírtartalmú és zsírmentes termékben is fontos szerepet játszanak. Ennek a tényerésnek az oka, hogy a víz-olaj keverékek stabilizálása mellett az emulgeálószerke számos más funkciót is ellátnak. Ezek közé tartozik a levegőztető/habosítószerként, habzágátlóként, kristályosodást elősegítőként, viszkozitásmódosítóként, diszpergálószerként, kristályosodásgátlóként, kenőanyagként és agglomerálószerként való működés.

Ilyen például a szójaolajból származó lecitin, amely egy foszfolipid vegyület. A lecitin azon képessége, hogy egyszerre kölcsönhatásba lép az olajjal és a vízzel, teszi ilyen hatékony és stabil emulgeálószerre. Amikor egy emulgeálószer egy rendszerbe kerül, segít stabil emulziót fenntartani két nem elegyedő folyadék között. Az emulgeálószer csökkenti a két folyadék közötti felületi feszültséget, és lehetővé teszi, hogy összekeveredjenek és stabil, heterogén diszperziót képezzenek

A vizsgálatok arra utalnak, hogy az emulgeálószer, különösen a lecitin, kifejezett hatással van a sütemények eltarthatóságára, az emulgeálószer típusától és koncentrációjától függően, amely technológiailag releváns tartományban változik. Speciális molekulaszervezetük, valamint lipofil és hidrofil funkciós csoportjaik miatt képesek csökkenteni az összetevők közötti

határfelületi feszültséget, és ismert, hogy befolyásolják a süteménytészta számos tulajdonságát, például a reológiát, a nedvesség- és hőmérsékletérzékenységet, valamint a temperálási viselkedést (Hoque és munkatársai, 2009).

Ipari méretekben növényi forrásokból, például szójababból, repceből, napraforgóból izolálható, pl. és kenyérsütésben használható javítóanyagként, akár 6 g/kg liszt koncentrációban (Helmerich, 2005) Foszfolipid tartalma miatt emulgeálószerként, viszkozitásszabályozóként és diszpergálószerként működhet a kenyérsütésben, és javítja a tészta erjedési viselkedését, a búzaliszt tészta reológiai tulajdonságait, a tészta minőségi jellemzőit, mint például a tészta térfogata és atartósítása, valamint a kívánatos texturális tulajdonságokat, mint például a puhaság, a gazdagság és a jobb szájérzet (Codină, 2016)

2.3.5 Rizsliszt

A rizslisztet gyakran használják alapanyagként a GM termékek elkészítéséhez íztelensége, könnyű emészthetősége és hipoallergén tulajdonságai miatt. A rizsliszt alkalmazása alacsony főzési és érzékszervi minőségű tésztát eredményez a rizsfehérje által fejlesztett gyenge hálózat miatt. Emiatt javasolták erősítőszerke és specifikus kezelések, köztük fermentációs, hidrotermikus és enzimikus kezelések használatát a GM termékek fejlesztéséhez szükséges hálózat kialakításához. A piacon található extrudált gluténmentes termékek többsége fehér vagy polírozott rizst és kukoricát tartalmaz fő összetevőként, ezek bősége, alacsony költése és nagy tágulási képessége miatt. A fehér vagy polírozott rizs azonban alacsony rosttartalmú, és viszonylag gyenge technológiai tulajdonságokkal rendelkezik (Padalino és mtsai., 2016)

Nemrégiben Marti és munkatársai (2010) barna rizsliszttel készítettek gluténmentes tésztát, amely táplálkozási szempontból fontos előnynek számít. A barna rizs nagyobb rosttartalma a keményítőhálózat gyengüléséért és következésképpen a főzési veszteség növekedéséért is felelős. Hasonlóképpen a rost keményítőmátrixba való beépítése részben csökkentette az örölt rizslisztből készült tésztákban található extrém szilárdságot és rugalmasságot.

2.4 A tészták dúsítása

A lisztérzékenységben szenvedőknek szánt termékekben a búza helyettesítésére használt nyersanyagok a kukorica, rizs az élgabonafélék, a cirok, valamint ezek keményítői. A nem hagyományos lisztek gyakran nem rendelkeznek hasonló minőséggel, mint például a tésztatermékekhez használt durum búzadara, ezért megfelelő technológiát igényelnek a

feldolgozásukhoz. Ezenkívül megfigyelték, hogy a gluténmentes termékekből hiányoznak az élelmi rostok és más fontos tápanyagok, például ásványi anyagok és vitaminok, mivel ezeket általában finomított lisztből és/vagy olyan keményítőből nyerik, amelyeket általában nem dúsítanak vagy erősítenek. Manapság a fehérjében és élelmi rostokban gazdag összetevők, például a hüvelyes- és zöldséglisztek a hagyományos gluténmentes lisztekkel és keményítővel kombinálva hozzáadhatók a változatosság növelése és a gluténmentes termékek tápértékének javítása érdekében (Padalino és mtsai., 2016)

2.4.1 A borsó

A borsó (*Pisum sativum L.*) a bab és a csicseriborsó után a világon az egyik leggyakrabban termesztett hüvelyes növény, és értékes tápértékprofil jellemzi, gazdag fehérjében, rostban (FAO, 2023). A borsó a borsónövényből származik, amely egy rendkívül tápláló hüvelyes növény. A borsó jelentős fehérjetartalmának köszönhetően az élelmiszeripar egyik fontos alapanyaga, különösen a növényi alapú étrendet követők számára. A növény fehérjetartalmának mennyisége és minősége nagymértékben függ az érési állapotától, amely meghatározza ipari felhasználhatóságát is.

A borsó a Fabaceae, vagyis a hüvelyesek családjába tartozik, amely az egyik legfontosabb növény család az élelmiszertermelés szempontjából. A *Pisum sativum* nemzetség több fajt is magában foglal, de a közönséges borsó az egyik legismertebb és legszélesebb körben termesztett faj. Ezt a növényt elsősorban emberi fogyasztásra termesztik, friss, szárított vagy feldolgozott formában, emellett állati takarmányként és ipari alapanyagként is felhasználják.

A borsó termése egy hüvely, amely jellemzően háromtól nyolc borsószemet tartalmaz. A hüvely kezdetben zöld színű, majd az érési folyamat során fokozatosan megváltoztatja árnyalatát, sárgulhat vagy barnás árnyalatot vehet fel. A növény alkalmazkodóképessége kiemelkedő, különösen a mérsékelt éghajlati övezetekben érzi jól magát. Kedveli a tápanyagban gazdag, jó vízelvezetésű talajokat, és különösen előnyös számára a magas nitrogéntartalmú talaj, mivel a hüvelyes növények gyökérnoduszain keresztül képesek a levegő nitrogénjét megkötni. Ez a tulajdonságuk nemcsak a saját fejlődésüket segíti, hanem a talaj termőképességének javításához is hozzájárul, ami fenntartható mezőgazdasági gyakorlatok szempontjából kiemelkedően fontos (Penszka K, 2001)

A borsó optimális növekedési hőmérséklete 18 és 21 °C között mozog, ami azt jelenti, hogy mérsékelt éghajlaton termeszthető a legjobban. A növekedési ciklusa során a csírázástól a betakarításig megfelelő mennyiségű nedvességre van szüksége, azonban a túlzott csapadék

vagy a pangó víz károsíthatja a gyökereit. A termesztési időszakban a növény megfelelő gondozása és a kedvező környezeti feltételek biztosítása kulcsfontosságú a magas termés hozam és a jó minőségű fehérje előállítás szempontjából (Balázs G., 2013)

A borsó érettségi állapota kritikus tényező a fehérje tartalom és a termés minőségének meghatározása szempontjából. A borsó hüvelye és a benne lévő magvak különböző érettségi szakaszokon mennek keresztül, és ezek a szakaszok meghatározzák a borsófehérje kinyerését és minőségét (Balázs G., 2013).

2.4.2 A borsó beltartalmi jellemzői

A borsó értékes növényi eredetű fehérjeforrás, tápértékéről, esszenciális aminosavairól és alacsony allergénitásával nevezetes, így széles körben alkalmazható élelmiszerekben, gyógyszerekben és anyagokban. Főleg globulinból és albuminból áll, amelyek befolyásolják funkcionális tulajdonságait és alkalmazásait.

A borsó magas fehérjetartalmú, amely 100 grammonként 75-85 gramm fehérjét is tartalmazhat. Szénhidrát tartalma alacsony, 3-7 gramm között mozog, amelyből a cukortartalom kevesebb mint 1 gramm. Ezenkívül rostokban is gazdag, 1-3 gramm rostot tartalmazhat, amely elősegítheti az emésztést. Zsírtartalma szintén alacsony, mindössze 1-3 gramm, miközben energiataralma 350-400 kcal között van 100 grammonként.

A borsó teljes értékű fehérjeként is használható, azonban metionintartalma viszonylag alacsony. Az esszenciális aminosavak tekintetében különösen gazdag lizinben, amely kulcsfontosságú az izomfejlődésben és a szövetek regenerációjában. Az alábbiakban néhány fő aminosav mennyiségét tüntetjük fel 100 gramm borsófehérjében (Bíró és Lindner, 1998):

- Leucin: ~7-8 g
- Izoleucin: ~4-5 g
- Valin: ~4-5 g
- Lizin: ~6-7 g
- Metionin + Cisztein: ~1-2 g
- Fenilalanin + Tirozin: ~8-9 g
- Triptofán: ~1 g (Nutrients, 2025)

A feldolgozás során egyes ásványi anyagok csökkenhetnek, de a borsófehérje értékes forrása marad néhány fontos mikrotápanyagnak (Bíró és Lindner, 1998):

- Vas: 5-10 mg
- Magnézium: 50-100 mg
- Kálium: 200-300 mg
- Cink: 2-4 mg
- Foszfor: 200-300 mg

2.4.3 A borsó felhasználása

A borsó kiemelkedő funkcionális tulajdonságokkal rendelkezik, beleértve az oldhatóságot, a víz- és olajmegkötő képességet, az emulzióképződést, a gélesedést és a viszkozitást. Ezek a tulajdonságai teszik ígéretes összetevővé az élelmiszeripar számára. A borsófehérje egy viszonylag újszerű növényi fehérjeforrás, amely megfelelő elérhetősége miatt egyre népszerűbb az iparban, különösen gazdaságossága, költséghatékonysága, kedvező tápértéke és jelentős egészségügyi előnyei miatt.

Az élelmiszeripar folyamatosan fejlődik és új megoldásokat keres a fenntarthatóság és az egészséges táplálkozás előremozdítása érdekében. Az egyik legfontosabb innovációs terület a különböző alternatív fehérjeforrások bevezetése, amelyek számos élelmiszeripari termékben helyettesítik a hagyományos állati eredetű összetevőket. Ezek az összetevők magas fehérjetartalommal rendelkeznek, glutén- és laktózmentesek, kiváló emulgeáló és vízmegkötő képességgel bírnak, valamint semleges ízük révén könnyen fűszerezhetők és különböző ételekhez adaptálhatók. Emellett fenntartható és környezetbarát alternatívát kínálnak az élelmiszergyártás számára.

Ugyanakkor, mint más növényi fehérjék, a borsó felhasználása is bizonyos korlátokkal jár funkcionális, íze és színe miatt. Kutatások kimutatták, hogy élelmiszer-feldolgozás során a belőle készült gélek kevésbé rugalmasak és stabilak lehetnek a szójafehérjéhez képest. Ezért további vizsgálatok szükségesek annak érdekében, hogy javítsák funkcionálisitását, csökkentsék a nem kívánt íz- és színvegyületek jelenlétét, valamint optimalizálják a feldolgozási folyamatokat a fehérje károsodásának minimalizálása érdekében.

A borsó számos előnyt kínál azok számára, akik egészséges, tápláló, de kíméletes alternatívákat keresnek a fehérjepótlás terén. Az egyik legfontosabb jellemzője, hogy hipoallergén, vagyis nem tartalmaz glutént, tejfehérjét vagy laktózt, így tökéletes választás azok számára, akik tej- vagy gluténintoleranciában szenvednek. Ezen emberek számára a borsófehérje lehetőséget biztosít a fehérjebevitelre anélkül, hogy kellemetlen mellékhatásokat okozna, mint például allergiás reakciók vagy emésztési problémák.

A borsó emellett kiváló rostforrást is biztosít, amely segíti az emésztést és hozzájárul a bélflóra egészségének fenntartásához. A rostok segítenek a rendszeres bélmozgásban, megelőzik a székrekedést, és elősegítik a tápanyagok hatékony felszívódását. A bélflóra egyensúlyának fenntartása szintén kulcsfontosságú a megfelelő immunfunkciók és az általános jó közérzet biztosításában.

Egy másik előnye a borsófehérjének, hogy könnyen emészthető. Míg a borsó teljes formájában nehezebben emészthető, és bizonyos esetekben puffadást vagy emésztési

panaszokat okozhat, a borsófehérje tisztított formája sokkal könnyebben feldolgozható a gyomor által. Ezáltal nemcsak hatékonyabban szívódik fel, hanem csökkenti az emésztési problémák kockázatát, és kényelmesebbé teszi a fogyasztását. A borsó magas fehérjetartalommal rendelkezik, részletes tápanyagtartalma a **Hiba! A hivatkozási forrás nem található.**ban található. Jól emészthető, és alacsony az antinutritív anyagok mennyisége. Szójával együtt azonban nem ajánlott lazac számára, mivel kedvezőtlen kölcsönhatások léphetnek fel, amelyek pontos mechanizmusa egyelőre nem ismert. (Mézes, 2012)

A borsó fehérjetartalmának növelésére eddig is számos kutatást végeztek, legtöbb módszer a csirázás folyamatát változtatta meg, mert az van a legnagyobb hatással a fehérjetartalom változásra.

Magas arginin tartalmának köszönhetően fokozott hatékonysággal járulhat hozzá a borsófehérje izomzatod építéséhez. Testünk arginin tartaléka jelentősen lecsökkenhetnek egy betegség következtében, vagy ha fokozott stressznek és megemelkedett kortizol szintnek vagy kitéve. Alacsony arginin tartalmú étrend esetén, az arginin kiegészítés segítheti a sport miatti terhelés kezelését a szervezet számára. Borsófehérjét használva meggyőződhetsz arról, hogy szervezeted elégséges argininnel látod el az izomfejlesztéshez (Cruzat és munkatársai, 2014)

Emellett a borsófehérje szélesebb körű elfogadásának elősegítése érdekében elengedhetetlen a fogyasztók tájékoztatása és edukációja. Az egészségügyi előnyeinek megismertetésével várható, hogy a borsófehérje egyre nagyobb szerepet kap a világpiacon, és egyre szélesebb körben alkalmazzák ételmiszer-összetevőként, italokban, sporttáplálkozási kiegészítőkben, pékárukban, húskészítményekben és tejtermékekben. (Shanthakumar és munkatársai, 2022).

