

SZAKDOLGOZAT

Kajuha Petra

2024



Budai Campus
Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet
Biomérnök alapképzési szak
Alkalmazott biotechnológia szakirány

**GLUTÉNMENTES TÉSZTÁK EGÉSZSÉGNÖVELŐ HATÁSÁNAK
LEHETŐSÉGEI**

Belső konzulens:	Dr. Kaszab Tímea egyetemi adjunktus
Belső konzulens intézete/tanszéke:	Élelmiszeripari Méréstechnika és Automatizálás Tanszék
Belső konzulens:	Stefanovitsné dr. Bányai Éva professzor emerita
Belső konzulens intézete/tanszéke:	Élelmiszerkémia és Analitika Tanszék
Készítette:	Kajuha Petra

Budapest
2024

Tartalomjegyzék

Rövidítések.....	1
1. Bevezetés és célkitűzés	2
2. Szakirodalmi áttekintés	4
2.1. Gluténérzékenység	4
2.2. Glutén	5
2.3. Tészta	6
2.4. A tészta gyártási technológiája	7
2.5. A gluténmentes tészta	9
2.6. Gluténmentes tészták gyártási technológiája	9
2.7. A glutén helyettesítésének lehetőségei	11
2.8. Gluténmentes tészták dúsítása és egészségnövelő hatása	11
2.9. Cékla.....	13
2.10. Sütőtök	15
2.11. A témához kapcsolódó korábbi kutatások	17
3. Anyagok és módszerek.....	19
3.1. Felhasznált anyagok	19
3.2. Mérési módszerek	20
3.2.1. Amplitúdó pásztázás	21
3.2.2. Vágási teszt	22
3.2.3. Színmérés	23
3.2.4. Érzékszervi bírálat.....	23
3.2.5. Összes polifenol tartalom meghatározás	23
3.2.6. Színanyag meghatározás	23
3.3. Statisztikai elemzés	24
4. Eredmények és kiértékelésük	25
4.1. Amplitúdó pásztázás eredményei	25
4.2. Vágási teszt eredményei	27
4.3. Színmérés eredményei.....	31
4.4. Érzékszervi bírálat eredményei	36
4.5. Az összes polifenoltartalom (TPC) mérés eredményei	38
4.6. Színanyag mérés eredményei	40
5. Következtetések és javaslatok	42
6. Összefoglalás.....	44
7. Irodalomjegyzék.....	46
8. Ábra- és táblázatjegyzék	51
9. Melléklet.....	52
Köszönetnyilvánítás	54

Rövidítések

Fizikai mennyiségek

a^*	vörös-zöld színezetre jellemző paraméter, -
b^*	kék-sárga színezetre jellemző paraméter, -
L^*	világossági tényező, -
γ_{LVE}	nyírási deformáció lineáris viszkoelasztikus határnál %
G'	tárolási modulus, Pa
G''	veszteségi modulus, Pa
τ_f	nyírófeszültség, folyáspont, Pa

Mintakódok

C	céklaport tartalmazó teszta
S	sütőtök port tartalmazó teszta

Fogalmak rövidítése

AACC	Amerikai Gabonakémikusok Szövetsége (American Association of Cereal Chemists)
ANN	Lágyítás (annealing)
CIE	Nemzetközi Világítástechnikai Bizottság (Comission Internationale de l'Éclargie)
GM	Gluten free, gluténmentes
HMT	Hőnedvesség-kezelés
LVE	Lineáris viszkoelasztikus határ (Linear Viscoelatic range)
SMS	Stable Micro System
TPA	Két harapás teszt (Texture Profile Analysis)
TPC	Összes polifenol tartalom (Total Polyphenol Content)

Statisztikai rövidítések

ANOVA	Varianciaanalízis (analysis of variance)
R^2	determinációs együttható

1. Bevezetés és célkitűzés

A tészta, mint alapvető élelmiszer, régóta jelen van a világ számos kultúrájában. Már a XVIII. századra jellemzően a szegények elemőzsiájává vált, mivel egyszerűen és olcsón elő lehetett állítani. Az ipari forradalom és a tésztagyárak elterjedésével pedig egész Európában elterjedt és fokozatosan más országok gasztronómiájába is beépült.

A tészta népszerűsége a mai napig töretlen, meghatározó ételnek számít a modern kor világában is, jelentős szerepet tölt be étkezési szokásainkban. Azonban sajnos manapság egyre több ember kényszerül változtatni étrendjén bizonyos ételintoleranciáknak „köszönhetően”. Ebbe a kategóriába tartozik a gluténérzékenység is, mely mára már egy globális népegészségügyi problémává nőtte ki magát. Ez szerencsére az orvostudomány és a technológia fejlődésével egyre könnyebben felismerhető. Ezenkívül előtérbe kerül a gluténmentes (GM) táplálkozás is, mint egy lehetséges megoldás.

A gluténmentes étrendben a búza helyettesítése nehéz feladat, hiszen a magyar táplálkozásban szinte nélkülözhetetlen alapanyag. Emellett ez a fajta étkezési szokás igencsak komoly kihívásokkal jár, ugyanis a glutén elhagyása sokszor tápanyaghiányhoz is vezethet. Ez nagy kihívás elé állítja az élelmiszeripart is. A gyártóknak minél hamarabb olyan termékeket szükséges kifejleszteniük, melyek megfelelő textúrával és szerkezettel rendelkeznek, mindeközben megőrzik nedvességtartalmukat és stabilitásukat is. Ezen felül a gluténmentes élelmiszerek mai szabályozásának kialakítása a számos erőfeszítés ellenére is lassan haladt előre. Az elhúzódó folyamat oka, a betegség és a mögöttes biokémiai mechanizmusának összetettségében, továbbá a diagnosztikai és élelmiszer-analitikai módszerek bonyolultságában keresendő.

A gluténérzékenység, mint probléma az egész világon egyre több embert érint. Magyarországon is növekszik a gluténérzékenység diagnosztizálása, sajnos a valós esetszámok sokkal magasabbak, mint amit a statisztikák mutatnak. Az élelmiszeriparnak a feladata, hogy az új trendeknek és étkezési szokásoknak megfelelően megreformálja termékeit és a megfelelő kutatások és fejlesztések után egy új, a gluténérzékenyek számára is biztonságosan fogyasztható cikket hozzon létre.

Célkitűzés

A céklával és sütőtökkel dúsított gluténmentes tészták előállításával és vizsgálatával kapcsolatban a következő célkitűzéseim voltak:

- Elsőként a dolgozat témájával kapcsolatos szakirodalmak tanulmányozása és bemutatása.
- Céлом volt továbbá a gluténmentes (GM) tészták dúsítására alkalmas értékes komponenseket tartalmazó zöldségporok kiválasztása, mint a cékla és a sütőtök.

- A dúsított nyers és főzött GM tésztáimat vizsgálni kívántam reológiai tulajdonságai, színe, összes polifenol tartalma, színanyag-tartalma alapján, valamint érzékszervi bírálattal felmérni fogyaszthatóságukat.
- Ezt követően célom volt a vizsgálatok során kapott és meghatározott paraméterek elemzése, a talált összefüggések statisztikai módszerrel történő alátámasztása.
- Utolsó célom pedig a táplálkozástani szempontból legértékesebb termék kiválasztása volt, valamint javaslattétel egy új termék gyártására az élelmiszeriparban.

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1. Gluténérzékenység

A búza az emberek mindennapi étrendjének alapját képezi, világszerte jelentős mennyiségben fogyasztják, ennek ellenére a lakosság gluténbevitelével kapcsolatban kevés információ áll rendelkezésre, mert hiányoznak részletes adatok az élelmiszerek gluténtartalmáról (Biesiekierski, 2017). Kivelä és munkatársai 2021-es cikkében számolt be arról, hogy a cöliákia egy gyakori emésztőrendszeri betegség, amely genetikailag hajlamos egyéneknél alakul ki a búzában, rozsbán és árpában található gluténfehérjék fogyasztására adott immunreakciók következtében. A cöliákia az egyik legelterjedtebb táplálékkal kapcsolatos krónikus állapot, világszerte 1,4%-os előfordulási aránnyal, ami fokozatosan növekszik és ez jelentős, globális közegészségügyi kérdéssé teszi (Singh et al., 2017; Wang et al., 2021).

Habár a cöliákia tüneteit és jeleit már több száz éve ismerték, csak az 1940-es években fedezte fel Dicke, egy holland gyermekorvos a kapcsolatot a búza expozíció fehérjekomponense, azaz a glutén, és a cöliákia között (Ludvigsson és mtsai., 2013). Jelenleg az egyetlen hatékony kezelés a cöliákiára a szigorú, életen át tartó gluténmentes diéta. A diéta ugyan biztonságos, mégis számos nehézséget jelent a beteg számára, így a szigorú étrendi korlátozások és nem utolsósorban a gluténmentes termékek magas beszerzési ára. Ennek eredményeként van olyan beteg, aki továbbra is glutént tartalmazó ételekkel találkozik, ami megakadályozza a betegség megfelelő kontrollját (Kivelä et al., 2021).

A cöliákia tipikus klinikai tünetei között számos felszívódási zavar is szerepel, mint például hasmenés, hasi fájdalom, puffadás és gázképződés. Emellett azonban nem specifikus jelek és tünetek is előfordulhatnak, mint például vashiányos vérszegénység, csonttritkulás és általános fáradtság, sőt, egyes esetekben a beteg tünetmentes is lehet (Husby et al., 2012).

Manapság a gluténmentes étrendet, illetve diétát olyan autoimmun betegségeknél vizsgálják, mint például a dermatitis herpetiformis, más néven Duhring-betegség (DH) vagy a glutén ataxia (GA), hétköznapiabban nevén mozgáskoordináció-zavar. Ezenkívül használják még búza okozta allergiák kezelésénél, valamint nem-cöliákiás gluténérzékenységnél (NCGS), az irritábilis bél szindrómánál (IBS), cukorbetegségnél, gyulladásnál és az elhízásnál is (El Khoury és mtsai., 2018).

Összefoglalva tehát a cöliákia egy autoimmun betegség, aminek kiváltója a gabonafélékben (búza, rozs, árpa, zab) található glutén fehérje. Ha egy cöliákiás személy gluténtartalmú ételt fogyaszt, szervezete a glutént veszélyes anyagnak érzékeli és negatívan reagál rá. Az immunreakció következtében sérül a vékonybél, ami gátolja a tápanyagok

felszívódását. Napjaink tudományos állása szerint a cöliákia nem gyógyítható, az egyetlen kezelési lehetőség a gluténmentes étrend betartása a beteg egész életén át. A gluténmentes termékek piaca folyamatosan nő, így Magyarországon is egyre több választék áll rendelkezésre a gluténmentes étrendet követők számára (Riskó, 2017).

A fentiek kapcsán számos megoldást szükséges keresni a nem kedvező gabonafélék kiváltására, alternatíváira.

2.2. Glutén

A glutén a búzaszemek legfőbb raktározó fehérjéje, mely több száz egymással kapcsolatban álló, de mégis eltérő fehérjék komplex keveréke. Ezt az összetett keveréket főként gliadin és glutenin alkotja. Összefoglaló néven „gluténnek” nevezhetjük a hasonló raktározó fehérjéket, mint például a szekalint a rozsban, a hordeint az árpában vagy éppen az avenint a zabban.

Wieser 2007-ben kiadott publikációja alapján elmondható, hogy a glutén egy rugalmas, gumiszerű massa, amely akkor keletkezik, amikor a búzát alaposan megmossuk, hogy eltávolítsuk belőle a keményítőszemcséket és a vízben oldódó összetevőket. A száraz, szilárd anyag a mosás alaposságától függően 75-85% fehérjét és 5-10% lipidet tartalmaz, a maradék nagy része pedig keményítő és nem keményítő szénhidrát. A gluténfehérje hálózatok igen eltérőek. Ez abból adódik, hogy komponenseik, méreteik különbözőek, valamint ide sorolható még a genotípus, a termesztési feltételek és a technológiai folyamatok okozta variabilitás. A glutén hőtűrő tulajdonságokkal rendelkező anyag. Felhasználható kötő- és nyújtószerként is, ezért gyakran alkalmazzák feldolgozott élelmiszerekben adalékanyagként, hogy javítsák az állagot, növeljék a nedvességmegtartást és gazdagabb ízt biztosítsanak. A glutén egy nagyon komplex vegyület, amelyet magas allépolimorfizmus jellemez, amely specifikus fehérjéit, a glutenint és a gliadint kódolja. Minden búza genotípus egyedi típusokat és mennyiségeket állít elő ezekből a vegyületekből. A glutén rendkívüli reológiai és funkcionális jellemzői attól függenek, hogy milyen arányban vannak jelen a glutenin és a gliadin fehérjék, valamint, hogy ezek a szerkezetek hogyan kerülnek kölcsönhatásba egymással. Ezek az összetevők különböző funkciókat látnak el, ami létfontosságú a késztermék viszkoelasztikus tulajdonságai (például a kenyér kelesztése során a szén-dioxid megkötése) és minősége szempontjából (Wieser, 2007; Biesiekierski, 2017).

Mivel a szakdolgozatomban a gluténmentes tésztával foglalkozom, ezért említést kell tenni a tésztáról és annak gyártásáról.

2.3. Tészta

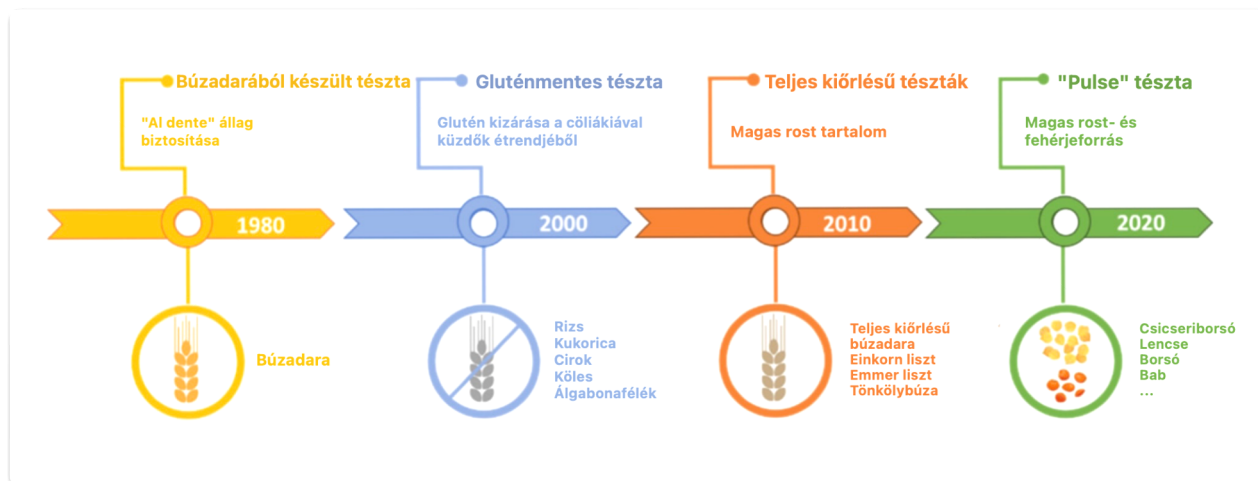
A tészta egy magas energiatartalmú élelmiszer, amely nagy mennyiségű szénhidrátot, mérsékelt mennyiségű fehérjét és kevés zsírt tartalmaz. Az egyik leggyakrabban használt és ezáltal a legnépszerűbb alapélelmiszerré vált szerte a világban, köszönhetően többek között a tápértékének, kényelmének és sokoldalúságának (Giacco és mtsai., 2015).

Évente körülbelül 14,3 millió tonna tésztát állítanak elő a világ számos pontján. Fő termelője Olaszország, ezt követi az Egyesült Államok, Brazília, Törökország és Oroszország. Az olaszok a legnagyobb tésztafogyasztók, évente fejenként átlagosan 23,1 kg-ot fogyasztanak (IPO, 2014). Törvényeik szerint a „szárított tészta” víz és durumbúza (*Triticum durum* L.) adagolásával készül, azaz búzadara, durva búzadara vagy teljes kiőrlésű búzadara felhasználásával (Bresciani et al., 2022). Bár a világ többi részén (Franciaország és Görögország kivételével) az átlagos búza (*Triticum aestivum* L.) használható tésztagyártásra, köztudott, hogy reológiai szempontból a durumbúza képes biztosítani a legjobb termékminőséget, tulajdonságokat, főzési minőséget és a fogyasztók elfogadottságát (Padalino et al., 2014; Sissons, 2008). Fontos megjegyezni azonban, hogy a közönséges búza általában 20-25%-kal olcsóbb, mint a durumbúza, széles körben elérhető és viszonylag alacsony költségnek köszönhetően a világméretű termelés értékes alapanyaga (Hong et al., 2017). A Nemzetközi Tészta Szervezet szerint 2020-ban 165 millió tonna tésztát termeltek világszerte. A legtöbb tésztát európai országokban termelik, ez körülbelül 31%, Közép- és Dél-Amerika 19%, egyéb európai országok 17,5%, Afrika 14,1%, Észak-Amerika 12,8%, Közel-Kelet 3,6%, Ázsia 1,5%, és a legalacsonyabb termelés Ausztráliában van, ami körülbelül 0,3%.

Érdemes megemlíteni, hogy a tésztában található alkotók mellett a benne található zsír telítetlen, így nem okoz káros hatást a szervezetre. A tészta egy őszi, fogyasztásra kész termék, amely durum búzából és vízből készül, nagy kapacitású hideg extrudálóval, különböző típusú formák alkalmazásával a termék eltérő alakjának biztosítása érdekében. Szénhidrátokat, fehérjéket, B-vitamin-komplexet, vasat tartalmaz, miközben alacsony a nátrium-, aminosav- és összzsír-tartalma. A nyers tészta 100 grammonként körülbelül 68,2 g keményítőt, 11 g fehérjét, 4,3 g oldható cukrot, 2,8 g rostot és 1,4 g zsírt tartalmaz, amely 353 kcal energiát biztosít (Giacco et al., 2016). A tésztát a WHO (Egészségügyi Világszervezet) és a FAO (Egyesült Nemzetek Élelmezésügyi és Mezőgazdasági Szervezete) egészséges, fenntartható és minőségi élelmiszernek minősítette. Ráadásul 2010-ben az UNESCO (Egyesült Nemzetek Oktatási, Tudományos és Kulturális Szervezete) az emberiség szellemi és kulturális örökségének nyilvánította (Giannetti et al., 2021).

Manapság a kutatások többsége a tészta készítésére fókuszál, különös tekintettel a durumbúzán kívüli gabonákból származó lisztek (vagy azok frakciói), valamint egyéb összetevők (például zöldségek és gyümölcsök) felhasználásával, hogy ezáltal javítsák a tészta tápértékét. A különféle tésztafajták iránti fogyasztói érdeklődés a változó piaci trendeket tükrözi (**1. ábra**), amelyek célja bizonyos táplálkozási előnyök elérése a tésztagyártás során használt speciális alternatív nyersanyagokból (Bresciani és mtsai., 2022).

1. ábra A tésztafajták és a hozzájuk kapcsolódó alapanyagok alakulása
(Forrás: Bresciani és munkatársai, 2022 munkája alapján)



Az ábra tökéletesen szemlélteti, hogy az 1980-as években jelent meg a búzadarából készült tészta, melynek alapanyaga a búzadara volt, ami az úgynevezett „al dente” állagot biztosította. Majd 20 év elteltével jelentek meg a gluténmentes tészták a köztudatban. Ezek a cöliákiások számára készültek, hogy ki tudják zárni a problémát okozó glutént az étrendjükben. A tészták alapanyagául a rizs, a kukorica, a cirok, a köles és az álgabonafélék szolgáltak. 2010-ben jelentek meg a teljes kiőrlésű tészták, melyek magas rost tartalmuknak köszönhetően váltak népszerűvé. Teljes kiőrlésű búzadarából, einkorn lisztből, emmer lisztből vagy esetleg tönkölybúzából is készülhetnek. 2020-ban kerültek a polcokra a „pulse” tészták, amik csicseriborsóból, lencséből, borsóból vagy akár babból is készülhetnek. Alapanyagaiknak köszönhetően igencsak optimális rost- és fehérjeforrás.

2.4.A tészta gyártási technológiája

A búza a leggyakrabban fogyasztott gabona a világon, ennek köszönhetően a búzából készült tészta a legszélesebb körben kapható világszerte. A FAO statisztikái szerint a búzaszemek világszintű termelése és felhasználása 2019-2020-ban körülbelül 762 és 758 millió tonna volt. Az éghajlat és a talaj az a két fő tényező, amely mindig hajlamos megváltoztatni a búza összetételét (Shewry et al., 2009).

Nem szabad figyelmen kívül hagyni, hogy a búzaszemek, csírából és korpából történő feldolgozása során a tiamin, a niacin és a riboflavin, mint értékes vitaminok elvesznek. Az őrlés után a búzaszemek 72%-a megmarad használható lisztként. A teljes magból készült Graham liszt hosszabb ideig történő tárolásával a búza avasodhat a benne lévő csíraolaj miatt (Fuad et al., 2010). A tésztagyártás fő lépései a keverés, az extrudálás, a hűtés, majd utolsó lépésként a csomagolás. Itt általában a hidegextrudálási módszert alkalmazzák, ilyenkor a hőmérséklet 50 °C alatt van. Szárítás után a termék a nedvesség 10%-át megtartja (Cubadda et al., 2007; Kumar et al., 2021).

A **búzából készült tészták** nélkülözhetetlen összetevői a búzadara és a víz. Az egyéb összetevők, mint például a tojás és az olaj, nem tartoznak a kötelező elemek közé. A **durumbúzát** tészta készítéséhez használják, mert magasabb a gluténtartalma és rugalmatlan természetű. Emellett a legelterjedtebb és tésztagyártásra legalkalmasabb búza alacsony lipoxigenáz aktivitása, magas fehérjetartalma és magas sárga pigmentje miatt. A durumbúza főbb, a tészta minőségét befolyásoló tulajdonságai közé tartozik a búzából kinyert finomítás mértéke, a búza töréssel szembeni ellenállása és a főzéstűrő képessége (Kumar et al., 2021; Marconi et al., 2002).

A **búzadara** a búzanövény keményítőtartalmú endospermiumából előállított kis sejtes egységek kombinációja. A legjobb minőségű tészta főbb tulajdonságai a jó sárga szín, az egyenletes szemcsézettségű korpaszemcsék és a 13,49–14,47 % nedvességtartalom (Fuad et al., 2010).

Az első lépés a tészta **összekeverése**, amely keverőgéppel történik. Ennek során a száraz összetevőkhöz adagolják a vizet, valamint a különböző tésztáknak megfelelően a többi hozzávalót. A tradicionális tésztagyártás szobahőmérsékleten, míg a modern gyártási technológia 35-50°C-on végzi ezt a lépést. Ezt követően történik a formázás, vagyis az extrudálás lépése. Az **extrudálás** egy olyan folyamat, amelynek során különböző formájú/geometriájú szálasárú vagy darabárú termékeket állítanak elő úgy, hogy azokat egy csigás adagoló segítségével ún. matricákon vezetik át. Ezek a matricák készülhetnek bronzból (tradicionális technológiánál alkalmazott) vagy teflonból (modern technológiánál alkalmazott) is. A berendezés extrudere nyomja előre az adagolóban a tésztát, ezzel erőt gyakorol rá. Az adagoló végére szerelt matricák cserélhetőek, ezek résein távoznak a gépből az erő hatására a különböző szál as vagy darabos tészták. Az extrudálás mellett a metélt és lap típusú tészták készítésénél a tésztagyártáshoz **laminálási** technológiát is alkalmaznak, melynek során hengereléssel vékonyra nyújtják a tésztát, ezzel lehetővé téve a tészták méretre vágását.

A formázást követően a tésztát statikus szárítóval **szárítják**, ehhez tradicionálisan 40-60 °C-ot alkalmaznak, még a modern eljárásnál 60-90 °C-ot. A szárítási idő leteltével a tésztát lehűtik és csomagolják. (Sicignano et al., 2015; Arcangelis et al., 2020; Kumar et al., 2021).

Mivel szakdolgozatom témája a gluténmentes tészták egészségnövelő hatása, ezért a továbbiakban szeretnék kitérni magára a gluténmentes tésztára, valamint annak gyártási technológiájára.

2.5.A gluténmentes tészta

Šmídová és Rysová 2022-ben kutatásuk során megállapították, hogy a gluténmentes tészta egy nagyon összetett rendszer, amely poliszacharidokat és más szerkezetképző összetevőket, viszkozitásnövelő- és tészta stabilizáló anyagokat tartalmaz (Šmídová és Rysová 2022).

Nagy sűrűség és alacsony rugalmasság jellemzi az állagát, több vizet tartalmaz, mint a hagyományos búzalisztes tészta. A víz mennyisége függ az alapvető nyersanyagok természetétől, azok vízfelvevő képességétől és a nyersanyagok szemcseméretétől. Ezenkívül a dagasztás, annak hossza és sebessége is nagyon fontos. A hosszabb dagasztás növeli a kenyér specifikus térfogatát. Sütéskor a fehérjék a hőmérséklet emelkedésével denaturálódnak, és megtörténik a keményítő kocsonyásodása. Kellően erős és rugalmas térszerkezetet kell kialakítani, hogy a táguló gázbuborékok megmaradjanak, és ne essen össze a termék sütés vagy hűtés közben. A gluténmentes lisztek és keményítők azonban önmagukban nem hoznak létre ilyen szerkezetet, ezért duzzadásuk és vízmegkötő képességük miatt hidrokolloid hozzáadása szükséges. A megfelelő hidratálás befolyásolja a polimer molekulák konformációját és a tészta reológiai tulajdonságait. Meghatározza a morzsa állagát és lágyágát, valamint a kéreg ropogósságát is. A kevésbé hidratált tészta kis mennyiségű kenyeret biztosít, annál jobban feldolgozható a hidratáltabb tészta, és jobban megy benne végre az erjedés. Egyéb nyersanyagok hozzáadása nélkül a termék szabálytalan alakú, nem túl összefüggő, a morzsa pedig nem kellően rugalmas. Ha a gluténmentes recept kevesebb fehérjét tartalmaz, akkor a termék általában világos kéreggel rendelkezik, nincs elég aminosav a Maillard-reakcióba való belépéshez. A gluténmentes termékeknél nagy problémát jelent a gyors elmaródás és ezáltal a korlátozott eltarthatóság, ezért inkább száraz keverék használata javasolt gluténmentes kenyér és pékáruk otthoni sütéséhez (Šmídová és Rysová, 2022).

2.6.Gluténmentes tészták gyártási technológiája

A gluténmentes tésztakészítés továbbra is az ősi, de még mindig használatban lévő keleti eljárásokon alapul, ahol a keményítő kulcsszerepet játszik az alapanyagok fő összetevőjeként a

gyártás során. A gyártási technológia főként a tészta melegítési és hűtési folyamatain alapul, amelyek két jelenséget hasznosítanak: először a keményítő kocsonyásodását, majd annak retrogradációját. Minél nagyobb a keményítő kocsonyásodási foka, annál jobb a főzési minőség, ellenben az enyhe keményítőduzzanat a tészta főzése közbeni összeomlásához vezethet, mivel hiányzik a retrográd keményítő folyamatos hálózata (Pagani, 1986). A hűtési lépések során új és spontán keményítőkristályosodás történik, ami átlátszó, üveges és konzisztens terméket eredményez. Ezek a változások elősegítik a keményítő szemcsés szerkezetének elvesztését a zselatinosodás során, valamint a kiterjedt retikuláris és rostos hálózat kialakulását a hűtés után.

Az extrudálásos főzés az egyik legtöbbet alkalmazott technológia a gluténmentes tésztakészítés során. A főzés magas hőmérsékleten történik, viszonylag rövid ideig és széles körben alkalmazzák számos élelmiszer előállításához (rágcsálnivalók, gabonapelyhek). A főzés során a fő jelenség a gluténmentes GM (gluten free – glutén mentes) tésztakészítésben használt és kiaknázott keményítő zselatinosodása. A keményítőszemcsék szerveződése megszakad, hogy emészthetővé váljanak és formázható termék jöjjön létre, a kristályos keményítő makromolekulái amorf anyaggá alakulnak (Wolf, 2010). Az extrudálással előállított tészta főzése után kiváló keménységet, ízt és állagot mutatott, hasonlóan az ugyanabból a lisztből hagyományos extruderrel készített tésztatermékekhez (Wang és mtsai., 1999). A GM lisztet először egy extruderben hőkezelték fűtött falakkal és/vagy gőzinjektálással, majd extrudálták, formázták és alakították, végül pedig megszárították. Szükséges egy adott főzési fok elérése annak érdekében, hogy olyan tésztát kapjunk, melynek jó főzési tulajdonságai vannak és ellenáll a túlfőzésnek (Budelli és Fontanesi, 2007; Merayo et al., 2011; Giménez et al., 2013).

Az előkezelt lisztek használata - amikor a keményítőt előfőzik egy külön üzemben a tésztakészítés előtt - az egyik olyan folyamat, amelyet jelenleg is alkalmaznak a gluténmentes tészta készítéséhez. Fizikai kezeléseket is alávették a keményítőt annak érdekében, hogy megváltoztassák azok eredeti fizikai-kémiai tulajdonságait, ezáltal megfeleljenek a különböző ipari igényeknek (da Rosa Zavareze et al., 2010). Az Annealing (ANN), vagyis a lágyítás, amely a keményítő kezelését jelenti nagy mennyiségű vízzel (több mint 40%) a zselatinosodási alatti hőmérsékleten (rizs esetében 50-60 °C), valamint a hőnedvesség-kezelés (HMT) nedvességtartalom mellett magas hőmérsékleten történő kezelés, 100-120 °C rizsliszt esetében) hidrotermikus eljárások, amelyek gyakran használatosak a keményítő eredeti fizikai-kémiai tulajdonságainak módosítására. Mind az ANN, mind a HMT növeli a keményítő kristályos szerkezetét, a szemcsék merevségét és polimer lánc asszociációját is (Jacobs és Delcour, 1998;

Tester és Debon, 2000). Ezek a különleges hidrotermikus kezelések gátolják a duzzadását, késleltetik a zselatinosodást, és növelik a keményítő stabilitását (Hoover és Vasanthan, 1994; Hormdok és Noomhorm, 2007).

2.7. A glutén helyettesítésének lehetőségei

A GM élelmiszerek előállításának szükségessége sok erőfeszítést igényel mind a tudományos életben, mind az élelmiszeriparban. Az elmúlt 30 év során különböző stratégiákról számoltak be, amelyek fő célja a WG (búza glutén, wheat gluten) helyettesítése a megfelelő búza alapú termékekhez hasonló tulajdonságokkal rendelkező GM élelmiszerek előállítására. A „gluténpótlás” vagy „gluténhelyettesítés” kulcsszavakat használva 1991 és 2021 között 595 dokumentum született (Gasparre és Rosell, 2023).

A cirok (*Sorghum bicolor*) Afrika, Ázsia és Latin-Amerika vidékein élő emberek milliói által fogyasztott fő élelmiszer. Beltartalmi értékeit tekintve 1,34% hamut, 8,47% fehérjét, 1,50% rostot tartalmaz, és gazdag fitokémiai profilja is ismert, beleértve a tanninokat, fenolsavakat, fitoszterolokat, amelyek jelentősen javíthatják az emberi egészséget, valószínűleg antioxidáns potenciáljuk miatt (Singh et al., 2017).

A szójabab (*Glycine max* L. Merr.) magasabb fehérje (40%) és esszenciális aminosav profilja mellett megfelelő a szénhidrát (23%) és a zsír (20%) tartalma is. Ezenkívül jelentős mennyiségű élelmi rost, vitaminok, ásványi anyagok, omega-3 zsírsavak, antioxidánsok és egyéb hasznos vegyületek, mint a fitoszterolok, lecitin és fenolsavak is jelen vannak a szójában (Sharma et al., 2014). A fent említettek miatt felhasználható az esszenciális aminosavak, különösen a lizin hiányos gabonaalapú élelmiszerek kiegészítésére. Collins és Pangloli 1997-ben arról számolt be, hogy a búzaliszt zsírtalanított szójaliszttel történő helyettesítésével készített tészta magasabb fehérjetartalmat mutatott anélkül, hogy az általános elfogadhatósági pontszámot károsan befolyásolta volna. Adegunwa és munkatársai (2012) hasonló eredményekről számoltak be a szójababbal és sárgarépával 10%-os helyettesítési szinten kiegészített búzalisztes tészták esetében is.

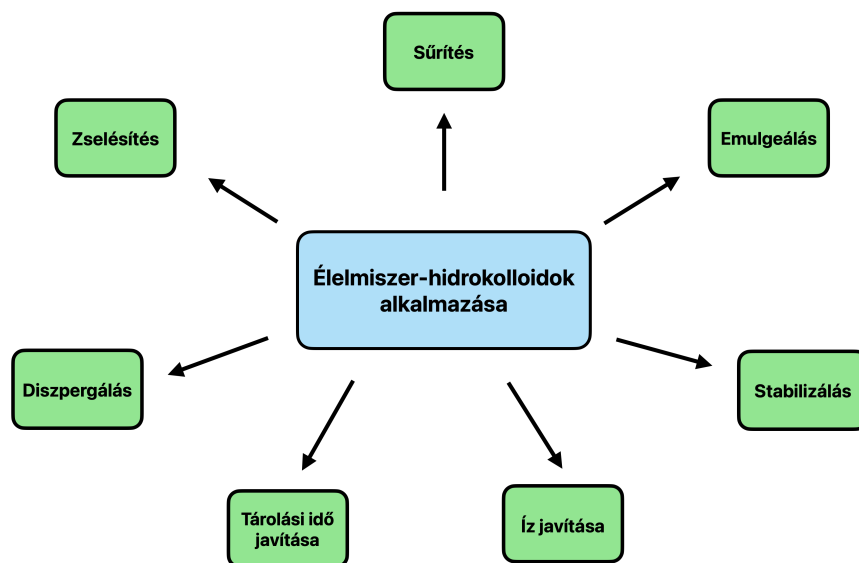
2.8. Gluténmentes tészták dúsítása és egészségnövelő hatása

Az élelmiszer dúsítás az a folyamat, amely során különböző adalékokat, tápanyagokat adnak hozzá az élelmiszerhez, akár már jelen vannak benne, akár nem. A dúsítás és a fortifikálás közötti fő különbség az, hogy a dúsítás során olyan tápanyagokat adnak hozzá, amelyek már jelen vannak az élelmiszerben, de a feldolgozás során eltávolították őket. A hagymahéj magas antioxidáns hatással rendelkezik, ezáltal a hagymahéjjal dúsított lisztből készült tészta is megnövekedett antioxidáns aktivitást mutat. Az élelmiszer dúsítás segít csökkenteni a

mikrotápanyag hiányokat és javítja a speciális állapotú emberek egészségi állapotát. A hagyma bőségesen tartalmaz fenolsavat, amelyben 25 különböző flavonoid található, majd 100°C-on végzett hőkezelése után az összes fenoltartalom növekedését figyelték meg. A glikozidos kötés jelenléte vagy az észter hidrolízise következtében fenolvegyületek szabadulnak fel a pirított hagymában. A kvercetin nagyrészt a hagyma epidermisz régiójában van jelen, mely képes megelőzni az elhízást (Kumar, 2021).

A glutén a búzában, az árpában és a rozsban jelenlévő fő szerkezetalkotó fehérje, amely viszkoelasztikus tulajdonságokat kölcsönöz a tésztának, és lehetővé teszi az élesztős fermentáció során keletkező gázok megtartását és a sütőben való kelesztést a sütés során (Houben et al., 2012; Salehi, 2019), valamint módosítja a végtermékek megjelenését és a morzsa szerkezetét is (Zoghi et al., 2021). Tehát levonható az a következtetés, hogy a glutén hiánya negatívan befolyásolja a tészta reológiáját és a végtermék minőségét, mivel a GM tésztákat a búzatésztához képest csökkent rugalmasság és kohézió jellemezheti (Cappelli és mtsai., 2020). Irondi és munkatársai (2023) megállapították, hogy a hidrokolloidok olyan vízben oldódó, élelmiszeripari vagy módosított poliszacharidok vagy fehérjék osztályát képezik, amelyek változatos kémiai szerkezetük miatt funkcionális jellemzőikért felelnek. Képesek zselét képezni, amikor vízben diszpergálódnak, valamint számos alkalmazási lehetőséget kínálnak az élelmiszeripar számára. A hidrokolloidoknak viszonylag sok funkciót tulajdonítanak a glutén helyettesítőjeként (2. ábra).

2. ábra Az élelmiszer-hidrokolloidok funkciói
(Forrás: Irondi et al., 2023 nyomán)



Az ábrán jól láthatjuk, hogy az élelmiszer hidrokolloidok alkalmazásának lehetőségei közé tartozik a sűrítés, a zselésítés, az emulgeálás, a diszpergálás és a stabilizálás. A glutén helyettesítőjeként való használatuk mellett élelmiszer adalékanyagként is felhasználhatók az élelmiszerek tulajdonságainak módosítására, például a tárolási idő és az íz javítására.

A cöliákia növekvő előfordulása a világ összes táján, a finomított búzaliszt ára, valamint a fogyasztók egészségvédő élelmiszerek iránti egyre csak fokozódó érdeklődése szükségessé tette az élelmiszeripar részére a GM termékek kifejlesztését. Az GM tésták általános összetevői kukoricából, rizsből, burgonyából (vagy más gumós zöldségekből) származó liszt és/vagy keményítő, fehérje, gumi és emulgeálószer. Ezek az összetevők részben helyettesíthetik a glutént. A GM alapanyagok sokfélesége hozzájárul a cöliákiasok számára készült termékek mennyiségének és minőségének növeléséhez (Marti és Pagani, 2013).

A következők két alfejezetben kitérnék a kutatásban két adalékként használt por, vagyis a cékla és a sütőtök rövid bemutatására.