2.5 A témához kapcsolódó korábbi kutatási eredmények bemutatása

Padalino és munkatársai (2016) megfigyelték, hogy a 15% csicseriborsóliszttel dúsított kukoricalisztből készült tészta a kontrollmintához (100% kukoricaliszt) képest nagyobb mennyiségű élelmi rostot, fehérjét és zsírt tartalmaz. A csicseriborsó (Cicer arietinum) kiváló fehérjeforrás, magas komplex szénhidrát- és telítetlen zsírsavtartalommal rendelkezik, vitaminokban és ásványi anyagokban gazdag, és viszonylag mentes az antinutricionális tényezőktől. Másrészt a 15% csicseriorsóliszttel töltött spagetti minták gyenge rugalmasságot és fokozott szilárdságot mutattak. A hidrokolloidok például a pektin, guarumi és agar-agar (2%) beépítése a spagetti érzékszervi minőségének észrevehető javulását eredményezte.

Nemrégiben számos tanulmány kimutatta, hogy az amarántszem használata javítja a tészta állagát és főzési minőségét. Ezenkívül más gluténmentes forrásokhoz képest az amarántliszt makrotápanyag-tartalma 2-3-szor magasabb a hasonló búzához képest.

Anderson és munkatársai (2011) megfigyelték, hogy a kukoricafehérje hidrokolloidokkal való dúsítása észrevehetően befolyásolja a tészta reológiáját, javítja a tészta szerkezetét és növeli a térfogatát. Schober és munkatársai (2010) szintén beszámoltak a kukorica pozitív hatásáról a tészta viszkoelasztikus tulajdonságaira, a jó gázvisszatartásra és a tészta térfogatára. A gluténmentes termékekben alkalmazható fehérjék egy másik csoportja a hüvelyesek magvaiból származik. Ez a hozzáadás tápértékben javította a magas lizintartalmat, amely a gabonatermékekben limitáló aminosav. Ezen fehérjék izolátumait és koncentrátumait nagy mennyiségben állítják elő, különösen szójaból és borsóból. Marco és Rosell (2008) megfigyelték, hogy a hüvelyesek fehérjéinek hozzáadása a vízfelvétel ugrásszerű növekedését okozza és módosítja a texturális tulajdonságait. Más tanulmányokban a borsófehérje-kiegészítés után a fajlagos térfogat növekedését és az érzékszervi minőség javulását figyelték meg, amelyet a retrogradáció csökkenése is kísért. (Marco és Rosell, 2012)

3 Alkalmazott anyagok és módszerek

3.1 Felhasznált anyagok

A vizsgálataimat a mintaelőkészítés lépéseivel kezdtem meg. A kísérletekhez kétféle alaplisztet használtam: hagyományos búzalisztként a Váci Malom által előállított BL-55 típusú búzalisztet (**1. táblázat**), míg a gluténmentes változat esetében az Old Millers' Pastry Mix elnevezésű, kereskedelmi forgalomban kapható gluténmentes lisztkeveréket (**2. táblázat**) alkalmaztam. A fejlesztett receptúrában a lisztek egy részét sárga- és zöld színű feles borsóból készült örleményekkel helyettesítettem különböző koncentrációkban (5% és 10%), hogy a tészták funkcionális és technológiai tulajdonságait vizsgálni tudjam a különböző borsóliszt-arányok függvényében. A felhasznált lisztek segítségével készített tészták receptúráit a **3. táblázat** mutatja be.

1. táblázat A kísérlethez felhasznált BL55-ös liszt paraméterei
(Forrás: saját szerkesztés)

Hamutartalom	0,65 %
Fehérjetartalom	11,6 g/100 g
Sikértartalom	29,8 %
Kézi siker/ Terülés	28,2 / 2,0 mm/h
Sütőipari érték	B1k (62,1)
Vízfelvétel	29,3 ml/ 50 g liszt

2. táblázat A kísérlethez felhasznált gluténmentes (GM) lisztkeverék adatai
(Forrás: saját szerkesztés)

Energia	1388 kJ / 327 kcal
Zsír	1,0 g
ebből telített zsírsavak	0,33 g
Szénhidrátok	77 g
ebből Cukrok	1,8 g
Rost	3,6 g
Fehérje	0,8 g
Só	0,08 g

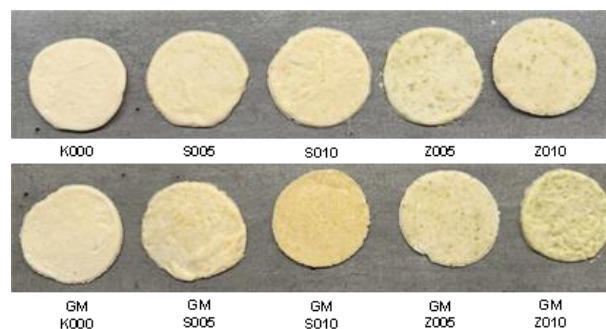
3. táblázat A vizsgált tészták receptúráinak összesítő táblázata
(Forrás: saját szerkesztés)

	K000	S005	S010	Z005	Z010	GMK000	GMS005	GMS010	GMZ005	GMZ010
BL55 búzaliszt	100 g	95 g	90 g	95 g	90 g	-	-	-	-	-
Gluténmentes lisztkeverék	-	-	-	-	-	100 g	95 g	90 g	95 g	90 g
zöldborsóliszt	-	-	-	5 g	10 g	-	-	-	5 g	10 g
sárgaborsóliszt	-	5 g	10 g	-	-	-	5 g	10 g	-	-
víz	50 g	50 g	50 g	50 g	50 g	50 g	50 g	50 g	50 g	50 g

A mintaelőkészítési folyamatot, a kontroll mintával, megfelelő mennyiségű lisztek precíz bemérésével kezdtem, a kísérleti receptúrákban előírt arányok alapján. A lisztet és a vizet

bemértem egy tálba, összekevertem és miután az edény falától elvált 10 percig gyúrtam a tésztát, ezután lefedve nyújtódeszkára tettem. A búzalisztet tartalmazó tészták esetében az összegyúrás követően egy órás pihentetési időt alkalmaztam, amely alatt a gluténhálózat kialakulása és stabilizálódása végbemehetett. A tészta kidolgozása (átgyúrása) körülbelül 10–12 percet vett igénybe, amely során homogén, jól nyújtható állag elérése volt a cél. A pihentetési idő letelte után, a tésztákat megfelezttem. A tészta egyik felének nyújtásához mechanikus inox tésztanyújtó gépet (ERNESTO (OWIM GmbH, Németország) alkalmaztam. A gép 9 fokozattal rendelkezik, a nyújtást az 1-es fokozaton kezdtem, majd fokozatosan haladtam a 3-as, 5-ös és végül a 6-os fokozatig, így elérve a kívánt tésztavastagságot. A végső tésztaréteg $1,25 \pm 0,04$ mm vastagságú volt. Ebből a tésztából 50 mm átmérőjű kör alakú korongokat szaggattam ki, amelyeket az amplitúdó pásztázáshoz használtam fel. A tészta másik felének nyújtásánál ugyanígy jártam el, ebből metélt tésztát készítettem, amit az állományvizsgálathoz, majd a főzéshez használtam fel. A borsólisztekkel dúsított tészták begyúrását ugyanezt a módszert alkalmaztam a 2. táblázatban látható receptúrát követve. A tészták kifőzése során 50 g tésztát 500 ml vízben főztem addig, amíg kettévágva a metéltet már nem maradt fehér, nyers. Az **I. ábra** a különböző receptúrájú gluténos és glutén-mentes mintákat mutatja be.

1. ábra A kísérlet során vizsgált különböző receptúrával készült tészták
(Forrás: saját szerkesztés)



3.2 Mérési módszerek

3.2.1 Nedvességtartalom mérése

A sárga- és zöldborsólisztek, valamint a BL55 és GM lisztek nedvességtartalmát három párhuzamos mérés alapján határoztam meg, amelyhez a Sartorius MA 100 gyors nedvességmeghatározó készüléket használtam. A készülék precíz és gyors mérést tesz lehetővé, ezáltal biztosítva a minták konzisztens kiindulási paramétereit a további vizsgálatokhoz. A méréseket 105 °C -on tömegállandóságig végeztem.

3.2.2 Összes fehérjetartalom mérése

Az összes fehérjetartalom meghatározását az Egis Gyógyszergyár Zrt. Keresztúri telephelyén az Egészség-, biztonság- és környezetvédelmi (EBK) főosztály laboratóriumában végeztem Kjeldahl méréssel. A mérésemet Behr Labor-Technik K20 Model Standard Kjeldahl Block Digestion System típusú Kjeldahl roncsolóval végeztem. A roncsolt mintáimból spektrofotométerrel mértem összes nitrogén tartalmat, ehhez a Thermo Scientific Evolution 201 UV-Visible spektrofotométert használtam. A fehérjetartalom meghatározását a *MSZ ISO 7150-1:1992*, illetve az *ISO 20483:2014-02* szabványoknak megfelelően végeztem el.

A vizsgálatot a mintaelőkészítéssel kezdtem. A téstákat először mozsárban pépesítettem, majd $0,5 \pm 0,05$ grammot bemértem a roncsolócsőbe. Ezután 20 ml desztillált vizet adtam a mintákhoz és összeráztam őket. 96%-os tömény kénsavból 15 ml-t öntöttem mindegyik csőbe, ez volt a roncsoló anyag. A téstákkal párhuzamosan készítettem vak mintát is, desztillált vízből ugyanezt a receptúrát követve. Ezután katalizátorként szelén tablettát használtam, amelyből 1 darabot tettem mindegyik mintába a vakot is beleértve. A forrás segítése érdekében került a roncsolócsőbe 2 db üveggyöngy is, melynek átmérője 2mm. A roncsolás 4 szakaszban történt. Az első szakaszban felmelegítettem a mintákat $170\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra, majd ezen a hőmérsékleten tartottam 60 percig, ezután $270\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra melegítettem és szintén 60 percig tartottam. Ebben a szakaszban történik a roncsolás, hiszen a mintáimban lévő összes víz elpárolog. Az utolsó szakaszban $360\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra melegítettem a mintáimat, és ezen a hőmérsékleten tartottam 120 percig.

A roncsolást követően hagytam a csövet lehűlni, majd átmostam 3-szor desztillált vízzel 100 ml-es lombikba, jelre töltöttem majd összeráztam. 50 ml-es lombikba pipettáztam 200 μl , 400 μl , 40 μl , mennyiséget - a minta N tartalmától függően - a spektrofotometriás méréshez. A mérést és a mintaelőkészítést a *MSZ ISO 7150-1:1992* szabvány szerint végeztem. A mintákhoz 2 csepp 1g/l koncentrációjú 4-nitro-fenol indikátort adtam. Ezt követően a térfogatnövelés miatt 10 ml desztillált vizet adtam hozzájuk. Következő lépésben a minták lúgozását végeztem 10%-os NaOH oldattal. Az oldatot addig csepegtettem hozzá, ameddig a minta színe maradandóan halványsárga nem lett. Ezután 1:1 arányú hígabb kénsavval semlegesítettem, cseppenként adagolva, amíg a mintám el nem színtelenedett.

Az *MSZ ISO 7150-1* szabvány értelmében adtam hozzá a reagenseket. 4 ml színeképző, és 4 ml oxidáló reagenst adtam a mintákhoz. Utolsó lépésként a lombikokat jelre töltöttem desztillált vízzel, és 1 órát pihentettem a végleges szín kialakulása érdekében.

A pihentetés után 3 párhuzamos spektrofotometriás mérést végeztem a mintáimon, a vak mintát is beleértve. Az eredményeimet mg/l Kjeldahl nitrogéntartalomban kaptam meg, amiből

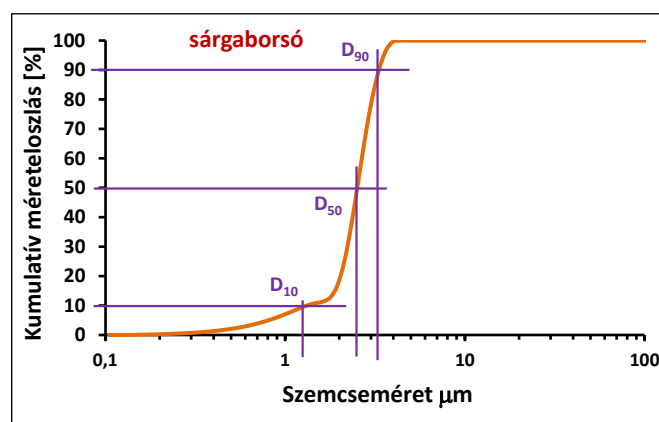
az ISO 20483:2014-02 szabványnak megfelelően, illetve Csapó és munkatársai 2020-as *Analitikai kémia élelmiszermérnököknek* című könyvének felhasználásával számoltam összfehérje-tartalmat. A szabvány és a könyv értelmében a BL55-ös lisztmintáknál 5,83-as, a borsólisztekénél 6,25-ös és a tésztamintáknál 5,7-es konverziós faktorról számoltam.

3.2.3 Szemcseméretvizsgálat

A BL55 és GM lisztminták, valamint a borsóliszt-őrlemények szemcseméret-eloszlását Litesizer DIA 500 lézerdiffrakciós részecskeméret-analizátorral (Anton Paar, Graz, Ausztria) határoztam meg 0,08–3500 μm tartományban. Ezek mellett a zöldborsó és sárgaborsó lisztek szemcseméretét is megvizsgáltam. A sárgaborsó- és zöldborsóliszt mintákat száraz, légelszívásos módszerrel mértem, 4500 mbar nyomású szívólevegő alkalmazásával, 1-1 perces mérési idővel.