2.9.Cékla

A cékla (*Beta vulgaris* L. ssp. *esculenta* convar. *crassa* provar. *conditiva*) a zárvatermők törzsébe sorolható, azon belül a *Caryophyllidae* alosztályhoz, *Caryophyllanae* főrendhez, libatopvirágúak (*Chenopodiales*) rendjéhez, libatopfélék (*Chenopodiaceae*) családjához tartozik (Bálint és Höhn, 2001). Ősalakjának a *Beta vulgaris* L. var. *maritima* vad alakját tekintik, amely a Földközi-tenger környékéről származik. A cukorrépa, a takarmányrépa és a mángold is a rokon fajok közé tartozik (Takácsné, 2017).

A cékla kellemetlen földes íze dohos szaggal is társulhat, ami minőségi problémát jelenthet. Ezeket az ízeket a talajban élő *Actinomycetes* fajok spórái által termelt geozmin (tranz 1,10-dimetil-trans-dekalol) okozzák. A geozmin okozta nem kívánt íz és szag előfordulása függ a talaj típusától, a feldolgozási és tárolási módtól, valamint a cékla fajtájától (Tyler, 1978; Takácsné, 2011; Takácsné, 2017).

A céklát a világ különböző részein széles körben termesztik, főleg a mérsékelt égövi területeken, különösen Észak-Amerikában, Európában és az USA-ban. Európában a termelése főleg az Egyesült Királyságban és Franciaországban koncentrálódik, de jelentős mennyiségben termesztik Olaszországban, Hollandiában, Németországban, Görögországban, Spanyolországban és Dániában is (Takácsné, 2014). Hazánkban a cékla leginkább másodveteményként kerül termesztésre, ami az őszi feldolgozó kapacitásnak biztosít alapanyagot, mivel Magyarországon a cékla fogyasztása néhány termékre korlátozódik, mint

például a tartósított savanyúságok, ivólevelek, természetes színezőanyagok (Rubóczki és Takácsné Hájos, 2018).

Az elmúlt évtizedben jelentős figyelem irányult a cékla egészségre gyakorolt hatásaira. Évszázadok óta használják a hagyományos orvoslásban számos probléma kezelésére, például székrekedés, bél- és ízületi fájdalmak, valamint korpásodás esetén. A modern farmakológiai kutatások rámutattak, hogy a cékla kivonatoknak számos kedvező hatása van, beleértve a vérnyomáscsökkentő és hipoglikémiás tulajdonságokat is. Emellett fontos megemlíteni, hogy elismert helye van a legerősebb antioxidáns zöldségek között, kulcsfontosságúak az egészség megőrzése és az oxidatív stressz negatív hatásainak semlegesítése szempontjából.

Takácsné Hájos Mária 2002-ben megjelentetett kutatása szerint a cékla színanyagtartalma a vörös betacianinok és a sárga betaxantinok keverékéből áll. A két színanyag aránya és jelenléte határozza meg a répatest színét, valamint a különböző cékla típusait is. A cékla makro- és mikroelemeit az **1. táblázat** szemlélteti.

1. táblázat A cékla különböző részeinek elemtartalma és eloszlás a répatestben
(Forrás: Takácsné Hájos Mária 2002 nyomán)

Elemek		Elemtartalom (mg/100g friss anyagban)		
		levélben	répatest húzában	répatest héjában
Makroelemek	Ca	156,0	10,04	21,19
	Mg	170,3	22,23	44,33
	K	687,7	296,4	375,70
	Na	540,8	121,4	158,60
	P	37,38	49,4	65,65
Mikroelemek	Zn	0,88	0,40	0,54
	Fe	2,91	0,85	2,09
	Cu	0,20	0,11	0,13
	Mn	1,15	0,22	0,28
	Al	5,68	0,50	0,58

Megfigyelhető, hogy a cékla jelentős mennyiségű káliumot (K) és magnéziumot (Mg) tartalmaz, míg a nátrium (Na) aránya alacsonyabb. Az Mg tartalom eloszlása a növényben sajátos mintázatot mutat: a céklatest héja gazdagabb, mint a belső rész. Érdekes tehát a cékla hámozására figyelmet fordítani és inkább főzés után eltávolítani a héját. A cékla lombozatának ásványi anyag tartalma magyarázza, hogy miért használják külföldön olyan széles körben a növény leveleit. Megállapítható, hogy a levelekben minden elem nagyobb arányban található meg, mint a répatestben. A folsavnak, amely a B-vitamin család egyik tagja, jelentős szerepe van az emberi szervezetben, különösen a betegségek megelőzésében. A cékla szín anyaga kiváló természetes ételszínezékként használható, amely lehetővé teszi a mesterséges színezékek, mint az E123 kiváltását. A céklából előállított por vagy sűrítmény alkalmas jégkrémek, joghurtok és húspótló szója termékek színezésére.

A cékla egészségre gyakorolt jótékony hatása

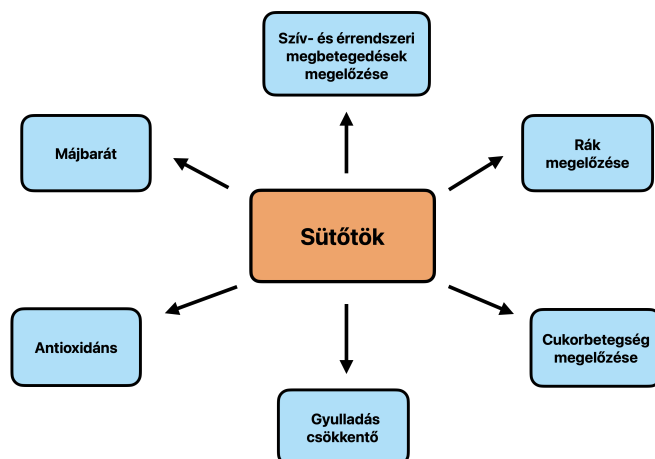
A céklafogyasztás igen jelentős hatással van az emésztőrendszer szinte minden szervére, érintve a hasnyálmirigyet, a májat és a vastagbelet is (Bobek és mtsai., 2000). A céklalé csökkenti a vér koleszterinszintjét, mivel a polifenolokat és a rostokat tartalmazó céklafélék serkentik a koleszterin és a koleszterin metabolitok kiválasztását. A céklalé vérnyomáscsökkentő hatása a nitrátokhoz kapcsolódik. Általában a nitrátok ergogén és szívvédő tulajdonságokkal rendelkeznek. A céklalé fogyasztása csökkentheti a központi szimpatikus idegrendszer aktivitását nyugalomban és edzés közben is. A cékla egészségre gyakorolt hatásának egyik kevésbé tanulmányozott aspektusa a vasanyagcsere. A népi gyógyászatban a céklát gyakran társítják a jó egészséghez, mivel a vörös vérrel kapcsolják össze. A céklavegyületek több mechanizmuson keresztül képesek serkenteni a vas felszívódását a bélből, jelentős folsavtartalmának köszönhetően. Az aszkorbinsav és más szerves savak jelentős mértékben hozzájárulnak a vas biológiai hasznosulásához és bélrendszeri transzportjához (Babarykin et al., 2019).

2.10.Sütőtök

A sütőtök (*Cucurbita maxima* L.) a tökfélék (*Cucurbitaceae*) családjába tartozó zöldségféle. A sütőtök mérete, színe, alakja és súlya igencsak változatos lehet. Általában mérsékelten kemény héj borítja, mely alatt vastag, ehető hús és a központi magüreg található. A zöldség húsában számos mag található. Ezeket héj borítja, amely védőréteggént szolgál a magok körül (Robinson, 1997). Az Amerikából származó növényt már több mint 10 000 éve előszeretettel termesztik, fogyasztják és használják az emberek a világ összes táján (Paris, 2017). A *Cucurbitaceae* családba tartozó magvairól köztudott, hogy magas az olajtartalmuk. A sütőtököt nyersen vagy feldolgozva is fogyasztják, a magokat felhasználják növényi olaj és fehérje előállítására. A tökmagot és a sütőtök héját előszeretettel használják fel állati takarmánynaként, valamint a mezőgazdaságban műtrágyaként (Grumet és mtsai., 2017).

A sütőtök, mely tele van különböző tápanyagokkal, az elmúlt években új távlatokat nyitott a tudósok előtt. A sütőtök, beleértve a húsát, a magját és a héját is, gazdag forrása elsődleges és másodlagos metabolitoknak, mint például fehérjéknek, szénhidrátoknak, telítetlen zsírsavaknak és karotinoidoknak. A következő **3. ábra** jól összefoglalja sütőtök egészségre gyakorolt jótékony hatásait.

3. ábra A sütőtök egészségre gyakorolt jótékony hatásai
(Forrás: Batool és mtsai., 2022 nyomán)



Az ábra 6 jótékony tulajdonságra hívja fel a figyelmet. A sütőtök hatással van a májra, a szív- és érrendszeri panaszokra, a rákos megbetegedésekre, a cukorbetegségekre és az emberi szervezetben fellépő gyulladások kezelésére, valamint ezeken felül antioxidáns tulajdonsága is nagyon kedvező.

A sütőtökben több olyan ásványi anyag található, amely elengedhetetlen az emberi egészség szempontjából. A sütőtök pépében poliszacharidok, színezékek (karotinoid), aminosavak, aktív fehérjék és ásványi anyagok is találhatók. Kiváló kálium-, foszfát- és magnézium-forrást, valamint jó lipid- és fehérjeellátást biztosítanak számunkra (Roongruangsri és Bronlund, 2015). A sütőtök magjában található cink, foszfor, magnézium, kálium és szelén igazi fegyver a szervezet számára a betegségek elleni küzdelemben (Devi et al., 2018), amit a **2. táblázat** szemléltet.

2. táblázat A tökmag táplálkozási jellemzői és összetétele (Tápérték 100 g-ra vetítve)
(Forrás: USDA Nemzeti Tápanyag Adatbázis; Devi és mtsai, 2018 nyomán)

Összetevők	Tápérték	RDA százaléka	Összetevők	Tápérték	RDA százaléka
Energia	559 Kcal	28%	Elektrolitok		
Szénhidrátok	10,71 g	8%	Nátrium	7 mg	0,5%
Fehérje	30,23 g	54%	Kálium	809 mg	17%
Összes zsír	49,05 g	164%	Ásványi anyagok		
Koleszterin	0 mg	0%	Kalcium	46 mg	4,5%
Élelmi rost	6 g	16%	Réz	1,343 mg	149%
Vitaminok			Vas	8,82 mg	110%
Folsav	58 µg	15%	Magnézium	592 mg	148%
Niacin	4,987 mg	31%	Mangán	4,543 mg	198%
Pantoténsav	0,750 mg	15%	Foszfor	1233 mg	176%
Piridoxin	0,143 mg	11%	Szelén	9,4 µg	17%
Riboflavin	0,153 mg	12%	Cink	7,81 mg	17%
Tiamin	0,273 mg	23%	Fitotápanyagok		
A-vitamin	16 IU	0,5%	Karotin-β	9 µg	--
C-vitamin	1,9 mg	3%	Krypto-xanthin-β	1 µg	--
E-vitamin	35,10 mg	237%	Lutein-zeaxantin	74 µg	--

A sütőtök egészségre gyakorolt jótékony hatása

Az elmúlt években jelentős kutatásokat végeztek a sütőtök húsának, magjainak és héjának antidiabetikus hatásainak vizsgálatára. Más kutatások szerint a sütőtök por képes növelni az inzulinszintet a szervezetben, ami alacsonyabb glükózsztintet eredményez, amiből az a konklúzió vonható le, hogy a sütőtök jótékony hatással van a cukorbeteg emberek egészségére. A sütőtököt különböző kutatásokban is vizsgálták rákmegelőző tulajdonságai miatt. Beszámoltak arról, hogy számos ráktípus, például a mell-, a végbél- és a tüdőrák kockázata fordított arányos a tökmag fogyasztásával. Ezeken kívül pedig még több korábbi kutatás is beszámolt már a sütőtök májvédő hatásáról. Egy patkányokon végzett kísérletben megfigyelték, hogy a tökmag fehérje izolátum kedvező hatással bír a máj szabályozási zavarának kezelésében (Batoöl és mtsai., 2022).

2.11.A témához kapcsolódó korábbi kutatások

Susanna és Prabhasankar (2013) munkásságának célja a fehérjében gazdagított gluténmentes tészta fejlesztése, valamint a termék minőségének és allergénhatásának értékelése volt. Az elkészített tésztát minőségi jellemzők és immunológiai tesztek segítségével vizsgálták. Az eredmények szerint a GM tészta valamivel magasabb főzési veszteséget mutatott, azonban a gumikkal történő kiegészítés csökkentette a keményítővesztést. Emellett alacsonyabb keményítő emészthetőséget és magasabb fehérje emészthetőséget mutatott. Ezért arra a következtetésre lehet jutni, hogy a kifejlesztett magas fehérjetartalmú gluténmentes tésztát fogyaszthatják azok, akik búzagluténre allergiás tüneteket mutatnak.

Cui és munkatársai (2022) vörös cékla port adtak a búzaliszthez (legfeljebb 70%-ban), hogy tápértékkel dúsított kínai párolt kenyeret készítsenek. A tészta céklaporral való dúsítása nagymértékben csökkentette a fajlagos térfogatot, miközben növelte a keménységet és a rágóképességet, mivel az céklapor befolyásolta a glutén másodlagos szerkezetét. Érzékszervi analízis kimutatta, hogy a búzaliszt akár 10%-ban is helyettesíthető céklaporral a kínai párolt kenyér étkezési minőségének veszélyeztetése nélkül. Az eredmények azt mutatták, hogy megvalósítható a céklával dúsított, javított tápértékű élelmiszerek összeállítása.

Sobota és munkatársai (2020) a különböző növényi összetevők (porok és koncentrátumok) hozzáadásának a tészta színére, kémiai összetételére, főzési és érzékszervi minőségére gyakorolt hatását vizsgálták. Durumbúzadarából készült tésztát 0%, 2%, 4%, 6% és 8% réppaporral, répakoncentrátummal, sárgaréppaporral, sárgarépa koncentrátummal és kelkáposztaporral helyettesítettek. A koncentrátum hozzáadása nagyobb változást okozott a

tészta színében, mint a porok analóg hozzáadása, azonban a termékek színe instabil volt és kevésbé ellenálló a főzéssel szemben.

Mirhosseini és munkatársai (2015) tanulmányának célja a kukoricaliszt részleges helyettesítésének vizsgálata volt sütőtökliszttel és duriánmagliszttel a gluténmentes tésztában. A sütőtökliszttel készült tészta jobb tulajdonságokat mutatott, mint a duriánmagliszttel készült. A kísérleti lisztek hozzáadása növelte a tészta nedvesség-, hamu-, főzési hozamát és a pirosságot (a^* érték), míg a világosság (L^*) és a keménység csökkent. A 25% sütőtökliszt javította a tészta színét, textúráját és érzékszervi tulajdonságait, és a legkívánatosabbnak bizonyult.

Indrianti és munkatársainak (2023) a célja a gluténmentes tészta fizikai-kémiai és mikroszerkezeti tulajdonságainak vizsgálata volt sütőtökliszt hozzáadásával (0%, 5%, 10%, 15%) nyílgyökér- és canna-keményítőből. A sütőtökliszt hozzáadása növelte a kémiai és főzési paraméterek értékeit (hamu, fehérje, rost, főzési idő, vízfelvétel), de csökkentette a világosságot (L^*), miközben növelte az a^* és b^* színértékeket. A mikroszerkezeti elemzés teljes keményítő-zselatinizálódást mutatott, a sütőtökliszt hozzáadása érdes felületi részecskéket eredményezett.

Minarovičová és munkatársai (2017) a sütőtökliszt búzatésztába való beépítésének hatásait vizsgálták, különböző mennyiségekkel (5%, 7,5%, 10%). A sütőtökliszt növelte a vízfelvételt és a tészta fejlődési idejét, ugyanakkor csökkentette a stabilitást és a keverési toleranciát. A tészta főzési ideje rövidebb lett, és nagyobb főzési veszteséget mutatott. Az érzékszervi vizsgálatok szerint a magasabb sütőtökliszt tartalom fokozta a zöldségízt és a szemcsés szerkezetet, míg a 10%-os sütőtökliszt tartalmú tészták bizonyultak a legelfogadhatóbbnak.

3. Anyagok és módszerek

A kísérletben a céklával és sütőtökkel dúsított tészták összeállítását, a reológiai- és színméréseket, valamint az érzékszervi bírálatot az Élelmiszeripari Méréstechnika és Automatizálás Tanszéken, míg az összes polifenol tartalom és színanyag meghatározást az Élelmiszerkémia és Analitika Tanszéken végeztük.

3.1. Felhasznált anyagok

Az *előkísérlethez* és a kísérlet további részéhez Old Miller's Pastry Mix gluténmentes lisztkeverék (GM lisztkeverék) a Táplálékallergia Centrumból származik. A felhasznált lisztkeverék összetevői: kukoricakeményítő, koncentrátum (glükózszirup, emulgeálószer: guarliszt, napraforgólecitin, rizsliszt), de ezek aránya titkosított.

A GM lisztkeverék energia- és tápértékét 100 g termékben az **3. táblázat** tartalmazza:

3. táblázat A GM lisztkeverék energia- és tápértéktáblázata

(Forrás: saját készítés)

<i>Energia- és tápérték 100 g termékben</i>	
<i>Energia</i>	1588 / 375 kcal
<i>Zsír</i>	1,75 g
amelyből telített zsírsavak	0,05 g
<i>Szénhidrát</i>	77 g
amelyből cukrok	3 g
<i>Rost</i>	8 g
<i>Fehérje</i>	0,75 g
<i>Só</i>	0,075 g

A *tesztakészítéshez* a GM lisztkeveréket és kereskedelmi forgalomban kapható cékla, valamint sütőtök port használtunk, amelyek Prana termékek voltak. A kísérlet során GM lisztkeverékből víz hozzáadásával friss tésztát készítettünk kontroll mintaként. Az így elkészített alaptészta mellett a lisztkeveréket különböző koncentrációban helyettesítettük kétféle zöldséggel az alábbi táblázat szerint (**4. táblázat**):

4. táblázat A kísérleti receptúrák

(Forrás: saját táblázat)

mennyiségek, g	kontroll (K)	céklaporos (C)				sütőtök poros (S)			
	0 %	2,5 %	5 %	7,5 %	10 %	2,5 %	5 %	7,5 %	10 %
GM lisztkeverék*	50 g	48,75	47,5 g	46,25 g	45 g	48,75 g	47,5 g	46,25 g	45 g
céklapor	-	1,25 g	2,5 g	3,75 g	5 g	-	-	-	-
sütőtök por	-	-	-	-	-	1,25 g	2,5 g	3,75 g	5 g
víz	29,1 g	29,1 g	29,1 g	29,1 g	29,1 g	29,1 g	29,1 g	29,1 g	29,1 g
tészta tömege, g	79,1 g	79,1 g	79,1 g	79,1 g	79,1 g	79,1 g	79,1 g	79,1 g	79,1 g

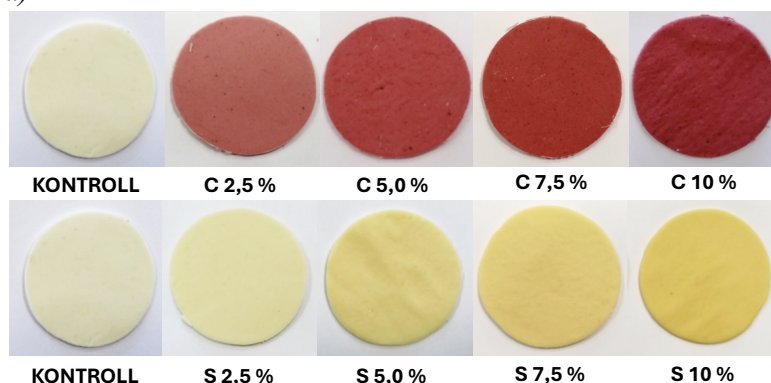
Tészták összeállítása, előkészítése méréshez és főzése

A tésztát a **4. táblázat** receptúrája alapján dolgoztuk össze, majd gyúrtuk 10 percen keresztül. Ezt követően OHAUS AX324M típusú analitikai mérlegen (OHAUS Corporation, Parsippany, Egyesült Államok) 10 g nyers mintát mértünk be, és SilverCrest SSMS 600 inox, nemesacél 600W botmixerrel (Lidl, Németország) morzsás állagúra aprítottuk, majd 2-2 g nyers tésztát 1-1 db Falcon csőbe bemértük. Ezeket a mintákat -18°C-os fagyasztóban tároltuk az összes polifenol tartalom (TPC) és a színanyag meghatározásáig.

A maradék tésztát egy ERNESTO (OWIM GmbH, Németország) inox mechanikus, 7 fokozatú kézi tésztanyújtó berendezéssel 7-es, 6-os, végül 5-ös fokozaton kinyújtottuk egyre vékonyabbra, és 50 mm átmérőjű pogácsaszaggatóval 3-3 korongot vágunk ki. Ekkor a tészta vastagsága $1,718 \pm 0,03$ mm volt digitális tolómérővel 3 helyen mérve (**4. ábra**).

4. ábra Kísérlet nyers tésztái (C – cékla; S – sütőtök)

(Forrás: saját ábra)



(K=kontroll, C=cékla porok és S=sütőtök porok koncentrációja %-ban)

A megmaradt tésztából a tésztanyújtó berendezés metéltvágójával 6 mm szélességű szélesmetéltet készítettünk, amiket 50 mm hosszúra vágunk fel. A nyers tészta méréséből megmaradt mennyiségből 25 g metélt tésztát kimérve indukciós főzőlapon 100 g vízzel 1200W teljesítményen addig főztük a tésztát, amíg a vizet magába nem szívta. Ekkorra a kettévágott tésztának már nem volt fehér (azaz nyers) a közepe. A főtt tésztából is vágástesztet végeztünk, majd az adott receptúra szerinti maradékot leaprítva 2-2 g mennyiséget 1-1 db Falcon csőbe bemértünk és lefagyasztottunk az összes polifenoltartalom (TPC) és színanyag mérésekhez.

3.2. Mérési módszerek

A reológiai mérések során a különböző receptúrájú nyers tészták kinyújtását és formázását követően, elasztikus és viszkózus tulajdonságaik alapján amplitúdó pásztázással vizsgáltuk meg. Ezt követően, a tésztákból szélesmetéltet készítettünk, melyeken nyers és főtt állapotban is vágástesztet végeztünk. A tészták színét főzés előtt és azt követően is megmértük,

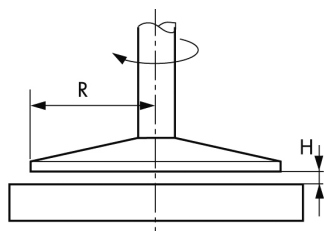
továbbá a nyers- és főtt tésták összes polifenol- és színanyag tartalmát is meghatároztuk. Végezetül laikus bírálók részvételével vizsgáltuk a tésták érzékszervi tulajdonságait.

3.2.1. Amplitúdó pásztázás

A reológiai mérésekhez, így az amplitúdó pásztázáshoz az Élelmiszeripari Méréstechnika és Automatizálás Tanszék MCR302 típusú oszcillációs reométerét (Anton Paar, Graz, Ausztria) használtuk fel. A készülék segítségével oszcillációs és rotációs módban egyaránt vizsgálhatóak a viszkoelasztikus anyagok. A készülék légcsapágyas kialakítása lehetővé teszi kicsi nyírási deformáció esetén a nagy pontosságú méréseket.

A mérésekhez felhasznált PP50 típusú fej egy 50 mm átmérőjű rozsdamentes acélból készült mérőfej. A mérőfej alatt egy teflonbevonatú mintatartó felület található, ennek köszönhetően párhuzamos lapgeometria (plate-plate) kialakítással mérhetünk (**5. ábra**).

5. ábra Párhuzamos lap-lap mérési geometria
(Forrás: Mezger, 2014)



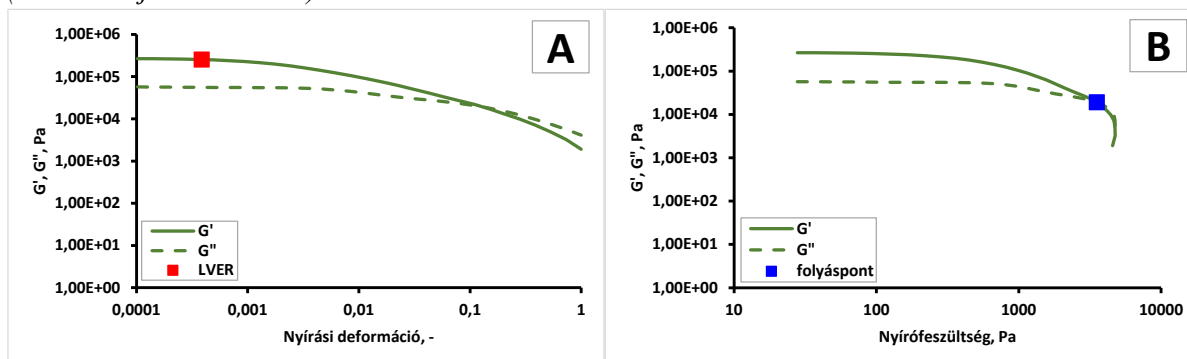
Az alábbi beállításokkal mértem Larossa és mtsai. (2015) cikke nyomán:

- rétegvastagság (gap) $H = 1,7 \text{ mm}$
- szögsebesség $\omega = 6,28 \text{ rad/s}$
- nyírási deformáció $\gamma = 0,01 - 100\%$
- 30 adatpont, konstans léptékkel, 10 s / adat adatrögzítéssel
- 3 ismételtes / téstaminta
- $25 \pm 0,2^\circ\text{C}$ mérési hőmérséklet

A készülék Rheo Compass 3.63 szoftverének segítségével végzett mérések során meghatároztuk a lineáris viszkoelasztikus határt (linear viscoelastic range limit = LVER limit) és a γ_{LVE} nyírási deformáció értékét. Az **6. ábra** szemléltet általános mérési görbéket. A γ_{LVE} az az érték, amikor a G' tárolási modulus a maximális érték 97%-ára csökken, ezt a pontot értjük az elasztikus és viszkózus viselkedés választóvonalának. Ezt követően a G' és G'' görbék csökkenni kezdenek, mely során eléri a kereszteződési pontot, amikor a G' tárolási- és G'' veszteségi modulus értékek azonosak lesznek. Ezt a pontot nevezzük folyáspontnak τ_f , amit szintén meghatároztuk. A γ_{LVE} és τ_f értékeket az **6. ábrán** kék ponttal jelöltem.

6. ábra Amplitúdó pásztázás mintagörbe G' ; G'' értékei nyírási deformáció (A) és nyírófeszültség (B) függvényében

(Forrás: saját szerkesztés)



Mivel a kísérlet során készített téstáink nem tartalmaztak számottevő zsiradékot, így a mérőfej és a téstafelület közötti tapadás érdekében egy 320-as vízálló dörzspapírt rögzítettünk a PP50-es mérőfej mérési felületére. Az 50 mm átmérőjű pogácsaszaggatóval kivágott téstákat a mérőfej 1,7 mm vastagságúra nyomta össze, körben a téstakorongok szélét napraforgó olajjal óvatosan bekentük, hogy elkerüljük a levegővel érintkező téstafelület száradását a mérés közben, elkerülve ezzel a mérési eredmények esetleges hibáját.

3.2.2. Vágási teszt

A nyers, valamint a kifőzött szélesmetélten az SMS TA.XTplus (Stable Micro Systems, Surrey, UK) precíziós penetrométerrel vágástesztet végeztünk az Amerikai Gabonakémikusok Szövetségének (American Association of Cereal Chemists = AACC) AACC 66-50.01 mérési szabványa nyomán (SMS, Exponent). A szabványban leírtaktól eltérően azonban nem spagettit, hanem metéltet vizsgáltunk.

A készülékhez tartozó mérőfejek közül a HDP/BSK (Blade Set with Knife) feltét segítségével végeztük a méréseket az alábbi beállításokkal:

- Mód: Measure Force in Compression
- Opció: Return to Start
- Sebességek:
 - mérés előtti sebesség: N/A
 - mérés közbeni sebesség: 0,17 mm/s
 - mérés utáni sebesség: 10 mm/s
- mérési deformáció: 4,5 mm
- trigger típusa: Button (5mm magasból indítva a mérést)
- mérési adatszám: 400 pps (point per seconds)

A vágási teszt során a nyers és főtt téstá esetében egyaránt 12 ismétlést végeztünk, szobahőmérsékleten ($24,5 \pm 1^\circ\text{C}$ -on), majd a kapott erő-deformáció görbékből a maximális vágási erőt és a maximális vágási erőig végzett nyírási munkát határoztuk meg.

3.2.3. Színmérés

Minden teszta esetében megmértük a CIE Lab színrendszer paramétereit, az L* világossági tényezőt, a* vörös-zöld és b* kék-sárga színezeti jellemzőket a nyers- és főtt teszta felületén, ColorLite sph850 spektrométerrel (ColorLite GmbH, Katlenburg-Lindau, Németország). A méréseket 3-3 ismétléssel végeztük $24,5 \pm 1^\circ\text{C}$ hőmérsékleten.

3.2.4. Érzékszervi bírálat

Két körös érzékszervi bírálatot végeztünk 16 fő laikus bíráló részvételével. Az egyes körökben a zöldségpor nélküli kontroll tesztához - mint referencia - hasonlították a bírálók az adott zöldségporral dúsított teszta négy különböző koncentrációját az illat, szín, állag és íz érzékszervi tulajdonságok alapján, összesen 14 szempont szerint. A bírálati lapot a Melléklet tartalmazza.

3.2.5. Összes polifenol tartalom meghatározás

A fizikai mérések mellett a tesztaminták összes polifenol tartalmát Singleton és Rossi (1965) módszerével Folin-Ciocalteu reagenssel spektrofotometriás úton, 760 nm-en határoztuk meg, ahol szükségünk volt 1%-os HCl oldatra, Folin-Ciocalteu reagensre (0,2 M), Metanol + desztillált víz 80:20 arányú keverékére, Na_2CO_3 -ra (nátrium-karbonát) 7,42 g Na_2CO_3 /100 ml desztillált víz és 0,3 mM-os 70%-os metanolban oldott galluszsavra.

A mintákhoz oldószernek Levent (2019), valamint Yeşil és Levent (2022) munkái alapján alkoholos extrakciós oldatot adtunk, 8:1:1 (80%-os metanol: 1%-os sósav:desztillált víz). A mintákat DLAB MX-S Vortex keverővel (DLAB Instruments Ltd, Dlaboratory, Lund, Svédország) 1 percig kevertük. Ezután 2 órán át, 300 rpm fordulatszámmal, 25°C hőmérsékleten ráztuk Kambič termosztálható körkörös síkrázóval (Kambič, Semič, Szlovénia). A rázatást követően a mintákat Hettich MIKRO 22 R laboratóriumi centrifugában 20 percig 6000 rpm fordulatszámon centrifugáltuk 20°C hőmérsékleten. A tiszta felülúszókat a mérésekig -32°C -on tároltuk. Minden mérésből 4 ismétlés történt. Az eredményeket galluszsavból készített kalibrációs görbe segítségével μM galluszsav/100 g szárazanyagban adtuk meg.

3.2.6. Színanyag meghatározás

A minták színanyag-, betanin- és vulgaxantin tartalmát, spektrofotometriásan határoztuk meg Nilsson, (1970) módosított módszere alapján, Joachim (2001) szerint. A nyers és főzött tesztákból készített oldatok abszorbanciáját 3 hullámhosszon, $\lambda = 476$ -, 538-, illetve

600 nm-en mértük, melyből a cékla betanin és vulgaxantin mennyiségét mg/100g tésztára vonatkoztatva adtuk meg. A mérést koncentrációnként három ismétléssel végeztük (Nilsson, 1970; Joachim, 2001).

3.3. Statisztikai elemzés

Az eredmények kiértékelése során az amplitúdó pásztázás görbéket a RheoCompass 1.33 szoftverrel, a vágás erő-deformáció görbéit a TA.XTplus állományvizsgáló készülék Texture Exponent 6.1.11 szoftverével írt makrók segítségével értékeltük ki.

A kiértékelendő mérési paramétereket Microsoft Excel 2019 programmal gyűjtöttük ki és állítottuk össze a statisztikai elemzéshez a táblázatot. A szoftverrel átlag és szórás alapján adatredukciót is végeztünk, emellett az eredmények bemutatásánál az oszlopdiagramokat, valamint az érzékszervi bírálat eredményeit bemutató pókháló diagramot is itt készítettük el.

A zöldségporokkal dúsított tészták közötti szignifikáns különbség elemzését ANOVA teszttel, majd további post-hoc vizsgálattal (Tukey, Games-Howell teszt), IBM SPSS 29.0 statisztikai szoftverrel végeztük.

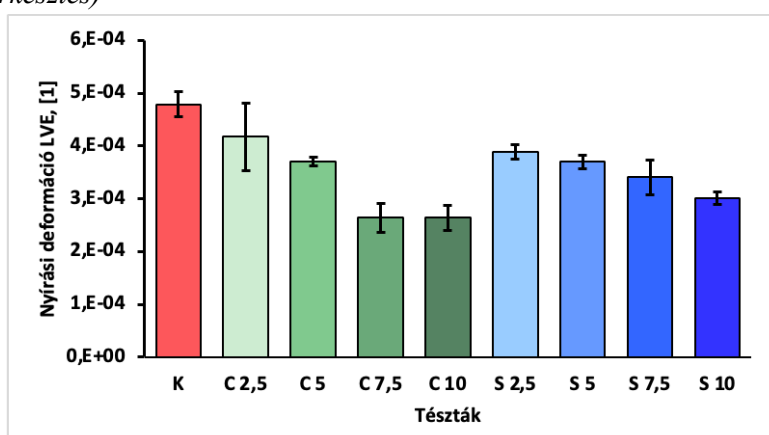
4. Eredmények és kiértékelésük

4.1. Amplitúdó pásztázás eredményei

A fizikai mérések, vagyis a reológiai tulajdonságok vizsgálatakor amplitúdó pásztázással vizsgáltuk meg első körben a nyers tésztákat annak érdekében, hogy meghatározzuk a minták lineáris viszkoelasztikus (LVE) határát, mely után elkezd elvészíteni a rugalmas képességét.

A **7. ábra** szemlélteti a nyírási deformáció (%) értékét az LVE pontban. Kijelenthetjük, hogy mind a céklával, mind pedig a sütőtökkel való dúsítás esetén a koncentráció növelésével arányosan csökkent a nyírási deformáció határértéke. Ez azt jelenti, hogy a tészták rugalmassága csökkent. A céklás és sütőtökös tészták esetén is egy csökkenő tendencia figyelhető meg. A C 7,5 minta esetében egy nagyobb ugrás látható, eredménye a C 10 mintával megegyező értéket mutat.

7. ábra A nyers tészták nyírási deformáció átlagértékei (1) szórásokkal a LVE pontban
(Forrás: saját szerkesztés)



(K=kontroll, C=céklaporok és S=sütőtök porok koncentrációja %-ban)

A minták nyírási deformáció értékeit összehasonlítottuk varianciaanalízissel (ANOVA) is $p < 0,05$ érték mellett. Az eredményül kapott adatokat az **5. táblázat** foglalja össze. Kijelenthető, hogy a C 2,5 minta kivételével mindegyik minta szignifikánsan elkülönül a többi mintától. A céklás minták esetén nincs különbség a C 2,5 és C 5, valamint a C 7,5 és C 10 minták eredményei között. A sütőtökös tésztáknál az S 2,5 és S 5 minták szignifikánsan eltérnek a C 7,5 és C 10 mintáktól. Ezen felül az S 10 különbözik a C 2,5 és S 2,5 mintáktól.

5. táblázat A nyers tésták nyírási deformáció (1) értékeinek ANOVA eredménye LVE határban ($p < 0,05$)

(Forrás: saját szerkesztés)

	K	C 2,5	C 5	C 7,5	C 10	S 2,5	S 5	S 7,5	S 10
K		-	+	+	+	+	+	+	+
C 2,5			-	+	+	-	-	-	+
C 5				+	+	-	-	-	-
C 7,5					-	+	+	-	-
C 10						+	+	-	-
S 2,5							-	-	+
S 5								-	-
S 7,5									-
S 10									

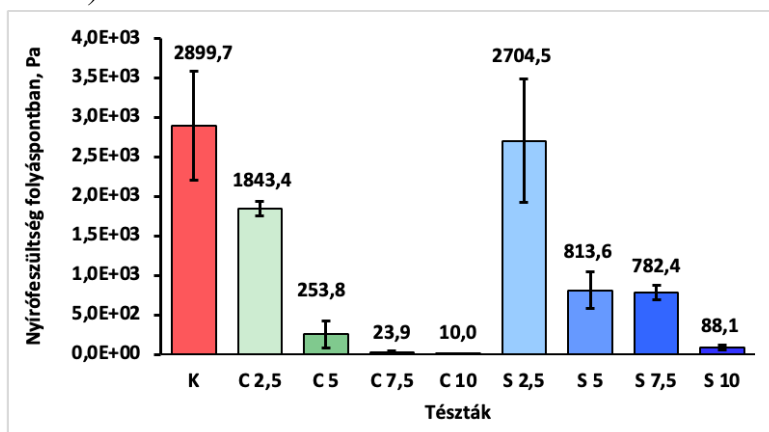
(K=kontroll, C=céklaporok és S=sütőtök porok koncentrációja %-ban)

A minták folyáspont értékét (τ_f) is meghatároztuk amplitúdó pásztázással. Ez a paraméter a minták folyásgörbéjének egy olyan kezdeti nyírófeszültségéhez társul, mely már a kezdeti nyírási deformációnál megjelenik.

A kapott eredmények a **8. ábrán** láthatóak. A kontroll minta és az S 2,5 minta közel azonos folyáspont értéket adott. Szembetűnő, hogy az S 2,5 minta a kontroll mintával szinte azonos. Megállapítható, hogy mind a két adalék esetében már az 5%-os dúsítás is jelentősen csökkent, mely a koncentráció növelésével fokozódott. A C 7,5 és C 10 minták esetén kaptuk a legalacsonyabb τ_f értékeket.