A kapott eredmények alapján lehetett meghatározni a rétegvastagságot a reológiai mérésekhez. A szemcseméret alapján kell megfelelően megválasztani az oszcillációs méréshez, mint például az amplitúdó pásztázás a minta rétegvastagságát. Alkalmazva Mezger (2014) ökölszabályát, a mintában található legnagyobb szemcseméret legfeljebb a rétegvastagság 10%-a lehet. Mivel a száraz hozzávalók közül a borsólisztek szemcsemérete volt a legnagyobb, ezért ezekkel három-három párhuzamos mérést végeztem. A készülék szoftverének segítségével meghatároztam a szemcseméret-sűrűségeloszlást és a kumulatív méreteloszlást (%). Emellett, az **2. ábrán** látható magyarázat alapján, rögzítettem a mintahalmaz 10%, 50% és 90% kumulatív méreteloszlásához tartozó szemcseméreteket is.

2. ábra Kumulatív méreteloszlás (%) a mintahalmaz 10, 50 és 90 %-ában a szemcseméret sárgaborsó próbamérési eredményén bemutatva
(Forrás: saját szerkesztés)



Az ábra alapján így elmondható, hogy a vizsgált anyag 1,266 μm -nél kisebb szemcseméretű részecskéi adják az anyag 10 %-át a D10 pontban, ahogy D50 pontban a mintahalmaz 50 %-a 2,407 μm -nél kisebb, D90 jelzi, hogy a halmaz 90 %-a legfeljebb 3,177 μm .

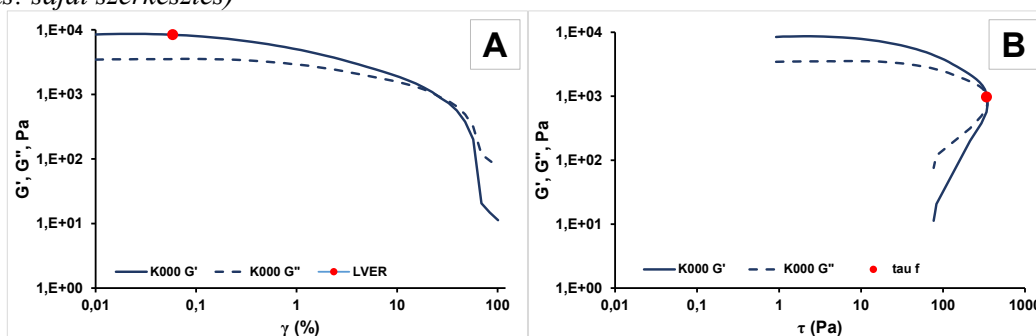
3.2.4 Amplitúdó pásztázás

A tésták reológiai tulajdonságainak vizsgálatát az Anton Paar MCR 302 típusú moduláris, kompakt reométerrel végeztem. A mérési adatok rögzítéséhez az eszköz saját szoftverét, a RheoCompass ver. 1.33 programot (Anton Paar, Graz, Ausztria) használtam. A méréseket $25 \pm 0,2$ °C-on, minden esetben három párhuzamos ismétlésben hajtottam végre. A vizsgálat során az alábbi mérési beállításokkal dolgoztam:

- rétegvastagság $H = 1,25$ mm
- nyírási deformáció $\gamma = 0,01$ -100 %
- szögsebesség $\omega = 10$ rad/s
- 50 adatpont, 5 s / adat adatrögzítéssel

A mérések során PP50 mérőfejet alkalmaztam, amely egy 50 mm átmérőjű, rozsdamentes acélból készült párhuzamos korong, a mintatartó egy teflon bevonatú 53 mm átmérőhű korong, így a rendszer egy párhuzamos lap geometriának megfelelő mérési elrendezést biztosított. A készülék szoftvere segítségével meghatároztam az értékelés során a lineáris viszkoelasztikus tartományhatárt (LVER limit) γ_{LVE} nyírási deformáció százalékos értékében kifejezve, valamint a τ_f folyáspontot a nyírófeszültségben kifejezve. A **3. ábrán** láthatóak a vizsgálatra jellemző tipikus görbék. A γ_{LVE} azt a pontot jelöli, ahol a G' tárolási modulus a maximális érték 97%-ára csökken; ezt tekintjük az irodalomban elasztikus és viszkózus viselkedési mód közötti határnak (Mezger, 2014). Ezt követően a modulusértékek folyamatosan csökkennek, majd eléri azt a keresztveződési pontot, ahol a G' (tárolási) és a G'' (veszteségi) modulus megegyeznek. Ezt a pontot nevezzük τ_f folyáspontnak. A γ_{LVE} (3./A) és τ_f értékeket (3./B) pirossal jelöltem az ábrán.

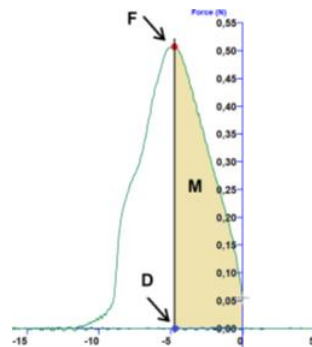
3. ábra Amplitúdó pásztázás mintagörbe tárolási modulus (G' , Pa) és veszteségi modulus (G'' , Pa) értékei nyírási deformáció (%) (A) és nyírófeszültség(Pa) (B) függvényében
(Forrás: saját szerkesztés)



3.2.5 Nyúlási vizsgálat

A tészták rugalmassági tulajdonságainak vizsgálatára az SMS TA.XT Plus precíziós állománymérő készüléket (Stable Micro Systems, Surrey, Anglia) alkalmaztam, amelyhez a gluténhálózat nyújthatóságához az A/KIE feltétet használtam. A méréseket $24,3 \pm 1,0$ °C hőmérsékleten, mintánkként 9 ismétléssel végeztem. A vizsgálat megkezdése előtt a tésztát a formázó sínbe helyeztem, és a megfelelő forma eléréséhez rászorítottam, így biztosítva a méréshez szükséges standardizált mintageometriát. A vizsgálat során meghatároztam a nyírással szembeni ellenállást, azaz a maximális erőt (F [N]), a nyúlási értéket, azaz a maximális erőhöz tartozó deformációt (D [mm]) és a maximális erőig tartó munkát ($M_{F_{max}}$ [Nmm]) is (**4. ábra**). A **4. táblázat** a mérés során használt mérési beállításokat tartalmazza.

4. ábra A nyers tésztákon végzett nyúlásvizsgálat tipikus erő-deformáció görbéje és meghatározott paraméterek
(Forrás: saját szerkesztés)



4. táblázat Rugalmassági vizsgálat mérési beállításai a nyers tészták vizsgálatához
(Forrás: saját szerkesztés)

Mode	Measure Force in Tension
Option	Return to Start
Pretest	2,0 mm/s
Test	3,3 mm/s
Post test	10 mm/s
Distance	75 mm
Trigger Force	Auto – 5g
Tare Mode	Auto
Data Acquisition Rate	400 pps
Mérőfej	HDP / BS Blade Set

A gluténmentes tészták esetében pihentetési lépést nem alkalmaztam, mivel ezekben az esetekben nem alakul ki gluténhálózat, így a pihentetés nem szükséges a megfelelő állag eléréséhez.

3.2.6 Vágás teszt

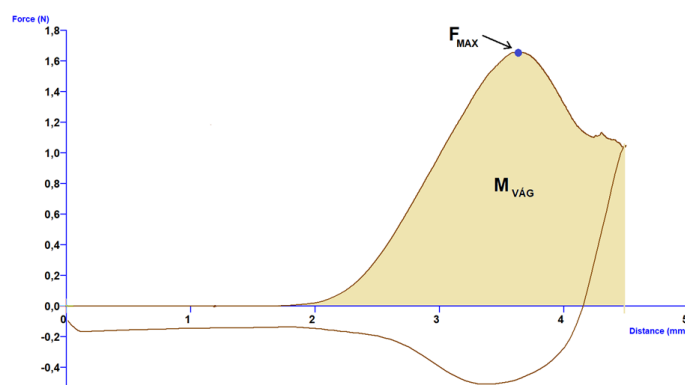
A tészták állományvizsgálatát szintén SMS TA.Xtplus precíziós állománymérő berendezéssel (Stable Micro Systems, Surrey, Anglia) végeztem. A főtt metélt tészták mérését az AACC 16-50 (1983) szabvány szerint végeztem, melynek mérési beállításait az **5. táblázat** tartalmazza.

5. táblázat: Vágási teszt mérési paraméterei a vizsgált főtt tésztamintákon
(Forrás: saját szerkesztés)

Mode	Measure force in compression
Option	Return to Start
Pre-test Speed	N/A
Test speed	0.17 mm / s
Post-test Speed	10.0 mm/s
Distance	4.5 mm
Trigger type	Button (from starting height of 4,5 mm)
Tare Mode	Auto
Data Acquisition Rate	400 pps
Mérőfej	HDP / BS Blade Set

A vizsgálat során 5 metélt tésztát egymás mellé helyezve 9 ismétlést végeztem. A metélt vágásához a giotine-t használtam. Ezek segítségével meghatároztam a maximális erőt (F_{MAX} [N]), illetve a teljes görbe alatti területet, mint vágási munkát (M_{VAG} [Nmm]) (5. ábra).

5. ábra A főtt tésztákon végzett vágástereszt tipikus erő-deformáció görbéje és meghatározott paraméterek
(Forrás: saját szerkesztés)



3.2.7 Színmérés

A színméréseket a nyers és a főtt tésztamintákon végeztem, mintánként három ismétléssel $24,3 \pm 0,9$ °C hőmérsékleten. A mérésekhez ColorLite sph850 típusú spektrofotométert (ColorLite GmbH, Katlenburg-Lindau, Németország) használtam. A készülékkel a CIE Lab színrendszer paramétereit határoztam meg: L^* – világossági tényező, a^* – vörös–zöld színezeti jellemző, b^* – kék–sárga színezeti jellemző.

3.2.8 Statisztikai kiértékelés

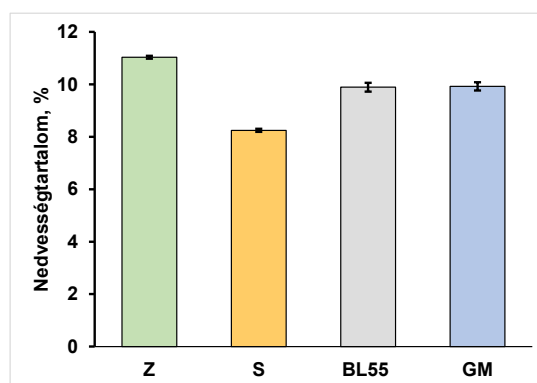
A mért adatok kiértékelését Excel 2016 szoftver segítségével és a statisztikai értékelésüket R-Studio 2024.12.0 szoftver segítségével végeztem el. Az Excel programban készítettem a dolgozatban bemutatott diagramokat. Továbbá az R-Studio segítségével a kiugró adatok keresése érdekében boxplot ábrákat készítettem. Ezt követően a borsólisztekkel dúsított tészták közötti szignifikáns különbség elemzését ANOVA teszttel, majd post-hoc vizsgálattal végeztem.

4 Eredmények és értékelésük

4.1 Nedvességtartalom mérési eredménye

A különböző lisztminták nedvességtartalmának összehasonlítása fontos információt nyújt a minták technológiai tulajdonságairól, eltarthatóságáról és a feldolgozás során tanúsított viselkedésükről. A vizsgálat eredményeit a **6. ábra** mutatja, amely négy lisztféleség – zöldborsóliszt (ZB), sárgaborsóliszt (SB), búzaliszt (BL55) és gluténmentes keverék (GM) – nedvességtartalmát szemlélteti.

6. ábra Lisztek nedvességtartalmának átlageredményei és szórásai
(Forrás: saját szerkesztés)



A kapott eredmények alapján a minták között jól megfigyelhetők bizonyos különbségek. A legmagasabb nedvességtartalmat a zöldborsóliszt mutatta, amely értéke megközelítette a 11%-ot. Ez a viszonylag magas érték a hüvelyes alapú lisztekre jellemző, mivel ezek nagyobb arányban tartalmaznak fehérjét és élelmi rostot, amelyek vízmegkötő képessége számottevő. Ennek következtében a zöldborsóliszt nedvességtartalma természetesen magasabb, ami a tésztaképzés és sütés során befolyásolhatja a termékek szerkezetét és nedvességmegtartó képességét is.

A legalacsonyabb nedvességtartalom a sárgaborsóliszt esetében volt megfigyelhető, amely körülbelül 8%-os értéket mutatott. Ez alacsonyabb víztartalomra utal, ami kedvező lehet a liszt hosszabb távú tárolhatósága szempontjából, ugyanakkor technológiai szempontból szárazabb alapanyagot jelent, ami a tészta vízfelvételét növelheti.

A búzaliszt (BL55) és a gluténmentes keverék (GM) minták nedvességtartalma közel azonos volt, mindkettő 9,8–10% közötti értéket mutatott. Ezek az adatok a kereskedelemben kapható lisztekre jellemző nedvességtartalom-tartományba esnek, és stabil, jól kezelhető alapanyagot biztosítanak. Az oszlopdiagramon megfigyelhető hibaoszlopok alapján a mérések jó ismételtelhetőséggel és kis szórással rendelkeznek, ami a vizsgálat megbízhatóságát alátámasztja.

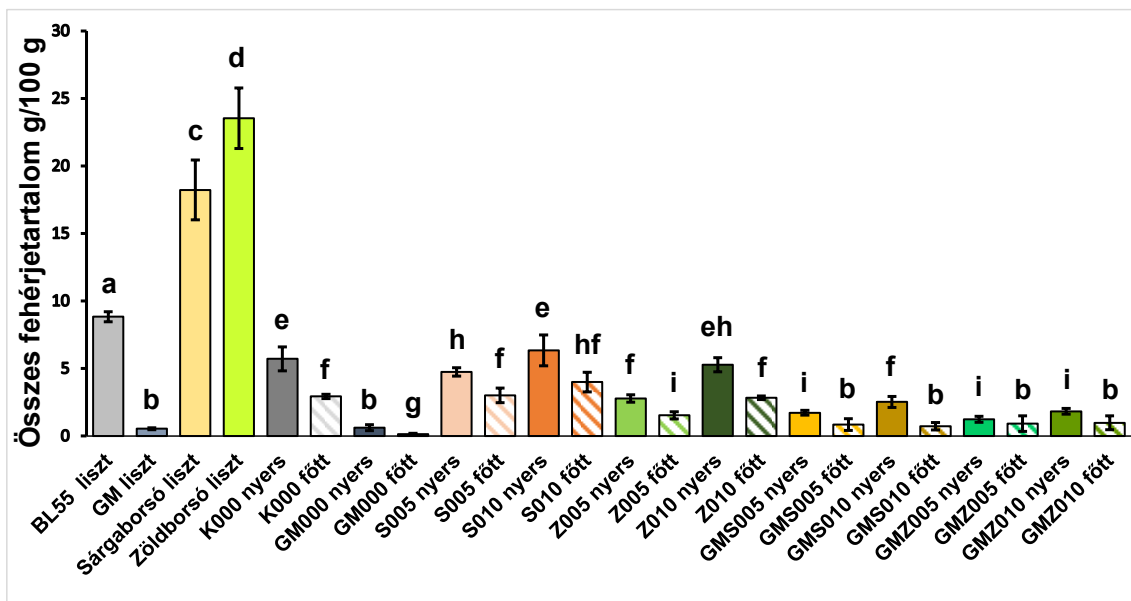
A nedvességtartalom szempontjából tehát elmondható, hogy a zöldborsóliszt vízmegkötő képessége a legmagasabb, míg a sárgaborsóliszt szárazabb, jobban eltartható alapanyagot képvisel. A búzaliszt és a gluténmentes keverék köztes értékeket mutattak, amelyek jól illeszkednek a technológiai kísérletekhez.

Összességében a nedvességtartalom-vizsgálat eredményei jól tükrözik a különböző lisztféleségek sajátos tulajdonságait. A hüvelyes alapú lisztek eltérő nedvességtartalma technológiai szempontból figyelembe veendő tényező, különösen akkor, ha ezekkel a lisztekkel a hagyományos vagy gluténmentes termékek beltartalmi és funkcionális jellemzőit kívánjuk módosítani. A kis mérési szórás és a következetes eredmények a vizsgálat megbízhatóságát és reprodukálhatóságát is alátámasztják, így a mérések szilárd alapot nyújtanak a további technológiai kísérletekhez és értékelésekhez.

4.2 Összes fehérjetartalom mérési eredménye

A fehérjetartalom a lisztek egyik legfontosabb beltartalmi paramétere, amely jelentősen befolyásolja a sütőipari és technológiai tulajdonságokat. A vizsgálat során meghatározott összes fehérjetartalom-értékeket a 7. ábra mutatja be. Az eredmények alapján jól látható, hogy a különböző lisztfajták között számottevő eltérések figyelhetők meg a fehérjetartalom tekintetében.

7. ábra A felhasznált lisztek, és a készített nyers és főtt tészták összes átlagos fehérjetartalma és szórása, valamint ANOVA eredménye ($p < 0,05$)
(Forrás: saját szerkesztés)



A legmagasabb fehérjetartalommal a sárgaborsóliszt és a zöldborsóliszt rendelkezett, amelyek fehérjetartalma megközelítette, illetve meghaladta a 20 g/100 g értéket. Ez

összhangban van a hüvelyes alapú lisztekre jellemző magas fehérjekoncentrációval, ami az ilyen alapanyagokat alkalmassá teszi a növényi fehérjében gazdag élelmiszerek fejlesztésére. Ezzel szemben a BL55 búzaliszt és a gluténmentes keverék (GM liszt) fehérjetartalma jóval alacsonyabb volt, 10 g/100 g alatti értékkel. Ez a különbség alátámasztja, hogy a hüvelyes lisztek fehérjedúsításra kiválóan alkalmazhatók, mind hagyományos, mind gluténmentes termékekben.

A borsó lisztek tartalmazó minták fehérjetartalma a kiindulási lisztek arányától függően változott. Általánosságban elmondható, hogy a borsólisztet tartalmazó keverékek fehérjetartalma minden esetben magasabb volt, mint a tiszta BL55 vagy GM alapanyagé. A minták között azonban különbség volt attól függően, hogy sárga- vagy zöldborsólisztet tartalmaztak-e: a sárgaborsólisztet tartalmazó keverékek jellemzően kissé magasabb fehérjetartalmat mutattak, mint a zöldborsós változatok.

A diagramon megfigyelhető, hogy a keverékek fehérjetartalma az arány növelésével fokozatosan emelkedik, ami jól mutatja a hüvelyeslisztek fehérjedúsító hatását. A hibasávok viszonylag kicsik, ami a mérési eredmények jó reprodukálhatóságát és a kísérlet megbízhatóságát jelzi. A főtt tészták esetében megfigyelhető továbbá, hogy a gluténmentes liszttel készült tészták esetében az összes fehérjetartalom nem nőtt a borsóliszt mennyiségének növelésével. Ez arra utal, hogy a GM lisztes tésztákból nagyobb mennyiség oldódik ki a főzővízbe a borsólisztből.

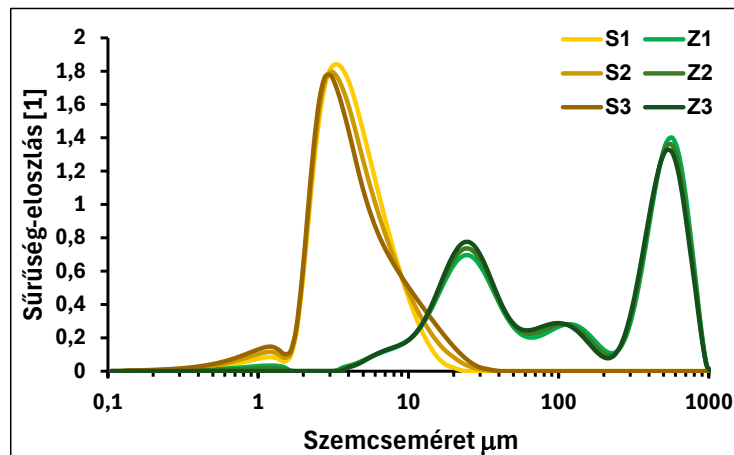
Összességében a fehérjetartalom-vizsgálat eredményei alapján megállapítható, hogy a borsólisztek – különösen a sárgaborsóliszt – jelentősen növelik a keverékek fehérjetartalmát, míg a BL55 és a gluténmentes lisztek fehérjetartalma jóval alacsonyabb. A kapott adatok megerősítik, hogy a hüvelyes eredetű lisztek felhasználása hatékony eszköz lehet a növényi fehérjében gazdag, alternatív termékek előállításában, ami a korszerű táplálkozási trendek szempontjából is kiemelt jelentőségű. A GM lisztekkel készített tészták esetében a fehérjetartalom elvesztése csökkenthető lehet a tésztafőzési technika változtatásával.

4.3 Szemcseméret vizsgálat eredménye

A szemcseméret analízis során meghatároztam a szemcseméret-sűrűségeloszlást és a kumulatív méreteloszlást. A szemcseméret sűrűség-eloszlás görbéi a **8. ábrán** láthatóak. Az eredmények alapján megállapítottam, hogy a borsólisztek vegyes frakciója alapján a sárgaborsó liszt kisebb részecskemérettel bírt, és a halmaz két fő részecskeméretet képviselt, egy 1-2 µm-est, valamint egy 3-4 µm-est. Ezzel szemben a zöldborsó lisztet egyrészt nagyobb szemcseméretetek jellemezték, másrészt három fő frakcióra volt bontható, amelyek egy-egy

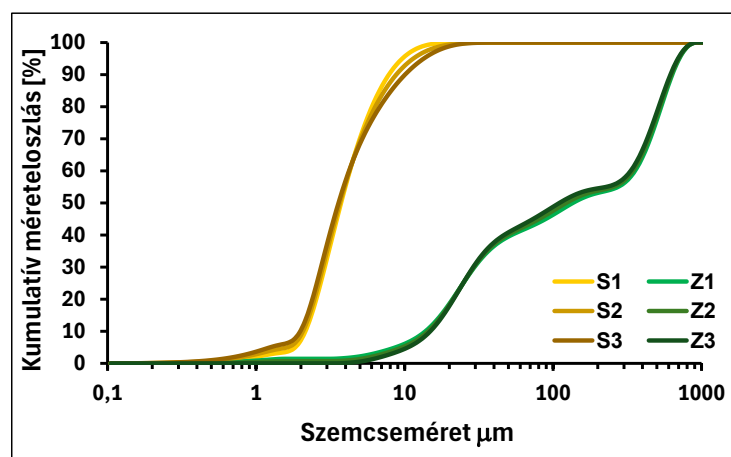
nagyságrendnyi eltérést mutattak. Az eredmények láttán határoztam úgy, hogy a tésztárhoz felhasznált zöldborsó lisztet átrostálom, melynek eredményeként a sárgaborsóliszttel közel azonos szemcseméretet értem el. A szemcseméret vizsgálat az amplitúdó pásztázás során mért nyers tészta rétegvastagságának meghatározása miatt volt fontos.

8. ábra A sárgaborsó- és zöldborsó (S és Z) liszt vegyes frakciójának szemcseméret-sűrűség eloszlás görbéi
(Forrás: saját szerkesztés)



A **9. ábrán** a kumulatív méreteloszlás százalékban kifejezett eredményei láthatóak. Elmondható, hogy a D10, D50 és D90 szemcseméret értékek jelentősen eltértek a két borsóliszt esetében, a zöldborsó értékei minden esetben magasabbak voltak. A zöldborsóliszt átszitálását követően a D10 $2,4645 \pm 0,0177 \mu\text{m}$, a D50 $4,135 \pm 0,0594 \mu\text{m}$, míg a D90 $7,8545 \pm 0,0587 \mu\text{m}$ értékre csökkent, ezáltal közel egybeesett a sárgaborsó liszt eredményeivel.

9. ábra A sárgaborsó- és zöldborsó (S és Z) liszt vegyes frakciójának kumulatív méreteloszlás görbéi
(Forrás: saját szerkesztés)



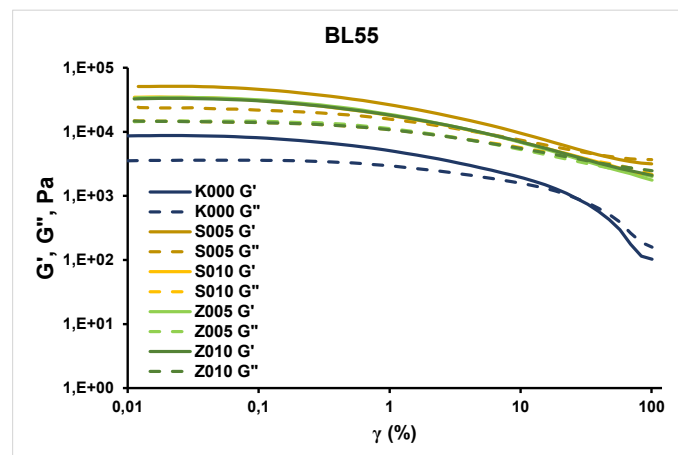
A szemcseméret analízis eredményei alapján elmondható, hogy a zöldborsóliszt durvább frakciónak bizonyult, ami a későbbi amplitúdó pásztázás eredményét befolyásolta

volna. A liszt átszitálásával a sárgaborsóliszthez hasonló szemcseméretű mintát kaptam a tézsták elkészítéséhez.

4.4 Amplitúdó pásztázás eredménye

Az amplitúdó pásztázás során kapott eredmények alapján a BL55 búzalisztből készült minták mindegyike viszkoelasztikus szilárdként viselkedett, amit az mutat, hogy a teljes mért tartományban a tárolási modulus (G') magasabb értéket vett fel, mint a veszteségi modulus (G''). Ez a jelenség a minta szerkezetének rugalmasságát és gél-szerű karakterét igazolja, amely a búzalisztre jellemző gluténfehérje-hálózat jelenlétéből adódik. Az LVE, vagyis a lineáris viszkoelasztikus tartomány jól kivehető minden mintánál: ebben az alacsony deformációs tartományban a G' és G'' közel állandó értékeket mutatnak, ami azt jelzi, hogy a szerkezet ekkor még stabil, és a deformáció hatására nem következik be belső szerkezeti változás. Az egyes receprúrák G' és G'' átlaggörbéit a BL55 liszttel készült minták esetében a **10. ábra**, míg a GM liszttel készült tézsták átlagolt G' , G'' görbéit a **11. ábra** mutatja be.

10. ábra: A BL55 liszttel készült nyerstészta átlagolt tárolási (G') és veszteségi (G'') modulusai a nyírófeszültség függvényében
(Forrás: saját szerkesztés)



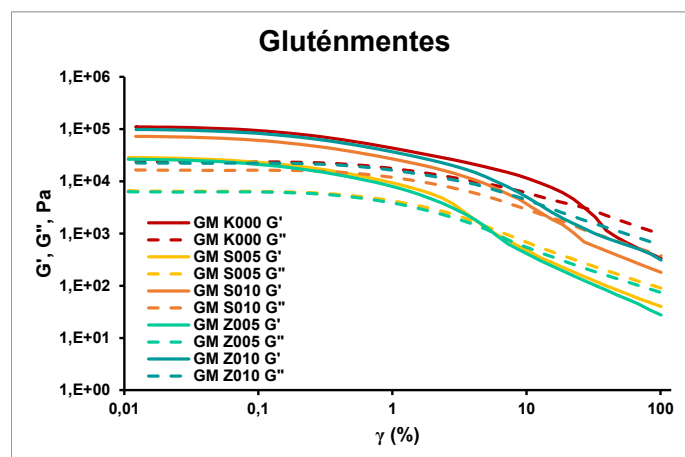
A deformáció növelésével a G' értéke fokozatosan csökkenni kezd, ami a belső hálózat roncsolódását, az anyagszerkezet részleges bomlását tükrözi. Ezzel párhuzamosan a G'' értéke is mérséklődik, de a változás mértéke kisebb, így továbbra is fennmarad a G' dominanciája. Ez arra utal, hogy a minták még a nagyobb nyírási deformációk mellett is megtartják viszkoelasztikus szilárd jellegüket, és a vizsgált amplitúdó-tartományban nem következik be teljes elfolyás.

Az egyes minták között ugyanakkor egyértelmű különbségek figyelhetők meg a modulusok nagyságában és az LVE tartomány szélességében. A kontroll minta (K000) esetében

a G' értéke alacsonyabb, és a plató korábban, kisebb deformációnál kezd csökkenni, ami gyengébb, kevésbé stabil szerkezetre utal. Ezzel szemben a sárgaborsóval dúsított minták (S005, S010) szignifikánsan magasabb G' értékeket mutatnak, valamint szélesebb LVE tartományt, ami a belső hálózat megerősödésére és a szerkezeti stabilitás növekedésére utal. A zöldborsóval dúsított minták (Z005, Z010) viselkedése köztes: a G' értékek a kontroll és a sárgaborsós minták között helyezkednek el, ami mérsékelt szerkezeti megerősödést jelez.