8. ábra A nyers tésták folyáspont (Pa) átlagértékei szórásokkal

(Forrás: saját szerkesztés)



(K=kontroll, C=céklaporok és S=sütőtök porok koncentrációja %-ban)

A csoportok eredményeinek eltérését ANOVA teszt segítségével ellenőriztük, melyet a **6. táblázat** szemléltet. A kontroll mintától az S 2,5 minta kivételével az összes többi csoport szignifikánsan elkülönül, melynek háttérében a magasabb folyáspont értékek állnak. Az S 2,5 minta is szignifikánsan elkülönül a C 2,5 minta kivételével a többi mintától. Valamint megfigyelhető, hogy a C 2,5 minta szintén eltér a többitől, az S 5 minta kivételével.

6. táblázat A nyers tészták folyásponti nyírófeszültség (Pa) értékeinek ANOVA eredménye ($p < 0,05$)
(Forrás: saját szerkesztés)

	K	C 2,5	C 5	C 7,5	C 10	S 2,5	S 5	S 7,5	S 10
K		+	+	+	+	-	+	+	+
C 2,5			+	+	+	-	-	+	+
C 5				-	-	+	-	-	-
C 7,5					-	+	-	-	-
C 10						+	-	-	-
S 2,5							+	+	+
S 5								-	-
S 7,5									-
S 10									

(K=kontroll, C=céklaporok és S=sütőtök porok koncentrációja %-ban)

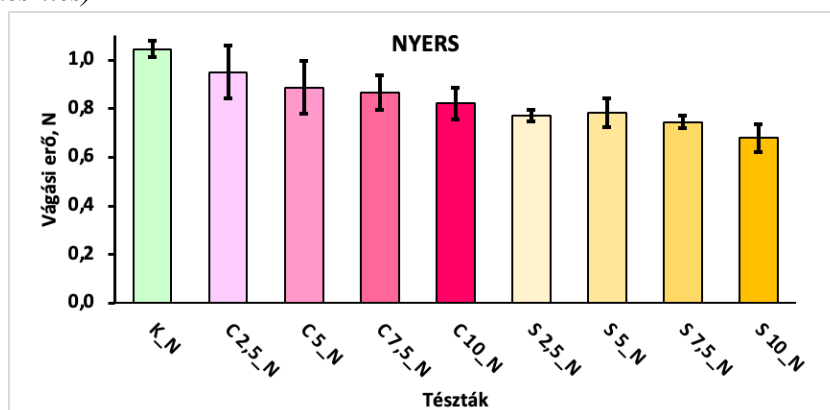
Az amplitúdó pásztázás eredményei alapján összességében elmondható, hogy a lineáris viskoelasztikus (LVE) határ és a folyáspont is különbséget mutatott a különböző koncentrációjú tészták között. Ez igaz volt az LVE határban már a legkisebb cékla-, illetve sütőtök poros tésztára is, mivel már ennél a koncentrációnál csökkent a tészta rugalmassága. A folyásponti viselkedés legalább 5%-os zöldségpor hozzáadagolásával már jelentős változást eredményez.

4.2. Vágási teszt eredményei

A kísérletem során az amplitúdó pásztázás mellett a másik reológiai mérés a vágási teszt volt. Ennél a mérésnél a nyers és a megfőzött szélesmetéltet is kettévágtuk a precíziós penetrométerrel. A csoportok összehasonlításához a megfelelő paramétereknek a vágás közben mért maximális vágási erő és a vágáshoz szükséges összes munka bizonyultak.

A **9. ábra** a nyers tészták vágási erő (N) eredményeit mutatja be. Ez az adat szolgáltat információt a minta keménységéről. Megállapítható, hogy a kontroll minta adta a legnagyobb vágási erőt, míg mind a két adalék esetén a koncentráció növelés csökkentette a minták keménységét. Látható az is, hogy a sütőtökös tészták alacsonyabb értékeket adtak, vagyis a kontrollhoz képest egy lágyabb tésztát kaptunk a dúsításnak köszönhetően.

9. ábra A nyers tészták vágási erő (N) átlagértékei szórásokkal
(Forrás: saját készítés)



(K=kontroll, C=céklaporok és S=sütőtök porok koncentrációja %-ban)

Az eredmények közötti szignifikáns eltérések a **7. táblázatban** láthatóak. Ez alapján megállapítható, hogy céklás minták eredményei nem mutatnak egyértelmű elkülönülést. A sütőtökös minták szignifikánsan eltérnek a kontroll, a C 5 és C 7,5 mintáktól. Az S 10 minta eltér a C 2,5 és C 10 minta esetén is, valamint a C 10 mintától az S 7,5 minta is elkülönül.

7. táblázat A nyers tészták vágási erő (N) értékeinek ANOVA eredménye ($p < 0,05$)

(Forrás: saját készítés)

	K	C 2,5	C 5	C 7,5	C 10	S 2,5	S 5	S 7,5	S 10
K		-	-	-	-	+	+	+	+
C 2,5			-	-	-	-	-	-	+
C 5				-	-	+	+	+	+
C 7,5					-	+	+	+	+
C 10						-	-	+	+
S 2,5							-	-	-
S 5								-	-
S 7,5									-
S 10									

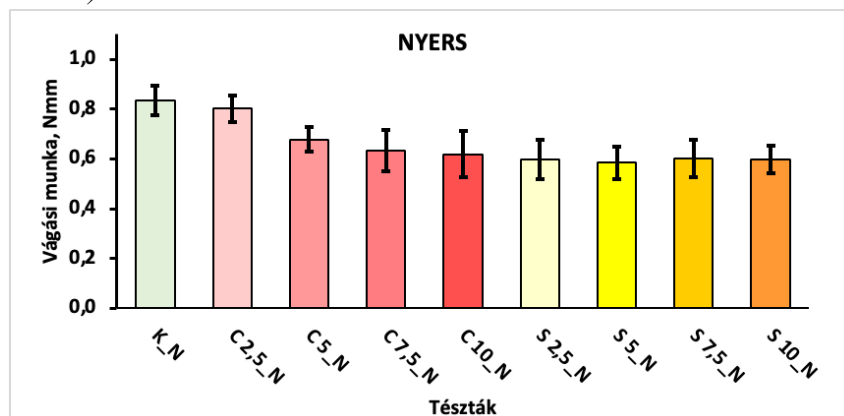
(K=kontroll, C=céklaporok és S=sütőtök porok koncentrációja %-ban)

A vágási erőn kívül meghatároztam a vágási munka (Nmm) értékét is. Ez azért érdekelt, mert az emberi rágás során a minta kettéharapásához szükséges harapási munkával lehet összevetni az értékeket a főtt tészták esetén. Habár nyersen nem fogyasztjuk az általam készített tésztát, érdekelt, hogy változik-e ez az érték is a vágási erőhöz hasonlóan.

A vágási munka alakulása a nyers tészta esetében a **10. ábrán** látható. Itt is a kontroll minta adta a legmagasabb eredményt. A céklával dúsított minták kapcsán egy csökkenő tendencia figyelhető meg a koncentráció növeléssel megegyezően. A sütőtökös tésztáknál viszont a növekvő koncentráció ellenére is azonos értékeket kaptunk.

10. ábra A nyers tészták vágási munka (Nmm) átlagértékei szórásokkal

(Forrás: saját készítés)



(K=kontroll, C=céklaporok és S=sütőtök porok koncentrációja %-ban)

A szignifikáns különbségek fennállását a csoportok között a **8. táblázat** mutatja be. A nyers tészták vágási munkája a C 2,5 minta kivételével jelentősen eltér a kontroll mintától. Ezen

felül az is megállapítható, hogy a C 2,5 minta csak és kizárólag a kontroll minta esetében egyezik meg, a többi tésztától szignifikánsan elkülönül. Az összes többi minta esetén pedig a minták eredményei nem mutattak egyértelmű elkülönülést.

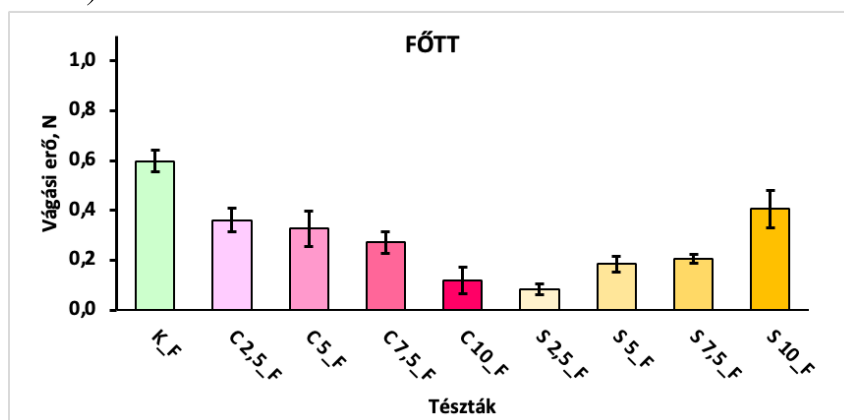
8. táblázat A nyers tészta vágási munka (Nmm) értékeinek ANOVA eredménye ($p < 0,05$)
(Forrás: saját készítés)

	K	C 2,5	C 5	C 7,5	C 10	S 2,5	S 5	S 7,5	S 10
K		-	+	+	+	+	+	+	+
C 2,5			+	+	+	+	+	+	+
C 5				-	-	-	-	-	-
C 7,5					-	-	-	-	-
C 10						-	-	-	-
S 2,5							-	-	-
S 5								-	-
S 7,5									-
S 10									

(K=kontroll, C=céklaporok és S=sütőtök porok koncentrációja %-ban)

A nyers tészta után a főtt tésztán is elvégeztem a vágási tesztet. A tésztákat azonos hőfokon addig főztem, amíg a közepük is teljesen megfőtt. A **11. ábra** szemlélteti a főtt tészták vágási erő (N) alakulását. Fontos megemlíteni, hogy a nyers tészták vágási erő értékeihez képest a főtt tésztáké jelentősen csökkent. A dúsított tészták szembetűnően elkülönülnek egymástól, eredményeik mind a két tészta esetén alacsonyabb értékeket mutattak a kontroll mintához képest. A céklás tésztákról elmondható, hogy a koncentráció növekedésével arányosan csökkent, míg a sütőtökösök esetén nőtt a minták keménysége. Mirhosseini és munkatársai (2015) is megerősítik a mi eredményünket, hogy a sütőtökös gluténmentes tésztában a nagyobb koncentrációjú sütőtök porral a nyers tészta egyre puhább lesz, míg a főzésnél egyre keményebbé válik. A cékla esetében Wang (2023) publikációjában szerepel, hogy a főzött céklás tészta keménysége csökken a céklakoncentráció növekedésével.

11. ábra A főtt tészta vágási erő (N) átlagértékei szórásokkal
(Forrás: saját készítés)



(K=kontroll, C=céklaporok és S=sütőtök porok koncentrációja %-ban)

A varianciaanalízissal kapott adatokat a **9. táblázat** foglalja össze. A kontroll mintától szignifikánsan elkülönül a C 10, az S 5, az S 7,5 és az S 10 minta. Ezen felül eltérés tapasztalható az 5%-kal dúsított céklás és sütőtökös tészták között is, valamint az S 2,5 minta is különbözik az S5 és S 7,5 mintáktól.

9. táblázat A főtt tészták vágási erő (N) értékeinek ANOVA eredménye ($p < 0,05$)

(Forrás: saját készítés)

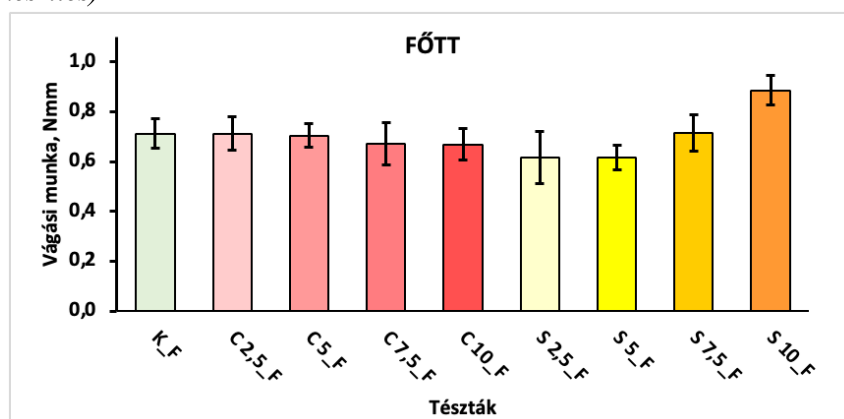
	K	C 2,5	C 5	C 7,5	C 10	S 2,5	S 5	S 7,5	S 10
K		-	-	-	+	-	+	+	+
C 2,5			-	-	-	-	+	-	-
C 5				-	-	-	-	-	-
C 7,5					-	-	-	-	-
C 10						-	-	-	-
S 2,5							+	+	-
S 5								-	-
S 7,5									-
S 10									

(K=kontroll, C=céklaporok és S=sütőtök porok koncentrációja %-ban)

A főtt tészták vágási munkáját (Nmm) a **12. ábra** szemlélteti. Szembetűnő, hogy a céklaporról dúsított tészták kapcsán az eredmények a kontroll mintával szinte teljes mértékben azonosak, a C 7,5 és C 10 mintáknál látható egy minimális csökkenés. Ezzel szemben a sütőtökös mintákról elmondható, hogy a koncentráció növelésével arányosan a vágási munka is növekedett, a nyers minták stagnálásához képest. A legnagyobb értéket az S 10 adta, ami a kontrollnál is magasabb érték.

12. ábra A főtt tészták vágási munka (Nmm) átlagértékei szórásokkal

(Forrás: saját készítés)



(K=kontroll, C=céklaporok és S=sütőtök porok koncentrációja %-ban)

A főtt tészták vágási munka ANOVA eredményét a **10. táblázat** foglalja össze. Egyértelműen megállapítható, hogy 10%-kal dúsított sütőtökös tészták szignifikáns eltérést mutat, míg a többi minta esetén nincs jelentős különbség a vizsgált minták vágási munkája között.

10. táblázat A főtt tészták vágási munka (Nmm) értékeinek ANOVA eredménye ($p < 0,05$)
(Forrás: saját készítés)

	K	C 2,5	C 5	C 7,5	C 10	S 2,5	S 5	S 7,5	S 10
K		-	-	-	-	-	-	-	+
C 2,5			-	-	-	-	-	-	+
C 5				-	-	-	-	-	+
C 7,5					-	-	-	-	+
C 10						-	-	-	+
S 2,5							-	-	+
S 5								-	+
S 7,5									+
S 10									

(K=kontroll, C=céklaporok és S=sütőtök porok koncentrációja %-ban)

A vágási teszt eredményei alapján összességében elmondható, hogy a céklaporral dúsított tészták a főzés hatására ellágyultak, csökkent a keménységük, míg a sütőtök porral dúsított főtt tészták keménysége nőtt a sütőtök por mennyiségének növelésével. Ezek az eredmények korábbi kutatásokkal összecsengenek.

4.3. Színmérés eredményei

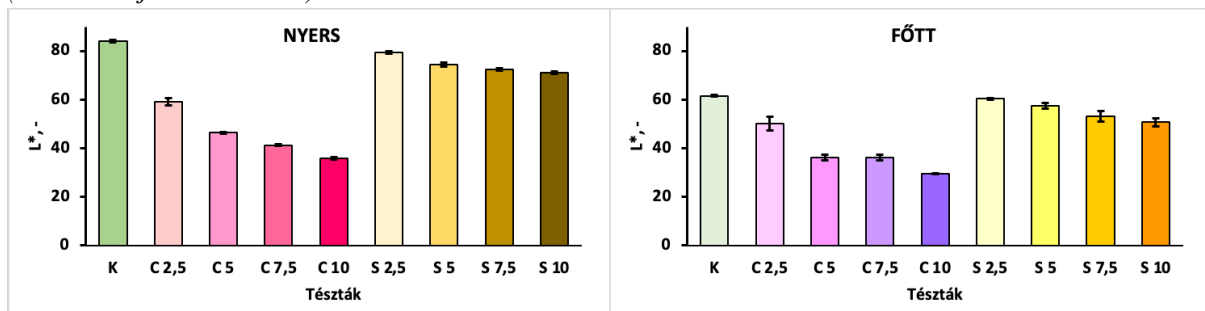
Vizgáltam a különböző porokkal dúsított nyers- és főtt tészták színváltozását a koncentráció növekedésének függvényében. Az eredményeket két megközelítésből is összehasonlítottam. Először is egyenként megvizsgáltam a nyers-, illetve a főtt tészta L^* (világossági tényező), a^* (vörös-zöld színezeti jellemző) és b^* (kék-sárga színezeti jellemző) paraméterek változását. Majd ezután az egyes csoportokat CIE Lab 2D koordináta-rendszerben is ábrázoltam.

Az L^* értékek a **13. ábrán** láthatóak. Kijelenthető, hogy mind a nyers-, mind pedig a főtt tészta esetében a dúsítás hatására az értékek csökkenő tendenciát mutatnak. A különbségek mind a két por esetén szignifikánsak a csoporton belül. A kontroll minta értéke tűnik a legmagasabbnak a nyers- és a főtt tésztáknál is. Ez azzal is magyarázható, hogy ebben az esetben még nem dúsítottuk a mintákat cékla- és sütőtök porral. A nyers tészták főzése során a minták besötétedtek, világossági tényezőjük csökkent. Mind a két esetben az adalékok koncentrációjának növelésével az értékek arányosan csökkentek. A cékla esetében ez a tendencia látványosabb, míg a sütőtök értékei a kontroll mintához közelebbi eredményeket adtak, kisebb mértékű sötétedés figyelhető meg.

A 11. és 12. táblázatok a varianciaelemzés eredményét mutatják a világossági tényező esetében nyers (**11. táblázat**) és főtt tészta (**12. táblázat**) esetén. Látható, hogy a nyers tészta esetén csupán az S 7,5% és S 10% nyers minták között nem volt szignifikáns különbség, azonban a főzés hatására jobban elmosódtak a különbségek az egyes koncentrációk között,

ennek eredményeképpen a C 5% és C 7,5%, valamint az S 2,5% és S 5%, S 5% és S 7,5%, valamint az S 7,5% és S 10% minták mutattak átfedést.

13. ábra A világossági tényező (-) átlagértékei szórásokkal a nyers (bal) és főtt (jobb) tésták esetén
(Forrás: saját szerkesztés)



(K=kontroll, C=céklaporok és S=sütőtök porok koncentrációja %-ban)

11. táblázat A nyers tésták világossági tényező (-) értékeinek ANOVA eredménye ($p < 0,05$)
(Forrás: saját készítés)

	K	C 2,5	C 5	C 7,5	C 10	S 2,5	S 5	S 7,5	S 10
K		+	+	+	+	+	+	+	+
C 2,5			+	+	+	+	+	+	+
C 5				+	+	+	+	+	+
C 7,5					+	+	+	+	+
C 10						+	+	+	+
S 2,5							+	+	+
S 5								+	+
S 7,5									-
S 10									

(K=kontroll, C=céklaporok és S=sütőtök porok koncentrációja %-ban)

12. táblázat A főtt tésták világossági tényező (-) értékeinek ANOVA eredménye ($p < 0,05$)
(Forrás: saját készítés)

	K	C 2,5	C 5	C 7,5	C 10	S 2,5	S 5	S 7,5	S 10
K		+	+	+	+	-	+	+	+
C 2,5			+	+	+	+	+	+	-
C 5				-	+	+	+	+	+
C 7,5					+	+	+	+	+
C 10						+	+	+	+
S 2,5							-	+	+
S 5								-	+
S 7,5									-
S 10									

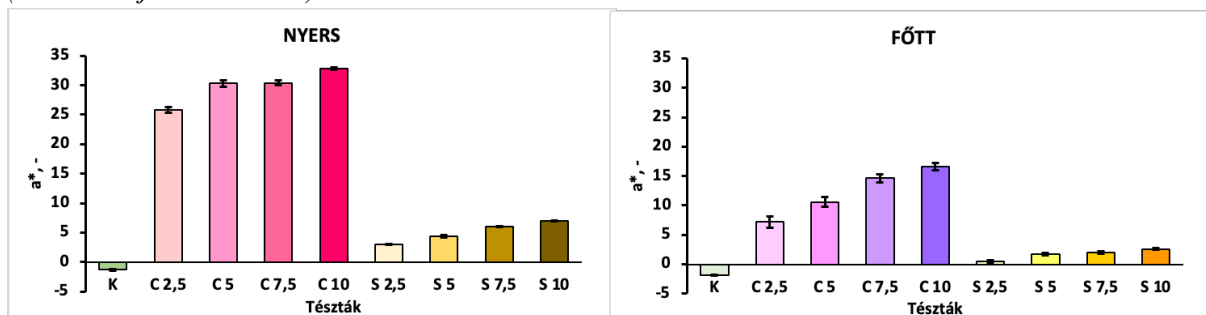
(K=kontroll, C=céklaporok és S=sütőtök porok koncentrációja %-ban)

A **14. ábra** mutatja be az a^* mérési eredményeit. A kontroll minta vörös-zöld színezeti jellemző negatív értéket adott. Ezzel szemben a nyers- és a főtt minták esetén is a dúsított tésták szignifikánsan eltérő eredményt adtak a kontrollhoz képest. A céklás mintáknál nagyon magas eredményeket kaptunk, a koncentráció növekedésével arányosan. A változás a sütőtökös minták esetén nem ennyire szembetűnő. A céklával dúsított tésták kimagasló pozitív eredménye a zöltség erőteljes vörös színének is köszönhető. A főzés során mind a két adalékanyag használt porok színanyagai kioldódtak a főzővízben, mely a színek intenzitásának

csökkenéséhez vezetett. A kontroll minta a* értékének további csökkenése a főzéssel kissé zöldes tónust adott a tésztának.

14. ábra A vörös-zöld színezeti jellemző (-) átlagértékei szórásokkal a nyers (bal) és főtt (jobb) tészták esetén

(Forrás: saját szerkesztés)



(K=kontroll, C=céklaporok és S=sütőtök porok koncentrációja %-ban)

A 13. és 14. táblázatok az a* varianciaanalízis eredményeit mutatták be a nyers (**13. táblázat**) és főtt tészták (**14. táblázat**) esetében. Csupán a C 5% és C 7,5% között nem látható jelentős különbség a nyers tésztáknál, azonban a főzés hatására a céklás tészták szignifikánsan elkülönültek egymástól, míg a sütőtökös tészták esetében az S 5% és S 7,5% már nem tért el egymástól.

13. táblázat A nyers tészták vörös-zöld színezeti jellemző (-) értékeinek ANOVA eredménye ($p < 0,05$)

(Forrás: saját készítés)

	K	C 2,5	C 5	C 7,5	C 10	S 2,5	S 5	S 7,5	S 10
K		+	+	+	+	+	+	+	+
C 2,5			+	+	+	+	+	+	+
C 5				-	+	+	+	+	+
C 7,5					+	+	+	+	+
C 10						+	+	+	+
S 2,5							+	+	+
S 5								+	+
S 7,5									+
S 10									

(K=kontroll, C=céklaporok és S=sütőtök porok koncentrációja %-ban)

14. táblázat A főtt tészták vörös-zöld színezeti jellemző (-) értékeinek ANOVA eredménye ($p < 0,05$)

(Forrás: saját készítés)

	K	C 2,5	C 5	C 7,5	C 10	S 2,5	S 5	S 7,5	S 10
K		+	+	+	+	+	+	+	+
C 2,5			+	+	+	+	+	+	+
C 5				+	+	+	+	+	+
C 7,5					+	+	+	+	+
C 10						+	+	+	+
S 2,5							+	+	+
S 5								-	+
S 7,5									+
S 10									

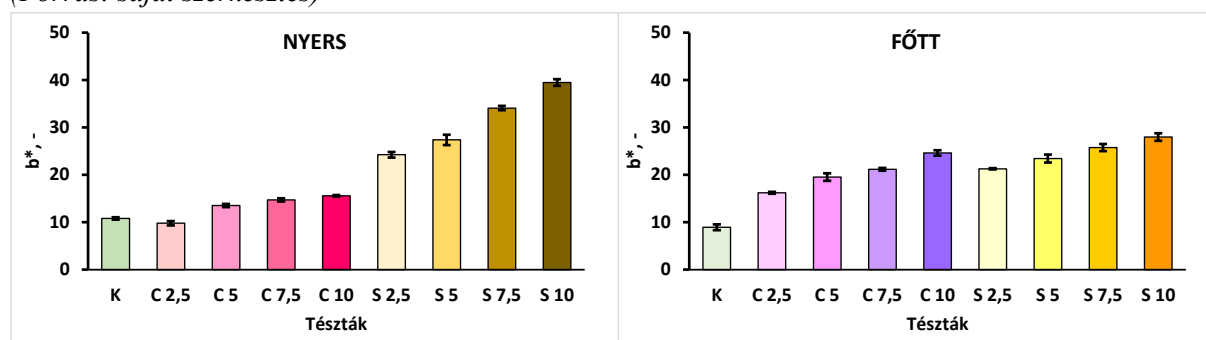
(K=kontroll, C=céklaporok és S=sütőtök porok koncentrációja %-ban)

A kék-sárga színezeti jellemző értékei a **15. ábrán** láthatóak. A legalacsonyabb értéke a nyers C 2,5% mintának van, míg főtt állapotában a kontroll mintának. A nyers tészták esetében a sütőtökös minták b* értéke szignifikánsan kimagasló, narancsos színének

köszönhetően. Pozitív eredményt adtak a céklás tésták is, a koncentráció növelésével növekedett a kék-sárga színezeti jellemző, igaz nem olyan arányban, mint a sütőtöknél. A főtt tésták eredményeiről elmondható, hogy a céklás mintáknál a nyers eredményekhez képest növekedés figyelhető meg, míg a nyers sütőtökös tésták esetében alacsonyabb értékeket kaptunk. Következésképp az vonható le, hogy a céklás minták során a főzés élénkítette a tészta színét, míg a sütőtökös mintáknál a színyanyagok kioldódtak a főzővízben.

15. ábra A kék-sárga színezeti jellemző (-) átlagértékei szórásokkal a nyers (bal) és főtt (jobb) tésták esetén

(Forrás: saját szerkesztés)



(K=kontroll, C=céklaporok és S=sütőtök porok koncentrációja %-ban)

A 15. és 16. táblázatok a kék-sárga színezeti jellemzők varianciaelemzésének értékeit mutatják be a nyers (**15. táblázat**) és főtt tésták (**16. táblázat**) esetében.

Látható, hogy a kontroll mintától csak a C 2.5% minták nem különülnek el szignifikánsan, de a C 7,5% és C 10% csoportok sem egymástól. A főzés hatására a b* értékek növekedésével a céklás és sütőtökös minták között nagyobb átfedés mutatkozott, így már nem különült el jelentős mértékben egymástól a C 5% és C 7,5%, a C 7,5% és S 2,5%, a C 10% az S 5% és S 7,5% csoportoktól, ahogy az S 5% és S 7,5% sem.

15. táblázat A nyers tésták kék-sárga színezeti jellemző (-) értékeinek ANOVA eredménye (p<0,05)

(Forrás: saját készítés)

	K	C 2,5	C 5	C 7,5	C 10	S 2,5	S 5	S 7,5	S 10
K		-	+	+	+	+	+	+	+
C 2,5			+	+	+	+	+	+	+
C 5				+	+	+	+	+	+
C 7,5					-	+	+	+	+
C 10						+	+	+	+
S 2,5							+	+	+
S 5								+	+
S 7,5									+
S 10									

(K=kontroll, C=céklaporok és S=sütőtök porok koncentrációja %-ban)

16. táblázat A főtt tészták kék-sárga színezeti jellemző (-) értékeinek ANOVA eredménye ($p < 0,05$)
(Forrás: saját készítés)

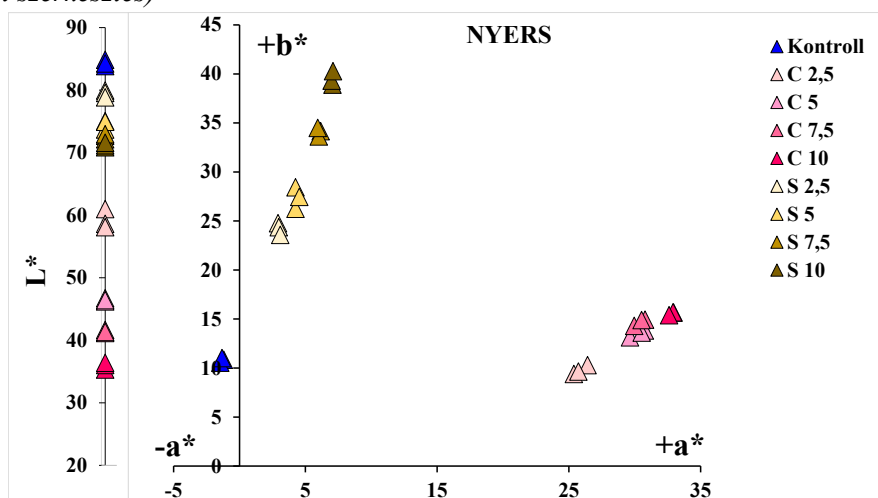
	K	C 2,5	C 5	C 7,5	C 10	S 2,5	S 5	S 7,5	S 10
K		+	+	+	+	+	+	+	+
C 2,5			+	+	+	+	+	+	+
C 5				-	+	+	+	+	+
C 7,5					+	-	+	+	+
C 10						+	-	-	+
S 2,5							+	+	+
S 5								-	+
S 7,5									+
S 10									

(K=kontroll, C=céklaporok és S=sütőtök porok koncentrációja %-ban)

A **16-17. ábrán** (16. ábra – nyers; 17. ábra – főtt) a CIE L^* a^* b^* rendszerben ábrázolt eredmények vannak feltüntetve, melyek megerősítették a fentebb leírt eredményeket. Az L^* , vagyis a világossági tényező kapcsán elmondható a főzés hatására a minták sötétedtek. A sütőtökös tészták értékei vannak közelebb a kontroll eredményeihez, még a céklások elkülönülnek. Az a^* kapcsán megállapítható, hogy a cékla esetében a főzés hatására a különböző koncentrációk szépen elkülönülnek, még a b^* -nál ez a jelenség a sütőtöknél figyelhető meg. Ez az eredmény a cékla vörös, még a sütőtök narancsos színének tulajdonítható.

16. ábra A nyers tészták színe CIE L^* a^* b^* színrendszerben

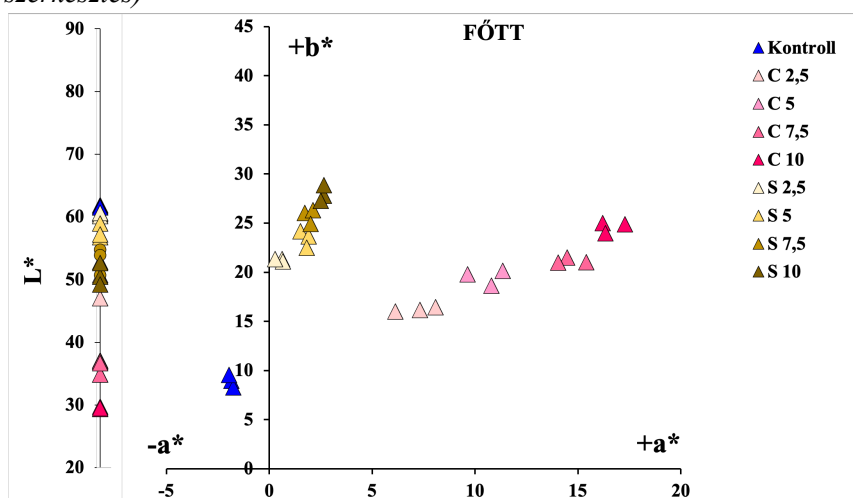
(Forrás: saját szerkesztés)



(K=kontroll, C=céklaporok és S=sütőtök porok koncentrációja %-ban)

17. ábra A főtt tészták színe CIE L* a* b* színrendszerben

(Forrás: saját szerkesztés)



(K=kontroll, C=cékla porok és S=sütőtök porok koncentrációja %-ban)

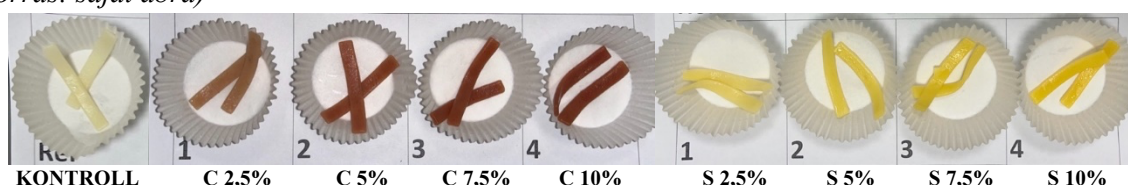
A színmérés eredményeiről összességében elmondható, hogy a főzés hatására a cékla porot tartalmazó tészták szín alapján jobban elkülönültek, ezzel szemben a sütőtök poros tészták nagyobb koncentráció mellett már nem különülnek el egymástól egyértelműen.

4.4.Érzékszervi bírálat eredményei

Az érzékszervi bírálaton 16 laikus bíráló vett részt. Összességében 14 szempontot figyelembe véve 2 körben hasonlították össze a kontroll mintával a 4 különböző koncentrációban dúsított céklás, majd sütőtökös tésztákat. A 18. ábra szemlélteti a bírálatra kiadagolt mintákat.

18. ábra Az érzékszervi bírálaton kínált tészták

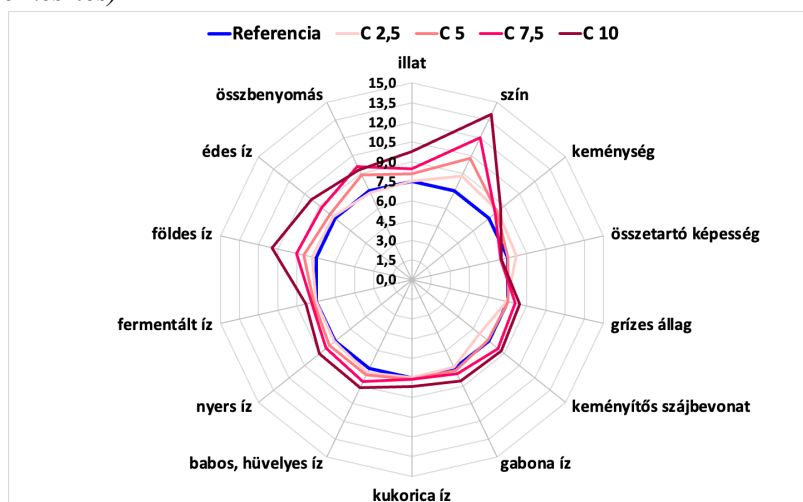
(Forrás: saját ábra)



(K=kontroll, C=cékla porok és S=sütőtök porok koncentrációja %-ban)

A 19- 20. ábra az érzékszervi bírálat eredményeit pókhálódiaagramon mutatja be. A 19. ábrán láthatók a céklaporral dúsított tészták eredményei. A kontroll mintától való eltérés leginkább a szín, az illat, az édes-, a földes íz és az összbenyomás tekintetében mutatkoznak. A koncentráció növelésével növekedtek a bírálók által adott pontszámok is. Ez alól a kukorica-, a gabona íz, a keményítőszálbevonat, a grízes állag, az összetartó képesség és a keménység képez kivételt.

19. ábra A céklapporral dúsított tészták érzékszervi bírálatának pókhálódigramja
(Forrás: saját szerkesztés)

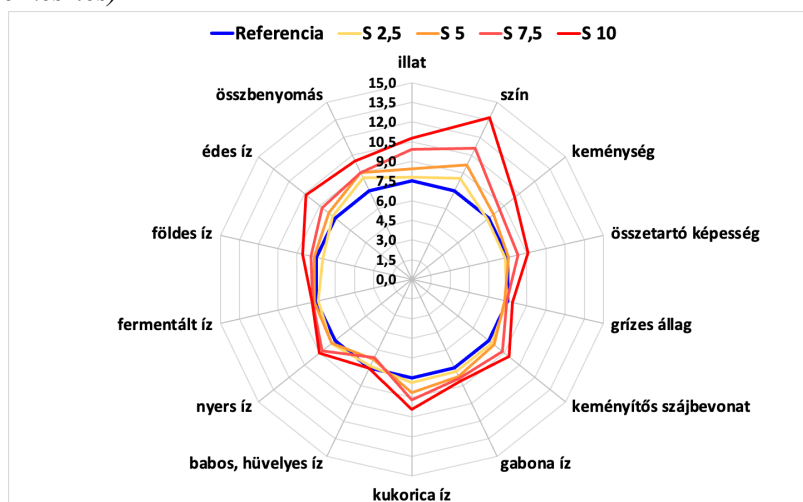


(K=kontroll, C=céklapороk és S=sütőtőк porok koncentrációja %-ban)

Elmondható továbbá, hogy az édes- és a föld íz kivételével az ízek tekintetében nem volt nagyon változás a pontok alakulásában a kontroll mintához képest. A keményítőszájbevonatot az alacsonyabb koncentrációban dúsított minták esetén kevésbé érezték a bírálók, míg az összetartó képesség esetén pont a magasabb koncentrációjú minták kaptak kevesebb pontszámot az értékelés során. A keménység esetén a 10%-os minta érződött keményebbnek a többi mintához képest. Az összbenyomást tekintve pedig a C 2,5 mintán kívül a többi minta magasabb pontszámot kapott a bírálótól, a legnagyobb koncentráció esetén azonban egy visszaesés figyelhető meg, mely feltehetően a földes íz kiérződésének „köszönhető”.

A **20. ábrán** a sütőtők porral dúsított minták érzékszervi bírálatának eredményei láthatók. Ebben az esetben a kontroll mintától a szín, az illat, az édes-, a nyers-, kukorica íz és a keménység tért el a leginkább. A legtöbb vizsgált tulajdonság esetében a koncentráció növekedésével a minták pontszáma is növekedett. A fermentált íznél és a grízes állagnál nem tapasztaltak eltérést a kontroll mintától a bírálók, míg a nyers ízt a két magasabb koncentrációban jobban kiérezték. A keménység a koncentrációk növelésével egyre magasabb értékeket kapott, ezt azért fontos megemlíteni, mert összhangban van azzal, amit Mirhosseini és munkatársai (2015) is leírtak már korábban. Az összbenyomás tekintetében a legnagyobb koncentrációjú tészta kapta a legmagasabb pontot, de a kisebb koncentrációkban dúsított tészták is kedveltek voltak a bírálók számára.