A gluténmentes (GM) minták amplitúdó pásztázásának **11. ábrán** látható diagramja jól tükrözi a glutén hiányából adódó szerkezeti különbségeket és a borsóadalékok hatását a viszkoelasztikus tulajdonságokra. Az ábrán a vízszintes tengelyen a nyírási deformáció (γ , %) logaritmikus skálán, a függőleges tengelyen pedig a tárolási (G') és veszteségi (G'') modulus (Pa) látható, ugyancsak logaritmikus formában. A különböző színek és vonalak a borsóadalékok típusait és koncentrációit jelölik.

11. ábra: A GM liszttel készült nyerstészta átlagolt tárolási (G') és veszteségi (G'') modulusai a nyírófeszültség függvényében
(Forrás: saját szerkesztés)

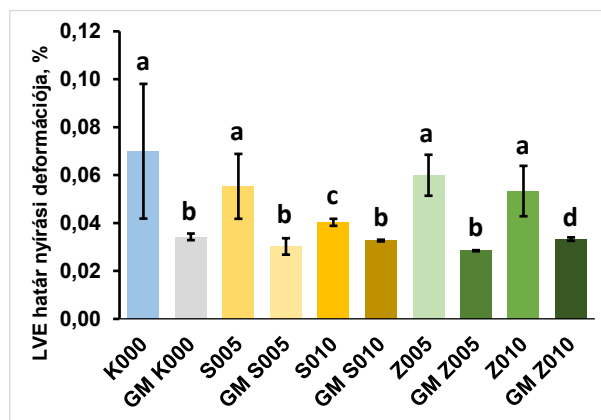


A diagram alapján a gluténmentes tészta esetében a G' és G'' értékek általánosan magasabbak, mint a búzalisztes mintáknál, ami az eltérő tészta szerkezeti kohézióra utal. Az magasabb modulértékek azt mutatják, hogy a minták szerkezete kezdetben rugalmasabb, ám könnyebben deformálható, és az energiatároló képessége gyorsabban csökken, amit a meredekebb G' és G'' görbék igazolnak. A vizsgálat során a lineáris viszkoelasztikus (LVE) tartomány minden mintánál jól kirajzolódik, körülbelül $\gamma=0,01-0,1$ % közötti deformációtartományban. Ebben a régióban mind a G' , mind a G'' közel állandó platót mutat, és jellemzően $G' > G''$, ami arra utal, hogy a minták viszkoelasztikus szilárdként viselkednek, bár a szerkezetük erősebb, mint a gluténtartalmú mintáké. Ennek oka lehet az is, hogy a GM liszttel készült tészta ragacsos tapintásúak voltak, a nedvességet nem tudták olyan mértékben

magukban tartani, mint gluténos minták. ráadásul a GM lisztes kontrol minták (GM K000) sokkal kevésbé térnek el a borsólisztes társaiktól. Megfigyelhető tovább, hogy az azonos mennyiségben adagolt sárga- vagy zöldborsóliszt nem mutatott nagy különbséget, csak az adagolt mennyiség változtatta meg a görbe alakját és a G' , G'' modulusok értékeit.

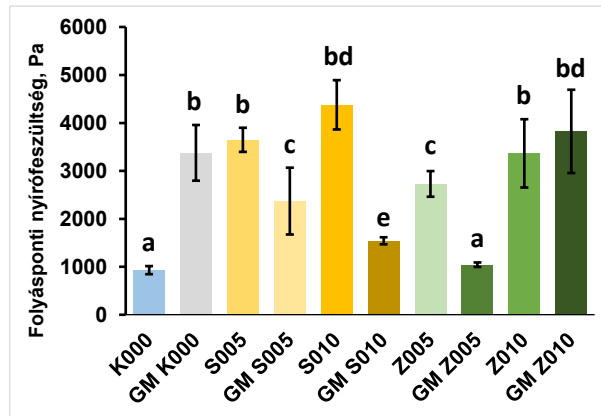
A **12. ábrán** a nyírási deformáció alakulása látható a lineáris viszkoelasztikus határon. Az LVE-határokat (γ_{LVE}) megvizsgálva látható, hogy a gluténtartalmú minták általában magasabb deformációs értéket tűrnek roncsolódás nélkül, mint a gluténmentesek, ami a gluténhálózat rugalmasságát és szerkezeti stabilitását jelzi. A K000 búzaliszt-minta mutatta a legnagyobb LVE-határt, tehát ez volt a legellenállóbb a nyírással szemben. A borsóval dúsított minták esetében a γ_{LVE} értékek csökkentek, ami azt sugallja, hogy a növényi fehérjék beépülése némileg csökkenti a szerkezet rugalmasságát, különösen a gluténmentes rendszerekben. Szignifikáns különbség a gluténos és gluténmentes tészták között látható, a borsóliszt fajtája és mennyisége nem befolyásolta számottevően a LVE határban a nyírási deformáció értékét.

12. ábra: Az átlagos nyírási deformáció (%) alakulása az LVE határban BL55 és GM liszttel készült tészták esetében szórás értékekkel és ANOVA eredménnyel ($p < 0,05$)
(Forrás: saját szerkesztés)



A minták átlagos folyáspontját összehasonlítva (**13. ábra**) elmondható, hogy a borsóliszt megnöveli a folyáspont értékét, ami arra utal, hogy hamarabb dominál a szerkezet viszkózus tulajdonsága. Meg kell azonban jegyezni, hogy az LVE határtól eltérően itt a nagyobb borsóliszt koncentráció magasabb folyáspont értéket eredményezett a BL55 lisztes tésztáknál, de nem különülnek el egymástól a koncentrációk szignifikánsan. Azonban a GM lisztes tésztáknál nem egyértelmű tendenciájú, ám szignifikáns a változás.

13. ábra: Az átlagos nyírási deformáció (%) alakulása az LVE határban BL55 és GM liszttel készült tészták esetében szórás értékekkel és ANOVA eredménnyel ($p < 0,05$)
(Forrás: saját szerkesztés)



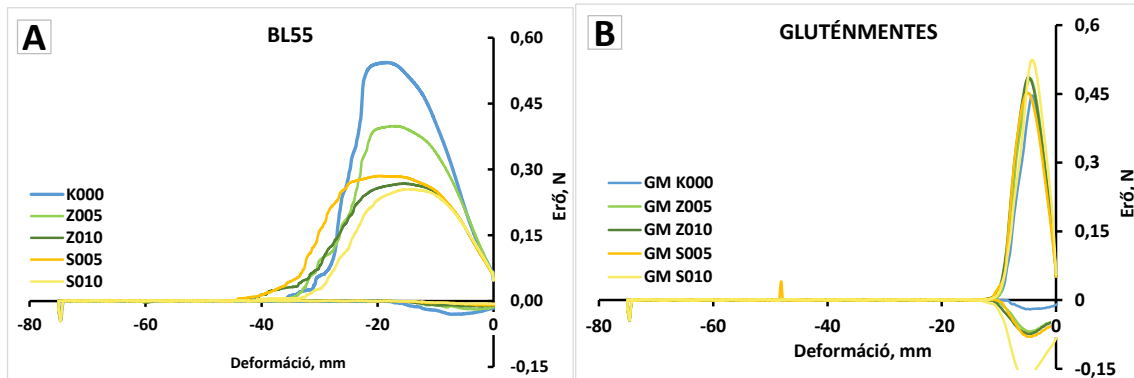
Összességében elmondható, hogy az amplitúdó pásztázás eredményei alapján alapvetően elkülönülnek a búzalisztes és gluténmentes tészták, azonban az LVE határ nyírási deformáció értéke nem elég érzékeny paraméter a borsóliszt koncentráció kimutatására. Ezzel szemben a folyásponthi nyírófeszültség már különbséget tud tenni borsóliszt fajtája és koncentrációja szerint is.

4.5 Nyúlási vizsgálat eredménye

A nyúlási vizsgálat során kapott erő–deformáció görbék jól szemléltetik a tészták nyújthatóságát, rugalmasságát és szakadási tulajdonságait. A **14. ábrán** látható két diagram a gluténtartalmú (BL55) (13./A) és a gluténmentes minták (13./B) átlaggörbéit mutatja, amelyek között markáns különbségek figyelhetők meg.

A BL55 búzalisztes minták görbéi jellegzetes, magas és szélesen elnyúló csúcsot mutatnak, ami a fejlett gluténhálózat rugalmasságát és nyújthatóságát tükrözi. A K000 minta (kontroll) adta a legnagyobb erőcsúcsot és legszélesebb deformációtartományt, ami azt jelenti, hogy ez a minta volt a legerősebb és legnyújthatóbb, azaz a legelasztikusabb szerkezetű. A Z005 és Z010 (zöldborsós) minták enyhe csökkenést mutatnak mind az erő-, mind a nyúlási értékben, ami a zöldborsófehérje beépüléséből adódó hálózatgyengülést jelzi. A S005 és S010 (sárgaborsós) minták görbéi laposabbak és korábban szakadnak, ami a rövidebb, kevésbé rugalmas szerkezetre utal. Ezekben a mintákban a borsóadalék valószínűleg megszakította vagy gyengítette a gluténláncokat, így az anyag ridegebbé és kevésbé nyújthatóvá vált.

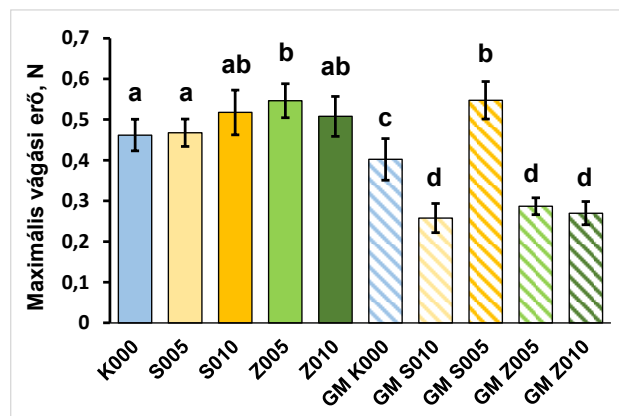
14. ábra: A BL55 (A) és GM (B) liszttel készült tézták nyúlási átlag erőgörbéi a deformáció függvényében
(Forrás: saját szerkesztés)



A gluténmentes tézták görbéi (13./B) esetében alacsonyabb erőértékek nem láthatóak, azonban a tézták rugalmatlanságát mutatja, hogy a nyújtás kezdetekor, a BL55 lisztes mintákhoz képest a deformáció csupán a negyede, amikor elszakad a téztá. Ez gyenge, kevésbé összefüggő szerkezetre utal. A csúcsok közel esnek egymáshoz, tehát a GM liszt hatása elnyomja a benne lévő vagy nem lévő borsólisztet.

A görbéről meghatározott paraméterek összehasonlítását a 15-17. ábrák szemléltetik. A gluténos tézták esetében nem tapasztaltam szignifikáns különbséget, azonban a GM liszttel készült tézták esetében a borsóliszt nélküli kontrol (GM K000) csoport szignifikánsan eltért a borsóliszttel készült összes csoporttól, valamint a búzalisztes „párjától” is. Az eredmények alapján a nyúlási erőérték nem képes különbséget tenni a minták között.

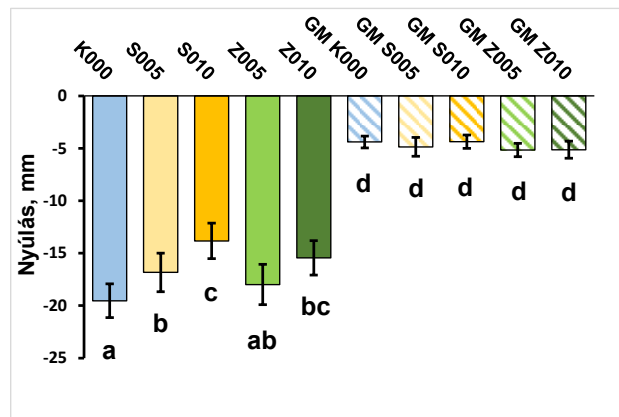
15. ábra: A BL55 és GM liszttel készült tézták átlagos maximális erőértéke és szórása, valamint ANOVA eredménye ($p < 0,05$)
(Forrás: saját szerkesztés)



A nyúlás értékében szignifikáns különbség mutatkozik a gluténos és gluténmentes tézták között, amit a 16. ábra szemléltet. A BL55 liszttel készült kontrol és borsólisztes minták nyúlása négyszerese a GM liszttel készült téztákénak, mivel a pihentetés alatt, a glutén miatt

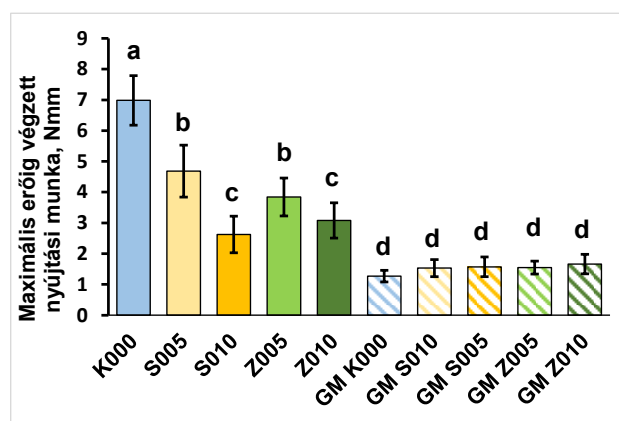
létrejött térháló biztosította a minták rugalmasságát. Megjegyzendő továbbá, hogy a borsóliszt mennyiségének növelése a nyúlás értékében is megmutatkozott, csökkentve annak mértékét, ezzel merevebbé téve a tésztát. A GM minták esetében szignifikáns különbség nem mutatkozott, mivel a GM lisztkeverék miatt a rugalmas háló nem tud kialakulni.