20. ábra A sütőtök porral dúsított tészták érzékszervi bírálatának pókhálódíagramja
(Forrás: saját szerkesztés)



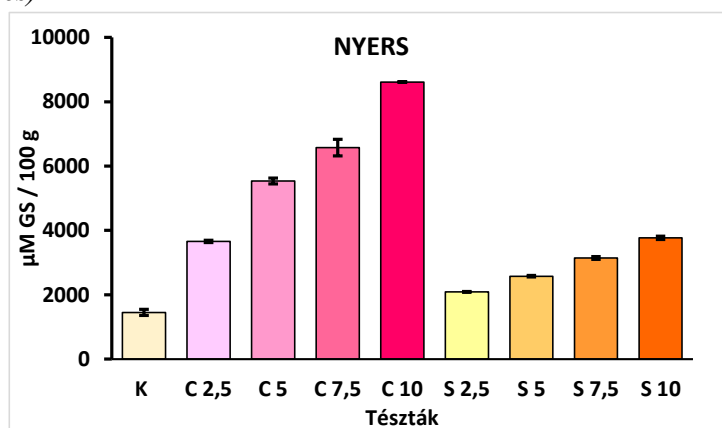
(K=kontroll, C=céklaporok és S=sütőtök porok koncentrációja %-ban)

Az érzékszervi vizsgálatokról összességében elmondható, hogy a bírálók eltérően értékelték a céklás és sütőtökös mintákat. A céklatartalmú tésztáknál a földes ízre adott pontok magasak voltak, ezzel szemben a sütőtökös tészták kukoricás és édes íze erősebb volt, valamint az összetartó képessége is nőtt a tésztának a több sütőtök por hatására. Az összbenyomás alapján pedig a sütőtökös tészták kerültek ki győztesen.

4.5. Az összes polifenoltartalom (TPC) mérés eredményei

A kémiai mérések során meghatároztam a nyers-, és a főtt minták összes polifenol tartalmát is. A nyers tészták összes polifenol tartalma a **21. ábrán** található. Mind a két dúsítás esetében a koncentráció növelésével azonos mértékben nőtt a minták polifenol tartalma. A galluszsavra vonatkoztatott polifenol tartalom a céklával dúsított minták kapcsán kimagasló eredményeket adott.

21. ábra A nyers tészták összes polifenol tartalmának átlagértékei szórásokkal
(Forrás: saját készítés)



(K=kontroll, C=céklaporok és S=sütőtök porok koncentrációja %-ban)

A nyers tészták összes polifenol tartalmának varianciaanalízis eredményét a **17. táblázat** szemlélteti. Az eredmények alapján elmondható, hogy a minták szignifikánsan eltérnek egymástól a C 2,5 és S 10 minták kivételével.

17. táblázat A nyers tészták összes polifenol tartalmának ANOVA eredménye ($p < 0,05$)

(Forrás: saját készítés)

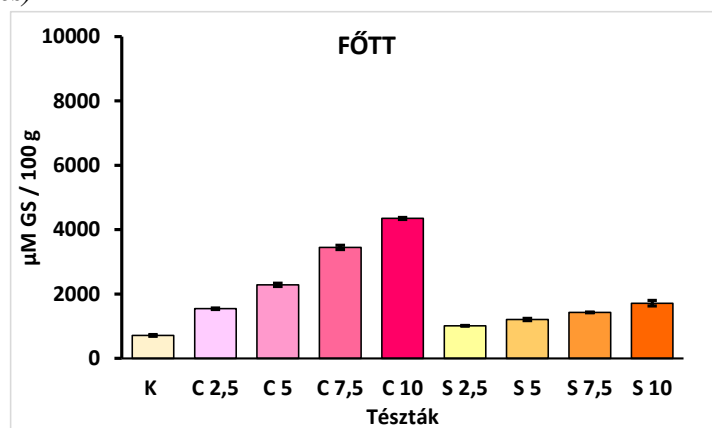
	K	C 2,5	C 5	C 7,5	C 10	S 2,5	S 5	S 7,5	S 10
K		+	+	+	+	+	+	+	+
C 2,5			+	+	+	+	+	+	-
C 5				+	+	+	+	+	+
C 7,5					+	+	+	+	+
C 10						+	+	+	+
S 2,5							+	+	+
S 5								+	+
S 7,5									+
S 10									

(K=kontroll, C=céklapörök és S=sütőtök porok koncentrációja %-ban)

A nyers minták tendenciája a főtt tészták esetében is megmaradt, melyet a **22. ábra** szemléltet. A főzés hatására a minták polifenol tartalma csökkent. A legkisebb eredmény a kontroll mintáé. Ehhez az értékhez a sütőtökös minták hasonlítanak a legjobban, azonban azért itt is elmondható, hogy a polifenol tartalom növekedése mind a két dúsítás szempontjából látványos.

22. ábra A főtt tészták összes polifenol tartalmának átlagértékei szórásokkal

(Forrás: saját készítés)



(K=kontroll, C=céklapörök és S=sütőtök porok koncentrációja %-ban)

A főtt tészták ANOVA eredményei (**18. táblázat**) szignifikáns különbséget mutatnak az összes vizsgált minta esetén.

18. táblázat A főtt tészták összes polifenol tartalmának ANOVA eredménye

(Forrás: saját készítés)

	K	C 2,5	C 5	C 7,5	C 10	S 2,5	S 5	S 7,5	S 10
K		+	+	+	+	+	+	+	+
C 2,5			+	+	+	+	+	+	+
C 5				+	+	+	+	+	+
C 7,5					+	+	+	+	+
C 10						+	+	+	+
S 2,5							+	+	+
S 5								+	+
S 7,5									+
S 10									

(K=kontrol, C=cékla porok és S=sütőtök porok koncentrációja %-ban)

Összességében elmondható, hogy az összes polifenol tartalom növekedett a zöldségporok koncentrációjának növekedésének köszönhetően, azonban a cékla esetében az összes polifenol tartalom a kétszerese volt a sütőtökhöz képest.

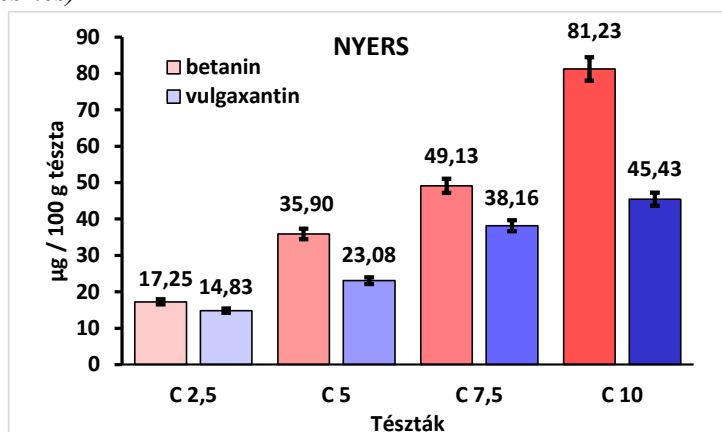
4.6.Színanyag mérés eredményei

A színanyag mérés során megvizsgáltam, hogyan változik a koncentráció növekedésének függvényében a céklaporral dúsított nyers- és a főtt tészták színanyaga. A cékla karakteres színvilága a betanin és a vulgaxantin arányának köszönhető.

A nyers tészták színanyag tartalmát a **23. ábra** mutatja be. A koncentráció növelésével arányosan változik a betanin és a vulgaxantin is. A legkisebb értéket mind a két vizsgált színanyagnál a C 2,5 minta adta, még a legmagasabb eredmények a C 10 mintához tartoznak. Ezenkívül az is elmondható, hogy arányaiban a betanin értékei kiugróak voltak a vulgaxantinéhoz képest, ez a dominánsabb színanyaga a tésztának.

23. ábra A céklaporral dúsított nyers tészták színanyag tartalmának átlagértékei szórásokkal

(Forrás: saját szerkesztés)

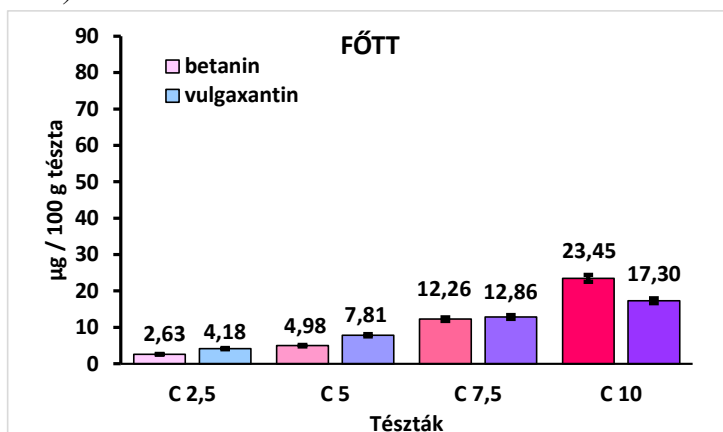


(K=kontrol, C=cékla porok és S=sütőtök porok koncentrációja %-ban)

A kifőzött tészták eredményeit a **24. ábra** illusztrálja. Rögtön észrevehető, hogy ezek az értékek sokkal alacsonyabbak a nyers mintákhoz képest, azonos skála használata esetén. Ez

azzal magyarázható, hogy a színyanyagok kioldódhattak a főzővízben. A főzés során tapasztalható is volt a főzővíz elszíneződése. Ebben az esetben is a legkisebb értékek a C 2,5 mintához tartoznak, még a legmagasabbak a C 10 mintához. A koncentráció növelés ebben az esetben is arányosan változtatta a színyanyagok mennyiségét. A főtt tésztáknál is a betanin tartalom bizonyul nagyobbaknak.

24. ábra A céklaporról dúsított főtt tészták színyanyag tartalmának átlagértékei szórásokkal
(Forrás: saját szerkesztés)



(K=kontrol, C=céklaporok és S=sütőtök porok koncentrációja %-ban)

Összességében elmondható, hogy a színyanyagok jelenléte nőtt a nyers tésztákban a koncentráció növekedésével. A betanin esetében ez erősebb volt. A főzés során pedig az értékek a harmadára-negyedére csökkentek.

5. Következtetések és javaslatok

Szakedolgozatom abban a tekintetben hiánypótlónak számít, hogy kutatásim során nem találgóztam egyetlenny szakirodalommal sem, ahol egyszerre vizsgálták volna a nyers- illetve a főtt gluténmentes tészta reológiai-, szín- és érzékszervi tulajdonságait, valamint a polifenol tartalom alakulását a főzés során.

Már az irodalmi áttekintés során tapasztaltam, hogy 10 évvel ezelőtt is zajlottak kutatások a hagyományos- és a GM tészták dúsítását illetően is. A használt lisztek részleges helyettesítésével próbálta már számos kutató a tésztát fejleszteni, a termék minőségét adalékanyagok hozzáadásával javítani. Erre jó példa Susanna és Prabhasankar (2013), valamint Sobota és munkatársai (2020) publikációja.

Annak ellenére, hogy a céklának számos jótékony hatása ismert, viszonylag kevés vizsgálat található a céklapor alkalmazásáról ezen a területen. Kutatásaim során Cui és munkatársai (2022) adtak vörös céklaport búzaliszthez kínai párolt kenyér készítésénél. Munkájuk során azt tapasztalták, hogy a céklapor hozzáadása növelte a tészta keménységét és a rágóképességét, mivel a céklapor befolyásolta a glutén másodlagos szerkezetét. Mi ezzel szemben gluténmentes tésztával dolgozva, azt tapasztaltuk, hogy a megfőzött céklás tészta keménysége csökken a céklakoncentráció növekedésével. Észrevételünk pedig összecseng Wang (2023) munkájával is, melyet a diagramjaink és az ANOVA által kapott eredményeink is alátámasztanak.

Ami a sütőtök porral való gluténmentes tészták dúsítását illeti, sok cikk született az elmúlt években a témával kapcsolatosan. Indrianti és munkatársai (2015) sütőtökliszt hozzáadásával (0%, 5%, 10%, 15%) vizsgálták a gluténmentes tészta fizikai-kémiai és mikroszerkezeti tulajdonságait. Megállapították, hogy dúsítás növelte a kémiai és főzési paramétereket is (hamu, fehérje, rost, főzési idő, vízfelvétel), azonban csökkentette a világosságot (L^*), miközben növelte az a^* és b^* színértékeket. Ezek a tapasztalatok a mi méréseink során is teljes mértékben visszaköszöttek az eredményeink kiértékelésénél. Az érzékszervi tulajdonságok esetén az összbenyomás alapján a 10%-ban dúsított sütőtök poros tészták bizonyultak a legkedveltebbnek, mely megállapítás Minarovičová és munkatársai (2017) tapasztalatával van összhangban.

Az eredmények kiértékelése során tapasztalható korábbi kutatásokkal való egyezések biztatóak, hiszen ez azt jelentheti, hogy kutatásunk reprodukálható, mely fontos támpont a jövőre nézve. Minden mérést figyelembe véve megállapítható, hogy a céklaporral való dúsítás kevésbé volt közkedvelt. Ez feltehetően a cékla domináns földes ízének tudható be. A sütőtök

porral dúsított tészták viszont igencsak meggyőzőnek bizonyultak. Kedvezőbb fizikai- illetve kémiai tulajdonságokkal bírnak, ennek köszönhetően egy esetleges ipari méretű gyártás során inkább ezt az adalékanyagot ajánlanám az élelmiszeripar számára.

Ezen felül a sütőtök porral dúsított tészta színe kisebb (5%) és nagyobb (10%) koncentrációban meggyőzően hasonlított a hagyományos tojásos tészták színére. Ez azért fontos, mert az allergiák 90%-áért 8 féle élelmiszer felelős, melyeknek az egyik eleme a tojás. Ez a feltevés az élelmiszeripar számára egy lehetséges alternatívát jelenthet arra, hogy a gluténmentes tészták jobban hasonlítsanak a mindennapok során használt hagyományos tészták színére, valamint gazdasági szempontból is meghatározó lehet a tojás elhagyása.

Összességében elmondható, hogy a zöldségporokkal való kísérletezés még kezdetlegesnek tekinthető. Így javaslatként megfogalmazható olyan élelmiszerek előállítása, melyek mind zöldségekkel, mind pedig gyümölcsökkel dúsítottak, ugyanis a diétát követő emberek egészséges és kiegyensúlyozott táplálkozása ezzel elősegíthető, megoldást nyújthat számukra a megfelelő tápanyagbevitel szempontjából.

6. Összefoglalás

A tésztáknak a mai napig fontos szerepe van az étkezési szokásainkban, azonban sajnos manapság egyre több ember kényszerül változtatni étrendjén valamilyen ételintoleranciáknak „hála”. Az élelmiszer allergia az emberek körülbelül a 3-4%-át érinti. Ebbe a kategóriába tartozik a gluténérzékenység is, mely mára már egy globális népegészségügyi problémává nőtte ki magát. A gluténmentes tészták fogyasztása, azonban kihívásokkal teli a fogyasztói számára, ami az élelmiszeripar számára is igencsak nagy fejtörést okoz.

Ezen indoknak köszönhetően szakdolgozatom célja a gluténmentes (GM) tészták dúsítására alkalmas értékes komponenseket tartalmazó olyan zöldségporoknak a kiválasztása, melyek csökkenthetik a gluténmentes diéta miatt fellépő nem megfelelő tápanyagbevitelből adódó problémákat. Kutatásom során célomként említendő a zöldségporokkal (cékla és sütőtök) dúsított nyers és főzött GM tésztáim reológiai tulajdonságainak, színének, összes polifenol- és színanyag-tartalmának megvizsgálása, valamint érzékszervi bírálattal felmérni fogyaszthatóságukat, majd táplálkozástani szempontból a legértékesebb termék kiválasztása volt, valamint javaslattétel egy új termék gyártására az élelmiszeriparban.

A reológiai mérések során a különböző receptúrájú nyers tésztákat kinyújtásuk és formázásuk után, elasztikus és viszkózus tulajdonságaik alapján amplitúdó pásztázással vizsgáltuk meg. Ezután a tésztákból szélesmetéltet készítve nyers és főtt állapotában is vágástesztet végeztünk. A tészták színét főzés előtt és azt követően is megmértük, továbbá a nyers- és főtt tészták összes polifenol- és színanyag-tartalmát is meghatároztuk. Végezetül laikus bírálók részvételével vizsgáltuk a tészták érzékszervi tulajdonságait. A kapott eredményeket statisztikai elemzéssel is alátámasztottam.

A fizikai mérések alapján az amplitúdó pásztázás eredményeit összevetve elmondható, hogy különbséget mutatott a különböző koncentrációjú tészták között a lineáris viszkoelasztikus (LVE) határ és a folyáspont is. Ez a megállapítás már igaz volt az LVE határban a legkisebb koncentrációjú cékla-, illetve sütőtök poros tésztára is. Ennél a koncentrációnál már csökkent a tészta rugalmassága. Ezenkívül jelentős változást eredményez a folyásponti viselkedés is, minimum 5%-os zöldségpor adagolása során.

Mind a nyers, mind a főtt tészták vágási teszt eredményei alapján elmondható, hogy a céklaporral dúsított tészták a főzés hatására ellágyultak, keménységük csökkent, még a sütőtök porral dúsított főtt tészták keménysége növekedett a sütőtök por mennyiségének növelésével. Ez a tapasztalat Mirhosseini és munkatársai (2015) kutatásával is összecseng.

A színmérés eredményeiről összességében elmondható, hogy a főzés hatására a céklapor tartalmú tészták jobban elkülönültek a szín alapján, ezzel szemben a sütőtök poros minták nagyobb koncentráció mellett már nem különülnek el egyértelműen egymástól. Fizikai és szín

méréseink eredményei megegyeznek Indrianti és munkatársainak (2023) gluténmentes tészta fizikai-kémiai és mikroszerkezeti tulajdonságainak vizsgálatával. A sütőtökliszt hozzáadása növelte a kémiai és főzési paraméterek értékeit, de csökkentette a világossági tényezőt (L^*), miközben növelte az a^* és b^* színértékeket. Ezek az eredmények az általunk kapott adatokkal is megegyeznek.

Az érzékszervi vizsgálatok során a bírálók eltérően vélekedtek a céklás és a sütőtökös mintákról. A céklatartalmú tésztáknál a földes ízre adott pontok magasak voltak, ezzel szemben a sütőtökös tészták kukoricás és édes íze erősebb volt. A tészta összetartó képessége is nőtt a sütőtök por koncentráció növelésnek köszönhetően. Az összbenyomás alapján pedig inkább a sütőtök poros tészták bizonyultak meggyőzőnek.

Elmondható, hogy az összes polifenol tartalom növekedett a zöldségporok koncentrációjának növekedésének köszönhetően, azonban a cékla esetében az összes polifenol tartalom a kétszerese volt a sütőtökhöz képest.