16. ábra: A BL55 és GM lisztel készült tészták maximális erőnél mért átlagos deformációértéke és szórása, valamint ANOVA eredménye ($p < 0,05$)
(Forrás: saját szerkesztés)



A maximális erőig számolt nyújtási munka esetében (**17. ábra**) a gluténmentes minták nyújtásakor végzett munka alapján nem különböztethetőek meg a minták, azonban a búzalisztel készült tészták esetében szignifikánsan eltér a kontrol minta a borsólisztes mintáktól, valamint érvényesül a borsóliszt szignifikánsan eltérő mennyiségének hatása is.

17. ábra: A BL55 és GM lisztel készült tészták maximális erőig végzett átlagos nyújtási munkaértéke és szórása, valamint ANOVA eredménye ($p < 0,05$)
(Forrás: saját szerkesztés)



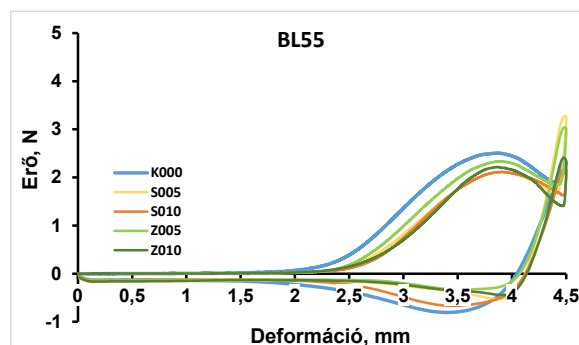
Az állományvizsgálat eredményei alapján a gluténtartalmú tészták egyértelműen rugalmasabbak, nyújthatóbbak és erősebb szerkezetűek, amit a magasabb nyúlási érték és nyújtási munka is igazol. A gluténmentes minták ezzel szemben ridegebbek és kevésbé deformálhatók, szerkezetük hamarabb bomlik meg nyújtás során, mivel a vizet könnyebben

kiengedik magukból. Ez teszi lehetővé, hogy hajlamosabbak a gyorsabb száradásra, ezáltal merevvé válnak. A borsóadalékok kis mértékben javították a gluténmentes tészták szilárdságát, de a glutén rugalmasságát és szerkezeti stabilitását nem tudták helyettesíteni.

4.6 Vágás teszt eredménye

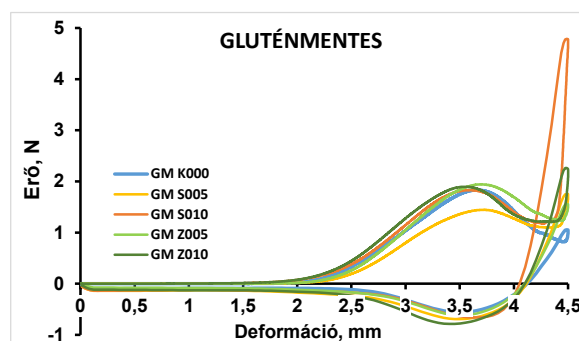
A kifőzött rövidmetéltek vágása során meghatároztam a maximális vágási erőt és a teljes vágási munkát. Az eredményeket a 18-19. ábrákon szeretném bemutatni. BL55 minták görbéi egymáshoz hasonló lefutást mutatnak a **18. ábra** alapján, a vágási erő csúcsa 2–2,5 N körül alakul. A K000 minta adta a legnagyobb erőt, ami a legellenállóbb szerkezetet jelzi. A borsóval dúsított minták (S005, S010, Z005, Z010) enyhén alacsonyabb maximumokat mutatnak, ami arra utal, hogy a növényi fehérjék beépülése részben lazítja a gluténhálót, ezáltal a tészta kissé puhábbá, könnyebben vághatóvá válik. Ugyanakkor az összes minta mutatott jól definiált csúcspontot, ami a rugalmas, egységes szerkezetű tészták jellemzője.

18. ábra: A BL55 liszttel készült tészták átlagos erőgörbéje a deformáció függvényében
(Forrás: saját szerkesztés)



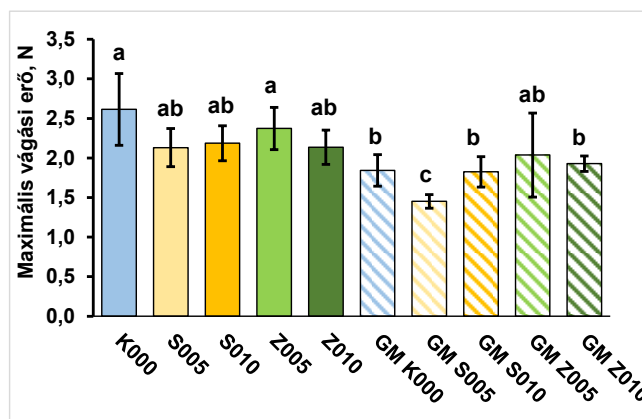
A gluténmentes minták görbéi (**18. ábra**) nagyobb szórást és eltérő erőértékeket mutatnak, ami kevésbé stabil szerkezetre utal. A főtt tészták puhábbnak bizonyultak a gluténos mintáknál, a maximális vágási erő 2 N körüli. A csúcs után kissé meredekebb az erő csökkenés üteme, ami lágyabb szerkezetre utal.

19. ábra: A GM liszttel készült tészták átlagos erőgörbéje a deformáció függvényében
(Forrás: saját szerkesztés)

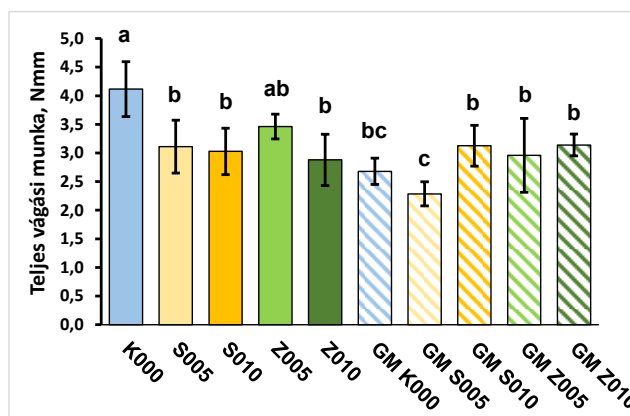


A **20.** és **21. ábrák**on látható vágási erő és vágási munka eredmények jól szemléltetik a szignifikáns különbség részbeni hiányát, a gluténmentes tészták alacsonyabb vágási erő értéke csak részben tér el szignifikánsan, ennek mértéke csekélyebb a vágási munka esetén.

20. ábra: A BL55 és GM liszttel készült tészták átlagos maximális vágási erőértéke és szórása, valamint ANOVA eredménye ($p < 0,05$)
(Forrás: saját szerkesztés)



21. ábra: A BL55 és GM liszttel készült tészták átlagos vágási munkája és szórása, valamint ANOVA eredménye ($p < 0,05$)
(Forrás: saját szerkesztés)

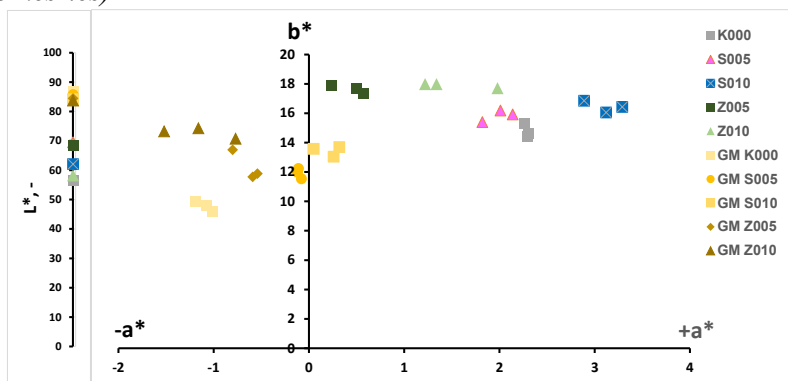


A vágási teszt eredményei alapján a gluténtartalmú tészták stabilabb, rugalmas szerkezetet mutattak, amely 15-20 %-kal nagyobb erőt igényelt a vágáshoz. Ezzel szemben, a gluténmentes minták szilárdsága és konzisztenciája változékonyabb volt. A borsóadalékok némileg növelték a gluténmentes tészták keménységét, de nem tudták a glutén rugalmasságát és kohézióját teljes mértékben helyettesíteni.

4.7 Színmérés eredménye

A nyers tésztaminták színmérési eredményei (L^* , a^* , b^* értékek) alapján jól megfigyelhetők a gluténtartalmú és gluténmentes minták közötti különbségek, valamint a borsóadalék hatásai (**22. ábra**).

22. ábra: CIE L* a* b* színrendszer paramétereinek meghatározása a BL55 és GM lisztekkel készült nyers tészták esetében
(Forrás: saját szerkesztés)



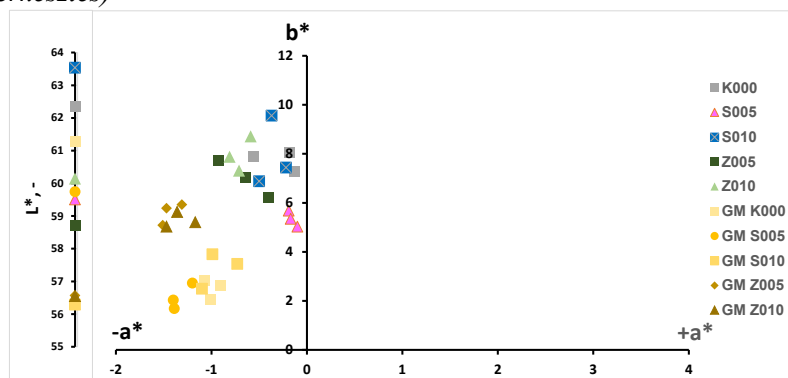
Az L* (világosság) értékek szerint a gluténmentes minták általában világosabbak, különösen a GM K000 és GM S005, ami a fehér alapanyagok (rizs-, kukoricaliszt) nagyobb arányának és a glutén hiányából adódó homogénebb szerkezetnek köszönhető. A gluténtartalmú minták ezzel szemben sötétebb árnyalatúak, ami a búzaliszt természetes sárgás tónusát és a fehérje–keményítő kölcsönhatások fényelnyelő hatását tükrözi.

Az a* tengely mentén vörös–zöld színtkomponens a minták jól elkülönülnek, a BL55 liszttel készült minták pozitív értékűek, míg a GM liszttel készült nyers tészták negatív tartományba esnek részben a felhasznált borsóliszt miatt.

A b* sárga-kék színtkomponens komponensnél nem látható nagy eltérés a mintacsoportok között. A vártak megfelelően a legalacsonyabb értéke a BL55 liszttel készült kontrol mintának volt, míg legmagasabb nagyobb koncentrációjú borsólisztes termékeknek, meleg tónusú, sárgás árnyalatot mutatnak. A gluténmentes változatoknál ez a hatás még hangsúlyosabb, mivel az alaprecept világosabb, így az adalék színpigmentjei jobban kellene érvényesüljenek, azonban a GM lisztkeverék elnyomja azt. A főtt tészták szneredményeit a

23. ábra mutatja be.

23. ábra: CIE L* a* b* színrendszer paramétereinek meghatározása a BL55 és GM lisztekkel készült főtt tészták esetében
(Forrás: saját szerkesztés)



Az L* értékek szerint a főzés hatására minden minta valamelyest sötétebbé vált, amit a vízfelvétel, a pigmentek kioldódása és a szerkezeti változások (keményítő duzzadás, fehérje denaturáció) magyaráznak. A gluténmentes minták sötétedtek.

Az a* értékek továbbra is alacsonyak, tehát egyik minta sem mutatott erős vörös eltolódást; a legtöbb érték a zöldes (-a*) tartományban maradt. A b* komponens, amely a sárgaságot jelzi, a főzés után jelentősen csökkent, ami a sárgás árnyalat halványodását és a tésztát szürkülését jelenti. Ez különösen jól látható a gluténmentes sárgaborsós mintáknál (GM S010, GM S005), amelyek sárga színe jelentősen tompult.

Összességében a főzés hatására a minták színe kiegyenlítettebbé és tompábbá vált, különösen a világosság és sárgaság tekintetében. A gluténtartalmú minták színtartása jobb volt, míg a gluténmenteseknél erőteljesebb volt a színváltozás, ami a mátrix szerkezeti lazaságával és a pigmentek nagyobb mobilitásával magyarázható.

5 Következtetések és javaslatok

A vizsgálatok során igazolódott, hogy a sárga- és zöldborsóliszttal történő dúsítás szignifikánsan növelte mind a gluténtartalmú, mind a gluténmentes tészták összes fehérjetartalmát, így a növényi fehérjedúsítás hatékony módszer a tápérték javítására.

Az állományvizsgálatok eredményei alapján a glutén jelenléte továbbra is meghatározza a tészták szerkezeti stabilitását. A gluténos minták erősebb, rugalmasabb szerkezetet mutattak, amit a nyújtásteszt teszt és a maximális erőig végzett munka értékei is alátámasztottak. A gluténmentes rendszerekben a növényi fehérje csak részben volt képes ezt pótolni. A nagyobb borsóliszt-adagolás (különösen 10%-os arányban) javította a gluténmentes tészták mechanikai ellenállását, azonban a nyújthatóság továbbra is jelentősen elmaradt a gluténtartalmú mintákétól. Ez a fehérjestruktúra eltérő hálózati kialakulásával magyarázható.

A színmérések egyértelműen kimutatták, hogy az alternatív lisztek természetes pigmentjei sötétebb árnyalatot eredményeztek. A főzés során a színkülönbségek csökkentek, de továbbra is megkülönböztethetők maradtak a mintacsoportok.

A fehérjetartalom a főzés hatására a gluténtartalmú tészták esetében részben kiegyenlítődött, ami a fehérjék hődenaturációjára és vízoldható frakcióinak kioldódására vezethető vissza. Gluténmentes mintákban ez kevésbé volt kifejezett, ami az alacsonyabb és homogénebb fehérjetartalomra utal.

A jövőben érzékszervi vizsgálat elvégzése szükséges lenne, mivel a borsóadalék jelentősen befolyásolhatja az ízt, állagot és a fogyasztói elfogadást. Ezek nélkül a termékek piaci alkalmassága nem ítéhető meg.

Érdemes lenne a tészták főzési tulajdonságainak (főzési veszteség, vízfelvétel, állagváltozás) részletes vizsgálata, mert ezek a tényezők a fogyasztói élmény és a technológiai minőség szempontjából döntő jelentőségűek.

Javasolt a fehérjeháló kialakulását és a reológiai viselkedést befolyásoló technológiai tényezők vizsgálata (pl. hidratációs idő, más hidrokolloidok alkalmazása), amelyek tovább javíthatják a gluténmentes rendszerek szerkezeti tulajdonságait. A fentiek mellett javasolt lenne a keményítő szerepének további vizsgálata, főként a gluténmentes tésztáknál, hiszen a gluténháló helyettesítését a keményítő alkalmazásával tudjuk elérni. Vizsgálni kellene többféle keményítőt és azok reológiai hatását (rugalmasság, nyújthatóság, ragacsosság) a gluténmentes tésztákban. A borsólisztek eltérő arányú alkalmazását érdemes kiterjeszteni kisebb és nagyobb koncentrációkra, hogy pontosabban meghatározható legyen az optimális mennyiség mind tápértéki, mind textúra szempontból.

6 Összefoglalás

A cöliákia valamint a nem-cöliágiás gluténérzékenység (NCGS) világszerte egyre több embert érint, és a betegség kezelésének jelenleg egyetlen hatékony módja a glutén teljes és élethosszig tartó kiiktatása az étrendből. Mivel a gluténmentes termékek többsége érzékszervi és tápértéki szempontból is elmarad gluténtartalmú megfelelőitől, kutatásomban céлом az volt, hogy növényi eredetű fehérjével dúsított tésztatermékeket fejlesszek. Olyan összetételű, beltartalmilag kedvezőbb, ugyanakkor technológiailag is jól előállítható gluténos és gluténmentes tésztákat kívántam létrehozni, amelyek közelebb állnak a hagyományos tészták elvárt minőségéhez, és hozzájárulhatnak a gluténmentes étrend változatosabbá és táplálóbbá tételéhez.

Az egészségtudatos táplálkozás iránti növekvő érdeklődésnek és a fehérjék szerepének felértékelődésének következtében előtérbe került a növényi eredetű fehérjeforrások élelmiszeripari hasznosítása. A hüvelyes alapú fehérjedúsítás fontos fejlesztési irányt jelent, különösen a gluténmentes termékek esetében. A fogyasztók részéről egyre nagyobb igény mutatkozik olyan termékek iránt, amelyek nem csupán biztonságosan fogyaszthatók gluténérzékenység esetén, hanem kedvező beltartalmi tulajdonságokkal is rendelkeznek.

Kutatásom célja az volt, hogy megvizsgáljam, miként hat a sárga- és zöldborsóliszt különböző koncentrációkban történő adagolása gluténos és gluténmentes tészták fizikai és beltartalmi tulajdonságaira. A vizsgálatok során különös figyelmet fordítottam a fehérjetartalomra, a színjellemzők változására, valamint a reológiai és texturális paraméterek alakulására. A mérési eredményeimet szakirodalmi adatokkal vettem össze, ezzel is hozzájárulva a növényi fehérjékkel dúsított tészták fejlesztésére irányuló kutatásokhoz.

A beltartalmi vizsgálatok igazolták, hogy mindkét borsóliszttal végzett dúsítás szignifikánsan növelte a tészták fehérjetartalmát a kontrollmintákhoz képest. A főzés hatására a gluténtartalmú minták fehérjetartalma részben kiegyenlítődött, míg a gluténmentes tésztákban kisebb mértékű változás történt, ami a fehérjehálózat és a vízmegtartás eltérő sajátosságaival magyarázható. A színmérés eredményei alapján a borsóliszt adagolása sötétebb színt és eltérő árnyalatot eredményezett, különösen a zöldborsólisztes minták esetében. A főzés során a minták színkülönbségei mérséklődtek, ám továbbra is szignifikáns eltérések voltak megfigyelhetők.

Az állományvizsgálatok során kapott eredmények megerősítették a glutén szerkezetképző szerepét: a gluténtartalmú tészták esetében fejlettebb rugalmasság és jobb energiaelnyelő-képesség volt jellemző. A növényi fehérjeadagolás ugyan javította a

gluténmentes minták mechanikai tulajdonságait, de teljes mértékben nem tudta pótolni a glutén által biztosított hálózatot. A nagyobb, 10%-os borsóliszt-adagolás stabilabb szerkezeti viselkedést eredményezett, ami a reológiai paraméterekben is megmutatkozott.

A vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a borsólisztekkel történő fehérjedúsítás hatékonyan növeli a tészták tápértékét, ugyanakkor egyes technológiai kihívások továbbra is fennállnak, különösen a gluténmentes rendszerek esetében. A kapott eredmények alátámasztják, hogy a borsófehérje alkalmazása ígéretes megoldás lehet a funkcionális tésztatermékek fejlesztésében, azonban a végső érzékszervi minőség javítása érdekében további optimalizálás szükséges.

A jövőbeni kutatások során kiemelten fontos lenne a termékek érzékszervi tulajdonságainak vizsgálata, különös tekintettel az ízre, állagra és texturális élményre, mivel ezek döntően befolyásolják a fogyasztói elfogadottságot. Emellett célszerű lenne nagyobb mintaszámmal megismételni a fizikai és reológiai méréseket, valamint a főzési tulajdonságok részletes elemzését is elvégezni. Mindezen eredmények hozzájárulhatnak ahhoz, hogy a növényi fehérjével dúsított gluténos és gluténmentes tészták nemcsak táplálkozás-élettani szempontból, hanem technológiailag és érzékszervileg is versenyképes alternatívát nyújtsanak a hagyományos termékekkel szemben.

7 Irodalomjegyzék

1. Andersson, H., Öhgren, C., Johansson, D., Kniola, M., & Stading, M. (2011): Extensional flow, viscoelasticity and baking performance of gluten-free zein-starch doughs supplemented with hydrocolloids. *Food Hydrocolloids*, 25(6), 1587–1595. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2010.11.028>
2. dr. Balázs Sándor (1994): Zöldségtermesztők kézikönyve. Mezőgazda Kiadó, Budapest ISBN: 9638439378
3. Belton, P. S., Taylor, J. R. N. (2002): *Pseudocereals and less common cereals: Grains properties and utilisation potential*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-09544-7>
4. Bíró Gy. és Lindner K. (1998): Tápanyagtáblázat. Medicina Könyvkiadó Rt., Budapest ISBN: 9632425057
5. Bodor, K., Szilágyi, J., Salamon, B., Szakács, O., Bodor, Z. (2024). Physical–chemical analysis of different types of flours available in the Romanian market. *Scientific Reports*, 14(1), 881. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-49535-x>
6. Cappelli, A., Oliva, N., & Cini, E. (2020). A Systematic Review of Gluten-Free Dough and Bread: Dough Rheology, Bread Characteristics, and Improvement Strategies. *Applied Sciences*, 10(18), 6559. <https://doi.org/10.3390/app10186559>
7. CHEN, Z., SCHOLS, H. A., & VORAGEN, A. G. J. (2006). The Use of Potato and Sweet Potato Starches Affects White Salted Noodle Quality. *Journal of Food Science*, 68(9), 2630–2637. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2003.tb05781.x>
8. Codină, G. Mironesa, S. (2016): The effect of lecithin on alveograph characteristics, baking and sensorial qualities of wheat flour. *Food and Environment Safety Journal*, 12(1). Letöltés dátuma: 2025. 03. 22. forrás: <https://fens.usv.ro/index.php/FENS/article/view/140>
9. Cruzat, V. F., Krause, M., & Newsholme, P. (2014). Amino acid supplementation and impact on immuneF function in the context of exercise. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 11(1). <https://doi.org/10.1186/s12970-014-0061-8>
10. Csapó J., Albert Cs., Kiss D. (2020): Analitikai kémia élelmiszermérnököknek. Scientia Kiadó, Kolozsvár ISBN 978-606-975-034-6
11. Czaja, T., Sobota, A., & Szostak, R. (2020). Quantification of Ash and Moisture in Wheat Flour by Raman Spectroscopy. *Foods*, 9(3), 280. <https://doi.org/10.3390/foods9030280>
12. D'Amico, S., Hrabalova, M., Müller, U., Berghofer, E. (2010). Bonding of spruce wood with wheat flour glue—Effect of press temperature on the adhesive bond strength. *Industrial Crops and Products*, 31(2), 255–260. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2009.11.001>
13. Day, L., Augustin, M. A., Batey, I. L., & Wrigley, C. W. (2006). Wheat-gluten uses and industry needs. *Trends in Food Science & Technology*, 17(2), 82–90. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2005.10.003>
14. De Arcangelis, E., Cuomo, F., Trivisonno, M. C., Marconi, E., Messina, M. C. (2020): Gelatinization and pasta making conditions for buckwheat gluten-free pasta. *Journal of Cereal Science*, 95, Paper 103073, 8 p. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.103073>
15. de la Peña, E., Ohm, J., Simsek, S., & Manthey, F. A. (2015). Physicochemical Changes in Nontraditional Pasta During Cooking. *Cereal Chemistry*, 92(6), 578–587. <https://doi.org/10.1094/CCHEM-01-15-0014-R>
16. de la Peña, E., & Manthey, F. A. (2017). Effect of Formulation and Dough Hydration Level on Extrusion, Physical and Cooked Qualities of Nontraditional Spaghetti. *Journal of Food Process Engineering*, 40(1). <https://doi.org/10.1111/jfpe.12301>
17. Deora, N. S., Deswal, A., Mishra, H. N. (2014). Alternative Approaches Towards Gluten-Free Dough Development: Recent Trends. *Food Engineering Reviews*, 6(3), 89–104. <https://doi.org/10.1007/s12393-014-9079-6>
18. Dibás G. (2013): A kertészkedés nagykönyve. Budapest: Tarsago Magyarország ISBN: 9789632891972
19. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA) (2010): Scientific Opinion on Dietary Reference Values for carbohydrates and dietary fibre. *EFSA Journal*, 8(3), Paper 1462, 77 p. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2010.1462>
20. Engleson, J. and Atwell, B. (2008): Gluten-free Product Development. *Cereal Foods World*, 53(4), 180–184. <https://doi.org/10.1094/CFW-53-4-0180>
21. FAO (2023): FAOSTAT – QC adat (Crops and Livestock Products). FAO honlapja. Letöltés dátuma: 2025. 03. 22. forrás: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>

22. Goesaert, H., Brijs, K., Veraverbeke, W. S., Courtin, C. M., Gebruers, K., Delcour, J. A. (2005). Wheat flour constituents: how they impact bread quality, and how to impact their functionality. *Trends in Food Science & Technology*, 16(1–3), 12–30. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2004.02.011>
23. Gulati, P., Li, A., Holding, D., Santra, D., Zhang, Y., Rose, D.J. (2017): Heating Reduces Proso Millet Protein Digestibility via Formation of Hydrophobic Aggregates. *J. Agric. Food Chem*, 65, 1952–1959. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b05574>
24. Hager, A.-S., Zannini, E., & Arendt, E. K. (2012). Gluten-free Pasta—Advances in Research and Commercialization. *Cereal Foods World*, 57(5), 225–229. <https://doi.org/10.1094/CFW-57-5-0225>
25. Helmerich, G., & Koehler, P. (2005). Functional properties of individual classes of phospholipids in breadmaking. *Journal of Cereal Science*, 42(2), 233–241. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2005.03.006>
26. Hoque, M. Z., Hossain, K. M., & Akter, F. (2009). The Effect of Lecithin-A Non-Absorbing Emulsifying Agent on Cookie Production. *Pakistan Journal of Nutrition*, 8(7), 1074–1077. <https://doi.org/10.3923/pjn.2009.1074.1077>
27. International Organisation for Standardization (2014): ISO 20483:2014-02 Cereals and pulses, Determination of the nitrogen content and calculation of the crude protein content, Kjeldahl method, Geneva: ISO
28. KSH (2024): STADAT 19.1.1.62. Egy főre jutó fehérje napi mennyisége (1970–2023). Budapest: Központi Statisztikai Hivatal. Letöltés dátuma: 2025. 10. 12. forrás: <https://www.ksh.hu/stadat>
29. Kulkarni, S. D., Acharya, R., Nair, A. G. C., Rajurkar, N. S., & Reddy, A. V. R. (2006). Determination of elemental concentration profiles in tender wheatgrass (*Triticum aestivum* L.) using instrumental neutron activation analysis. *Food Chemistry*, 95(4), 699–707. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.04.006>
30. Larrosa, V., Lorenzo, G., Zaritzky, N., & Califano, A. (2016). Improvement of the texture and quality of cooked gluten-free pasta. *LWT*, 70, 96–103. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.02.039>
31. Lexhaller, B., Colgrave, M. L., & Scherf, K. A. (2019). Characterization and Relative Quantitation of Wheat, Rye, and Barley Gluten Protein Types by Liquid Chromatography–Tandem Mass Spectrometry. *Frontiers in Plant Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01530>
32. Li, M., Dhital, S., & Wei, Y. (2017). Multilevel Structure of Wheat Starch and Its Relationship to Noodle Eating Qualities. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(5), 1042–1055. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12272>
33. Lin, J., Gu, Y., & Bian, K. (2019). Bulk and Surface Chemical Composition of Wheat Flour Particles of Different Sizes. *Journal of Chemistry*, 1–11. <https://doi.org/10.1155/2019/5101684>
34. Liu, S., Liu, Q., Li, X., Obadi, M., Jiang, S., Li, S., & Xu, B. (2021). Effects of dough resting time on the development of gluten network in different sheeting directions and the textural properties of noodle dough. *LWT*, 141, 110920. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2021.110920>
35. Lu, Z. X., He, J. F., Zhang, Y. C., & Bing, D. J. (2020). Composition, physicochemical properties of pea protein and its application in functional foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(15), 2593–2605. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1651248>
36. Lucisano, M., Cappa, C., Fongaro, L., & Mariotti, M. (2012). Characterisation of gluten-free pasta through conventional and innovative methods: Evaluation of the cooking behaviour. *Journal of Cereal Science*, 56(3), 667–675. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2012.08.014>
37. Lux (née Bantleon), T., Spillmann, F., Reimold, F., Erdős, A., Lochny, A., Flöter, E. (2023): Physical quality of gluten-free doughs and fresh pasta made of amaranth. *Food Science & Nutrition*, 11(6), 3213–3223. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3301>
38. Magyar Takarmánykódex 2004: 44/2003. (IV. 26.) FVM rendelet a Magyar Takarmánykódex kötelező előírásairól
39. *Magyar Szabványügyi Testület (1992): MSZ ISO 7150-1:1992, Vízminőség. Ammónium-tartalom meghatározása. 1. rész: Manuális spektrofotometriás módszer*, Budapest Magyar Szabványügyi Testület
40. Marchetti, L., Cardós, M., Campaña, L., Ferrero, C. (2012). Effect of glens of different quality on dough characteristics and breadmaking performance. *LWT - Food Science and Technology*, 46(1), 224–231. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.10.002>
41. Marti, A., Seetharaman, K., Pagani, M. A. (2010): Rice-based pasta: A comparison between conventional pasta-making and extrusion-cooking. *Journal of Cereal Science*, 52, 404–409 <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2010.07.002>

42. Mezger, T. G. (2014): The Rheology Handbook, 4th Edition, Hanover: Vincentz Network, European Coatings Tech Files, ISBN 3-86630-650-4
43. Mézes, M. (2012): Egyes növényi fehérjék kedvezőtlen hatása halak bélesatornájának állapotára – a kedvezőtlen hatások elleni védekezés lehetőségei. Szent István Egyetem, Halászati és Horgászati Szakkollégium, Gödöllő. TÁMOP-4.2.2B-10/1-2010-0011.
44. Mondoulet, L., Paty, E., Drumare, M. F., Ah-Leung, S., Scheinmann, P., Willemot, R. M., Wal, J. M., & Bernard, H. (2005). Influence of Thermal Processing on the Allergenicity of Peanut Proteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(11), 4547–4553. <https://doi.org/10.1021/jf050091p>
45. Padalino L., Mastromatteo M., Sepielli G., Del Nobile M.A. (2011): Formulation optimization of gluten-free functional spaghetti based on maize flour and oat bran enriched in β -glucans. *Material*. 4:2119–2135. <https://doi.org/10.3390/ma4122119>
46. Padalino, L., Conte, A., Del Nobile, M. (2016): Overview on the general approaches to improve gluten-free pasta and bread. *Foods*, 5(4), Paper 87, 15 p. <https://doi.org/10.3390/foods5040087>
47. Park, J., Kim, H.-S. (2023). Rice-Based Gluten-Free Foods and Technologies: A Review. *Foods*, 12(22), 4110. <https://doi.org/10.3390/foods12224110>
48. Penszka K. (2001): Veteményborsó. In: Penksza K., Palójtay M., Palójtay B. (szerk.): A hajtásos növények ismerete. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, p. 98.
49. Roberts, S. A., Kasapis, S., De Santos López, I. (2000): Textural properties of a model aqueous phase in low fat products. Part 1: Alginate, caseinate and starch in isolation, and in starch containing binary mixtures. *International Journal of Food Science & Technology*, 35(2), 215–226. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2621.2000.00362.x>
50. Rosell, C. M. (2009): Enzymatic manipulation of gluten-free breads. In: Gallagher, E. (szerk.): *Gluten-Free Food Science and Technology*. London: Wiley-Blackwell, pp. 83–98. ISBN:9781444316209, <https://doi.org/10.1002/9781444316209>
51. Saleh, M., Al-Ismail, K., & Ajo, R. (2017). Pasta quality as impacted by the type of flour and starch and the level of egg addition. *Journal of Texture Studies*, 48(5), 370–381. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12238>
52. Schober, T. J., Moreau, R. A., Bean, S. R., & Boyle, D. L. (2010). Removal of surface lipids improves the functionality of commercial zein in viscoelastic zein-starch dough for gluten-free breadmaking. *Journal of Cereal Science*, 52(3), 417–425. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2010.07.004>
53. Silva, E., Birkenhake, M., Scholten, E., Sagis, L. M. C., & van der Linden, E. (2013). Controlling rheology and structure of sweet potato starch noodles with high broccoli powder content by hydrocolloids. *Food Hydrocolloids*, 30(1), 42–52. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2012.05.002>
54. Shanthakumar, P., Klepacka, J., Bains, A., Chawla, P., Dhull, S. B., & Najda, A. (2022). The Current Situation of Pea Protein and Its Application in the Food Industry. *Molecules*, 27(16), 5354. <https://doi.org/10.3390/molecules27165354>
55. Smith, F.; Pan, X.; Bellido, V.; Toole, G.A.; Gates, F.K.; Wickham, M.S.J.; Shewry, P.R.; Bakalis, S.; Padfield, P.; Mills, E.N.C. (2015): Digestibility of Gluten Proteins Is Reduced by Baking and Enhanced by Starch Digestion. *Molecular Nutrition & Food Research* 59, 2034–2043. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201500262>
56. Sumnu, G. S., Ndife, M. K., Bayindirli, L. (1999): Effects of sugar, protein and water content on wheat starch gelatinization due to microwave heating. *European Food Research and Technology*, 209, 68–71. <https://doi.org/10.1007/s002170050459>
57. Wang, N., Bhirud, P. R., Sosulski, F. W., & Tyler, R. T. (2006). Pasta-Like Product from Pea Flour by Twin-Screw Extrusion. *Journal of Food Science*, 64(4), 671–678. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1999.tb15108.x>
58. Wieser, H. (2007). Chemistry of gluten proteins. *Food Microbiology*, 24(2), 115–119. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2006.07.004>
59. Wolf, B. (2010). Polysaccharide functionality through extrusion processing. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 15(1–2), 50–54. <https://doi.org/10.1016/j.cocis.2009.11.011>
60. X. Han, L. Akhov, P. Ashe, C. Lewis, L. Deibert, L.I. Zaharia, L. Forseill, D. Xiang, R. Datla, M. Nosworthy, C. Henry, J. Zou, B. Yu, N. Patterson: Comprehensive compositional assessment of bioactive compounds in diverse pea accessions, *Food Res. Int.*, 165 (2023), Article 112455, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.112455>

61. Ye, L., Zheng, W., Li, X., Han, W., Shen, J., Lin, Q., Hou, L., Liao, L., & Zeng, X. (2023). The Role of Gluten in Food Products and Dietary Restriction: Exploring the Potential for Restoring Immune Tolerance. *Foods*, 12(22), 4179. <https://doi.org/10.3390/foods12224179>
62. Yimam, M., Andreini, M., Carnevale, S., & Muscaritoli, M. (2025). Postprandial Aminoacidemia Following the Ingestion of Alternative and Sustainable Proteins in Humans: A Narrative Review. *Nutrients*, 17(2), 211. <https://doi.org/10.3390/nu17020211>
63. Zámbo L., Bakacs M., Illés É., Susovits K., Feigl E., Zentai A. (szerk.) (2022): *A felnőtt magyar lakosság ételmirost-bevitele a 2019-es eredmények alapján*. Budapest: Országos Gyógyszerészeti és Élelmezés-egészségügyi Intézet (OGYÉI). Letöltés dátuma: 2025. 10. 13. forrás: https://ogyei.gov.hu/dynamic/4_a_felnott_magyar_lakossag_elelmirost_bevitele_a_2019_es_eredmenyek_alapjan.pdf
64. Zhang, J., You, Y., Li, C., Ban, X., Gu, Z., & Li, Z. (2024). The modulatory roles and regulatory strategy of starch in the textural and rehydration attributes of dried noodle products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 64(16), 5551–5567. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2155797>
65. Zhang, L., Nishizu, T., Hayakawa, S., Nakashima, R., Goto, K. (2013): Effects of different drying conditions on water absorption and gelatinization properties of pasta. *Food and Bioprocess Technology*, 6(8), 2000–2009. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0976-5>
66. Zi, Y., Shen, H., Dai, S., Ma, X., Ju, W., Wang, C., Guo, J., Liu, A., Cheng, D., Li, H., Liu, J., Zhao, Z., Zhao, S., & Song, J. (2019). Comparison of starch physicochemical properties of wheat cultivars differing in bread- and noodle-making quality. *Food Hydrocolloids*, 93, 78–86. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.02.014>

8 Ábra- és táblázatjegyzék

Ábrák jegyzéke

1. ábra Kumulatív méreteloszlás (%) a mintahamaz 10, 50 és 90 %-ában a szemcseméret sárgaborsó próbamérési eredményén bemutatva	24
2. ábra Amplitúdó pásztázás mintagörbe tárolási modulus (G' , Pa) és veszteségi modulus (G'' , Pa) értékei nyírási deformáció (%) (A) és nyírófeszültség(Pa) (B) függvényében	25
3. ábra A nyers tésztákon végzett nyúlásvizsgálat tipikus erő-deformáció görbéje és meghatározott paraméterek	26
4. ábra A főtt tésztákon végzett vágásteszt tipikus erő-deformáció görbéje és meghatározott paraméterek.....	27
5. ábra Lisztek nedvességtartalmának átlageredményei és szórásai	28
6. ábra A felhasznált lisztek, és a készített nyers és főtt tészták összes átlagos fehérjetartalma és szórása, valamint ANOVA eredménye ($p < 0,05$)	29
7. ábra A sárgaborsó- és zöldborsó (S és Z) liszt vegyes frakciójának szemcseméret-sűrűség eloszlás görbéi...	31
8. ábra A sárgaborsó- és zöldborsó (S és Z) liszt vegyes frakciójának kumulatív méreteloszlás görbéi	31
9. ábra: A BL55 liszttel készült nyerstészták átlagolt tárolási (G') és veszteségi (G'') modulusai a nyírófeszültség függvényében.....	32
10. ábra: A GM liszttel készült nyerstészták átlagolt tárolási (G') és veszteségi (G'') modulusai a nyírófeszültség függvényében.....	33
11. ábra: Az átlagos nyírási deformáció (%) alakulása az LVE határban BL55 és GM liszttel készült tészták esetében szórás értékekkel és ANOVA eredménnyel ($p < 0,05$)	34
12. ábra: Az átlagos nyírási deformáció (%) alakulása az LVE határban BL55 és GM liszttel készült tészták esetében szórás értékekkel és ANOVA eredménnyel ($p < 0,05$)	35
13. ábra: A BL55 (A) és GM (B) liszttel készült tészták nyúlási átlag erőgörbéi a deformáció függvényében ..	36
14. ábra: A BL55 és GM liszttel készült tészták átlagos maximális erőértéke és szórása, valamint ANOVA eredménye ($p < 0,05$)	36
15. ábra: A BL55 és GM liszttel készült tészták maximális erőnél mért átlagos deformációértéke és szórása, valamint ANOVA eredménye ($p < 0,05$)	37
16. ábra: A BL55 és GM liszttel készült tészták maximális erőig végzett átlagos nyújtási munkaértéke és szórása, valamint ANOVA eredménye ($p < 0,05$)	37
17. ábra: A BL55 liszttel készült tészták átlagos erőgörbéje a deformáció függvényében	38
18. ábra: A GM liszttel készült tészták átlagos erőgörbéje a deformáció függvényében.....	38
19. ábra: A BL55 és GM liszttel készült tészták átlagos maximális vágási erőértéke és szórása, valamint ANOVA eredménye ($p < 0,05$).....	39
20. ábra: A BL55 és GM liszttel készült tészták átlagos vágási munkája és szórása, valamint ANOVA eredménye ($p < 0,05$)	39
21. ábra: CIE $L^* a^* b^*$ színrendszer paramétereinek meghatározása a BL55 és GM lisztekkel készült nyers tészták esetében.....	40
22. ábra: CIE $L^* a^* b^*$ színrendszer paramétereinek meghatározása a BL55 és GM lisztekkel készült főtt tészták esetében.....	40

Táblázatok jegyzéke

1. táblázat A kísérlethez felhasznált BL55-ös liszt paraméterei	21
2. táblázat A kísérlethez felhasznált gluténmentes (GM) lisztkeverék adatai.....	21
3. táblázat A vizsgált tészták receptúráinak összesítő táblázata.....	21
4. táblázat Rugalmassági vizsgálat mérési beállításai a nyers tészták vizsgálatához.....	26
5. táblázat: Vágási teszt mérési paraméterei a vizsgált főtt tésztamintákon	27

MATE Szervezeti és Működési Szabályzat

III. Hallgatói Követelményrendszer

III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat

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

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

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: **Radványi Nóra Lili**

A Hallgató Neptun kódja: **PP4R92**

A dolgozat címe: **Növényi fehérjével dúsított tészták fizikai és beltartalmi tulajdonságai**

A megjelenés éve: **2025**

A konzulens intézetének neve: **Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet**

A konzulens tanszékének a neve: **Élelmiszeripari Méréstechnika és Automatizálás Tanszék**

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

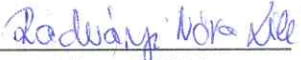
Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkor szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

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

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

NYILATKOZAT

Radványi Nóra Lili (hallgató Neptun azonosítója: **PP4R92**) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot¹ áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*3}

Kelt: Budapest, 2025. november 3.



belső konzulens
Dr. Kaszab Tímea

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő aláhúzendő.

³ A megfelelő aláhúzendő.

Hallgatók, doktoranduszok nyilatkozata mesterséges intelligencia (MI) alkalmazásáról

1. Általános adatok

Hallgató neve:	Radványi Nóra Lili
Neptun-kódja:	PP4R92
Képzési szint (a megfelelőt jelölje X-szel):	<input checked="" type="checkbox"/> BSc/BA <input type="checkbox"/> MSc/MA <input type="checkbox"/> Doktori (PhD) <input checked="" type="checkbox"/> Egyéb: TDK
Tantárgy neve/kódja*:	Tudományos diákköri pályamunka
A munka címe:	Növényi fehérjével dúsított tészták fizikai és beltartalmi tulajdonságai

* doktori értekezés esetén nem kitöltendő

2. Nyilatkozat az MI használatáról

Alulírott, etikai felelősségem teljes tudatában az alábbi nyilatkozatot teszem:

(Kérjük, válasszon egyet az alábbi lehetőségek közül!)

A) Nem alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

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

B) Alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Kérjük, töltsse ki a vonatkozó táblázatokat!)

3. A mesterséges intelligencia használatának részletezése

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

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

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

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

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

A felhasználás célja	Alkalmazott eszköz 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.

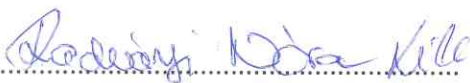
Oktató vagy témavezető által előírt szabályok:

.....
.....
.....
.....

4. Minden hallgatóra vonatkozó nyilatkozat:

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

Kelt: Budapest, 2025. október 24.



Hallgató aláírása



Konzulens/Témavezető aláírása

Dr. Kaszab Tímea