A színanyagok (betanin és vulgaxantin) jelenléte nőtt a nyers tésztákban a koncentráció növekedésével. A betanin esetében ez erősebb volt. A főzés során pedig az értékek a harmadára-negyedére csökkentek vissza.

A sütőtök porral dúsított tészta színe az általunk vizsgált koncentrációkban hasonlított a hagyományos tojásos tészták színére. Ez azért fontos, mert az allergiák 90%-ért 8 féle élelmiszerek vonhatók felelősségre, melyeknek az egyik eleme a tojás. Ez a feltevés az élelmiszeripar számára egy lehetséges alternatívát jelenthet arra, hogy a gluténmentes tészták jobban hasonlítsanak a mindennapok során használt hagyományos tészták színére.

7. Irodalomjegyzék

1. Adegunwa, M. O., Bakare, H. A., & Akinola, O. F. (2012). Enrichment of noodles with soy flour and carrot powder. *Nigerian Food Journal*, 30(1), 74-81.
2. Ahmad, G., & Khan, A. A. (2019). Pumpkin: horticultural importance and its roles in various forms; a review. *Int. J. Hortic. Agric*, 4, 1-6.
3. Babarykin, D., Smirnova, G., Pundinsh, I., Vasiljeva, S., Krumina, G., & Agejchenko, V. (2019). Red beet (*Beta vulgaris*) impact on human health. *Journal of biosciences and medicines*, 7(3), 61-79.
4. Balázs, S. (1994). Zöldségtermesztők kézikönyve. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 631-639.
5. Bálint I, Höhn M. Növényrendszertan. 3th ed. SZIE KTK; Budapest. 2001. pp. 48-56
6. Batool, M., Ranjha, M. M. A. N., Roobab, U., Manzoor, M. F., Farooq, U., Nadeem, H. R., ... & Ibrahim, S. A. (2022). Nutritional value, phytochemical potential, and therapeutic benefits of pumpkin (*Cucurbita* sp.). *Plants*, 11(11), 1394.
7. Biesiekierski, J. R. (2017). What is gluten?. *Journal of gastroenterology and hepatology*, 32, 78-81.
8. Bobek, P., Galbavý, Š., & Mariassyova, M. (2000). The effect of red beet (*Beta vulgaris* var. *rubra*) fiber on alimentary hypercholesterolemia and chemically induced colon carcinogenesis in rats. *Food/Nahrung*, 44(3), 184-187.
9. Bresciani, A., Pagani, M. A., & Marti, A. (2022). Pasta-making process: A narrative review on the relation between process variables and pasta quality. *Foods*, 11(3), 256.
10. Budelli, A., & Fontanesi, M. (2007). Gluten-free pasta and dough, use of the dough and process for preparing same. *US Patent*.
11. 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.
12. Collins, J. L., & Pangloli, P. (1997). Chemical, physical and sensory attributes of noodles with added sweetpotato and soy flour. *Journal of Food Science*, 62(3), 622-625.
13. Cui, R., Fei, Y. and Zhu, F. (2022): Physicochemical, structural and nutritional properties of steamed bread fortified with red beetroot powder and their changes during breadmaking process, *Food Chemistry*, Volume 383, 2022, 132547, ISSN 0308-8146, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132547>.
14. da Rosa Zavareze, E., Storck, C. R., de Castro, L. A. S., Schirmer, M. A., & Dias, A. R. G. (2010). Effect of heat-moisture treatment on rice starch of varying amylose content. *Food Chemistry*, 121(2), 358-365.
15. 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, 103073.
16. Devi, N. M., Prasad, R. V., & Sagarika, N. (2018). A review on health benefits and nutritional composition of pumpkin seeds. *International journal of chemical studies*, 6(3), 1154-1157.
17. El Khoury, D., Balfour-Ducharme, S., & Joye, I. J. (2018). A review on the gluten-free diet: Technological and nutritional challenges. *Nutrients*, 10(10), 1410.

18. Fuad, T., & Prabhasankar, P. (2010). Role of ingredients in pasta product quality: A review on recent developments. *Critical reviews in food science and nutrition*, 50(8), 787-798.
19. Cubadda, R. E., Carcea, M., Marconi, E., & Trivisonno, M. C. (2007). Influence of gluten proteins and drying temperature on the cooking quality of durum wheat pasta. *Cereal Chemistry*, 84(1), 48-55.
20. Gasparre, N., & Rosell, C. M. (2023). Wheat gluten: A functional protein still challenging to replace in gluten-free cereal-based foods. *Cereal Chemistry*, 100(2), 243-255.
21. Giacco R, Vitale M, Riccardi G. Pasta: Role in diet. The Encyclopedia of Food and Health; Caballero, B, Finglas, P, Toldrá, F, Eds 2016, 242-245.
22. Giacco, R., Vitale, M., & Riccardi, G. (2015). Pasta: Role in diet. In *Encyclopedia of food and health* (Vol. 4, pp. 242-245). Elsevier Inc..
23. Giannetti, V., Mariani, M. B., Marini, F., & Biancolillo, A. (2021). Effects of thermal treatments on durum wheat pasta flavour during production process: A modelling approach to provide added-value to pasta dried at low temperatures. *Talanta*, 225, 121955.
24. Giménez, M. A., González, R. J., Wagner, J., Torres, R., Lobo, M. O., & Samman, N. C. (2013). Effect of extrusion conditions on physicochemical and sensorial properties of corn-broad beans (*Vicia faba*) spaghetti type pasta. *Food chemistry*, 136(2), 538-545.
25. Grumet, R., Katzir, N., & Garcia-Mas, J. (Eds.). (2017). *Genetics and genomics of Cucurbitaceae* (pp. xii+430). Springer International Publishing.
26. Hájos, M. T. (2002). Motivation for and Possibilities of Increasing Table Beet Root Cultivation. *Acta Agraria Debreceniensis*, (9), 131-135.
27. Hájos, M. T., & Rubóczki, T. (2018). Evaluation of mineral element content of beetroot during the different stages of the growing season. *Acta Agraria Debreceniensis*, 459-469.
28. Hong, E., Lee, S. Y., Jeong, J. Y., Park, J. M., Kim, B. H., Kwon, K., & Chun, H. S. (2017). Modern analytical methods for the detection of food fraud and adulteration by food category. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(12), 3877-3896.
29. Hoover, R., & Vasanathan, T. (1994). Effect of heat-moisture treatment on the structure and physicochemical properties of cereal, legume, and tuber starches. *Carbohydrate research*, 252, 33-53.
30. Horndok, R., & Noomhorm, A. (2007). Hydrothermal treatments of rice starch for improvement of rice noodle quality. *LWT-Food science and Technology*, 40(10), 1723-1731.
31. Houben, A., Höchstätter, A., & Becker, T. (2012). Possibilities to increase the quality in gluten-free bread production: an overview. *European Food Research and Technology*, 235, 195-208.
32. Husby, S., Koletzko, S., Korponay-Szabó, I. R., Mearin, M. L., Phillips, A., Shamir, R., ... & ESPGHAN Gastroenterology Committee. (2012). European Society for Pediatric Gastroenterology, Hepatology, and Nutrition guidelines for the diagnosis of coeliac disease. *Journal of pediatric gastroenterology and nutrition*, 54(1), 136-160.
33. Indrianti, N., Sholichah, E., Afifah, N., Sarifudin, A., Ratnawati, L., Desnilasari, D., ... & Fikry, M. (2023). Physicochemical and Microstructural Properties of Gluten-Free Noodles with Dietary Enriched Pumpkin Flour. *Journal of Biobased Materials and Bioenergy*, 17(1), 125-131.
34. IPO. (2014). The World Pasta Industry Status Report—International Pasta Organization.

35. Irondi, E. A., Imam, Y. T., Ajani, E. O., & Alamu, E. O. (2023). Natural and modified food hydrocolloids as gluten replacement in baked foods: functional benefits. *Grain & oil science and technology*.
36. Jacobs, H., & Delcour, J. A. (1998). Hydrothermal modifications of granular starch, with retention of the granular structure: A review. *Journal of agricultural and food chemistry*, 46(8), 2895-2905.
37. Kivelä, L., Caminero, A., Leffler, D. A., Pinto-Sanchez, M. I., Tye-Din, J. A., & Lindfors, K. (2021). Current and emerging therapies for coeliac disease. *Nature reviews Gastroenterology & hepatology*, 18(3), 181-195.
38. Kumar, G. S., Sh, A., Krishnan, R., & Mohammed, T. (2021). Pasta: Raw materials, processing and quality improvement. *Pharma Innov. J*, 10, 185-197.
39. Larrosa, V., Lorenzo, G., Zaritzky, N., & Califano, A. (2015). Dynamic rheological analysis of gluten-free pasta as affected by composition and cooking time. *Journal of Food Engineering*, 160, 11-18.
40. Levent, H. (2019): *Physical, chemical and sensory evaluation of gluten-free tarhana with legume hulls and flours*, Quality Assurance and Safety of Crops & Foods, 11 (4): 401-409
41. Ludvigsson, J. F., Leffler, D. A., Bai, J. C., Biagi, F., Fasano, A., Green, P. H., ... & Ciacci, C. (2013). The Oslo definitions for coeliac disease and related terms. *Gut*, 62(1), 43-52.
42. Marti, A., & Pagani, M. A. (2013). What can play the role of gluten in gluten free pasta?. *Trends in Food Science & Technology*, 31(1), 63-71.
43. Merayo, Y. A., González, R. J., Drago, S. R., Torres, R. L., & De Greef, D. M. (2011). Extrusion conditions and zeamays endosperm hardness affecting gluten-free spaghetti quality. *International journal of food science & technology*, 46(11), 2321-2328.
44. Mezger, T. G. (2014): *The Rheology Handbook*, 4th Edition, Hanover: Vincentz Network, European Coatings Tech Files, ISBN 3-86630-650-4
45. Minarovičová, L., Lauková, M., Kohajdová, Z., Karovičová, J., & Kuchtová, V. (2017). Effect of pumpkin powder incorporation on cooking and sensory parameters of pasta.
46. Mirhosseini, H., Rashid, N. F. A., Amid, B. T., Cheong, K. W., Kazemi, M., and Zulkurnain, M. (2015). Effect of partial replacement of corn flour with durian seed flour and pumpkin flour on cooking yield, texture properties, and sensory attributes of gluten free pasta. *LWT-Food science and Technology*, 63(1), 184-190.
47. Nilsson, T. (1970). Studies into the pigments in beetroot (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris* var. *rubra* L.).
48. Padalino, L., Mastromatteo, M., Lecce, L., Spinelli, S., Contò, F., & Del Nobile, M. A. (2014). Effect of durum wheat cultivars on physico-chemical and sensory properties of spaghetti. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(11), 2196-2204.
49. Pagani, M. A. (1986). Pasta products from non-conventional raw materials. *Pasta and Extrusion Cooked Foods*. London, Elsevier Applied Science, 52-68.
50. Paris, H. S. (2017). Genetic resources of pumpkins and squash, *Cucurbita* spp. *Genetics and genomics of Cucurbitaceae*, 111-154.
51. Riskó, T. C. (2017). Kenyérfogyasztási szokások a gluténmentes diétában. *Jelenkori Társadalmi és Gazdasági Folyamatok*, 12(4), 127-136.
52. Robinson, R. W. (1997). *Cucurbits*. CAB International.

53. Roongruangsri, W., & Bronlund, J. E. (2015). A review of drying processes in the production of pumpkin powder. *International Journal of Food Engineering*, 11(6), 789-799.
54. Rubóczki, T. és Takácsné Hájos, M. (2017): Cékla fajták gazdasági értékmérő tulajdonságainak értékelése. *Agrártudományi Közlemények*, 2017/72.
55. Rosell, C. M., Collar, C., & Haros, M. (2007). Assessment of hydrocolloid effects on the thermo-mechanical properties of wheat using the Mixolab. *Food Hydrocolloids*, 21(3), 452-462.
56. Salehi, F. (2019). Improvement of gluten-free bread and cake properties using natural hydrocolloids: A review. *Food science & nutrition*, 7(11), 3391-3402.
57. Sharma, D., Gupta, R., & Joshi, I. (2014). Nutrient analysis of raw and processed soybean and development of value added soybean noodle. *Inventi Rapid: Life Style*, 1, 1-5.
58. Shewry, P. R. (2009). Wheat. *Journal of experimental botany*, 60(6), 1537-1553.
59. Sicignano, A., Di Monaco, R., Masi, P., & Cavella, S. (2015). From raw material to dish: Pasta quality step by step. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(13), 2579-2587.
60. Singh, A., Sharma, S., & Singh, B. (2017). Effect of germination time and temperature on the functionality and protein solubility of sorghum flour. *Journal of Cereal Science*, 76, 131-139.
61. Singh, P., Arora, A., Strand, T. A., Leffler, D. A., Catassi, C., Green, P. H., ... & Makharia, G. K. (2018). Global prevalence of celiac disease: systematic review and meta-analysis. *Clinical gastroenterology and hepatology*, 16(6), 823-836.
62. Singleton, V.L., Rossi, J.A (1965): Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*. January 1965 16: 144-158
63. Sissons, M. (2008). Role of durum wheat composition on the quality of pasta and bread. *Food*, 2(2), 75-90.
64. Šmídová, Z., & Rysová, J. (2022). Gluten-free bread and bakery products technology. *Foods*, 11(3), 480.
65. Sobota, A., Wirkijowska, A. and Zarzycki, P. (2020). Application of vegetable concentrates and powders in coloured pasta production. *International Journal of Food Science and Technology* 2020, 55, 2677–2687
66. Susanna, S., & Prabhasankar, P. (2013). A study on development of Gluten free pasta and its biochemical and immunological validation. *LWT-Food Science and Technology*, 50(2), 613-621.
67. Takácsné Hájos, M. (2009). Cékla. *Zöldségtermesztés szabadföldön. Szerk.: Hodossi S., Kovács A., Terbe I., Slezák K. Mezőgazda Kiadó, Bp*, 270-275.
68. Takácsné Hájos, M. (2011). Cékla termesztése. *Gyökérzöldségek termesztése. Szerk.: Kovács A., Mezőgazda Kiadó, Bp*, 87-107.
69. Takácsné Hájos, M. (2011). Cékla.[In: Kovács A.(szerk.) gyökérzöldségek termesztése.]. *Mezőgazda Kiadó. Budapest*, 89-105.
70. Takácsné Hájos, M. (2014). Szántóföldi zöldségtermesztés. ISBN. 978-963-318-887-3
71. Takácsné Hájos, M. (2015): A termesztési mód és a bioaktív anyagok vizsgálatának eredményei különböző gyökérzöldség fajoknál. *Debreceni Szemle* 1 20-29, 2015

72. Takácsné Hájos, M. (2017). Zöldségtermesztés. ISBN 978-963-318-745-6.
73. Tester, R. F., & Debon, S. J. (2000). Annealing of starch—a review. *International journal of biological macromolecules*, 27(1), 1-12.
74. Tyler, L. D., Acree, T. E., Nelson, R. R., & Butts, R. M. (1978). Determination of geosmin in beet juice by gas chromatography. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 26(3), 774-775.
75. Wang, J. (2023). Technical and nutritional properties of vegetable enriched pasta utilising juice and pomace from spinach, red cabbage, beetroot and carrot: *A thesis submitted in partial fulfilment of the requirements for the Degree of Doctor of Philosophy at Lincoln University* (Doctoral dissertation, Lincoln University).
76. Wang, M., Yu, M., Kong, W. J., Cui, M., & Gao, F. (2021). Association between intestinal neoplasms and celiac disease: A review. *World Journal of Gastrointestinal Oncology*, 13(9), 1017.
77. Wang, N., Bhirud, P. R., Sosulski, F. W., & Tyler, R. T. (1999). Pasta-like product from pea flour by twin-screw extrusion. *Journal of Food Science*, 64(4), 671-678.
78. WHO. Health Statistics and Information Systems: WHO Mortality Database.
79. Wieser, H. (2007). Chemistry of gluten proteins. *Food microbiology*, 24(2), 115-119.
80. Wolf, B. (2010). Polysaccharide functionality through extrusion processing. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 15(1-2), 50-54.
81. Yeşil, S. and Levent, H. (2022): *The influence of fermented buckwheat, quinoa and amaranth flour on gluten-free bread quality*, LWT 160 113301
82. von Elbe, J.H. (2001): Betalains. Current Protocols in Food Analytical Chemistry, (1) F3.1.1-F3.1.7 DOI: <https://doi.org/10.1002/0471142913.faf0301s00>
83. Zoghi, A., Mirmahdi, R. S., & Mohammadi, M. (2021). The role of hydrocolloids in the development of gluten-free cereal-based products for coeliac patients: a review. *International Journal of Food Science & Technology*, 56(7), 3138-3147.

8. Ábra- és táblázatjegyzék

Ábrajegyzék

1. ábra A tésztafajták és a hozzájuk kapcsolódó alapanyagok alakulása	7
2. ábra Az élelmiszer-hidrokolloidok funkciói	12
3. ábra A sütőtök egészségre gyakorolt jótékony hatásai	16
4. ábra Kísérlet nyers tésztái (C – cékla; S – sütőtök).....	20
5. ábra Párhuzamos lap-lap mérési geometria	21
6. ábra Amplitúdó pásztázás mintagörbe G'; G'' értékei nyírási deformáció (A) és nyírófeszültség (B) függvényében.....	22
7. ábra A nyers tészták nyírási deformáció átlagértékei (1) szórásokkal a LVE pontban.....	25
8. ábra A nyers tészták folyáspont (Pa) átlagértékei szórásokkal	26
9. ábra A nyers tészták vágási erő (N) átlagértékei szórásokkal.....	27
10. ábra A nyers tészták vágási munka (Nmm) átlagértékei szórásokkal.....	28
11. ábra A főtt tészta vágási erő (N) átlagértékei szórásokkal	29
12. ábra A főtt tészták vágási munka (Nmm) átlagértékei szórásokkal.....	30
13. ábra A világossági tényező (-) átlagértékei szórásokkal a nyers (bal) és főtt (jobb) tészták esetén (Forrás: saját szerkesztés).....	32
14. ábra A vörös-zöld színezeti jellemző (-) átlagértékei szórásokkal a nyers (bal) és főtt (jobb) tészták esetén.....	33
15. ábra A kék-sárga színezeti jellemző (-) átlagértékei szórásokkal a nyers (bal) és főtt (jobb) tészták esetén ..	34
16. ábra A nyers tészták színe CIE L* a* b* színrendszerben	35
17. ábra A főtt tészták színe CIE L* a* b* színrendszerben	36
18. ábra Az érzékszervi bírálaton kínált tészták	36
19. ábra A céklaporral dúsított tészták érzékszervi bírálatának pókhálódigramja.....	37
20. ábra A sütőtök porral dúsított tészták érzékszervi bírálatának pókhálódigramja	38
21. ábra A nyers tészták összes polifenol tartalmának átlagértékei szórásokkal.....	38
22. ábra A főtt tészták összes polifenol tartalmának átlagértékei szórásokkal	39
23. ábra A céklaporral dúsított nyers tészták színanyag tartalmának átlagértékei szórásokkal.....	40
24. ábra A céklaporral dúsított főtt tészták színanyag tartalmának átlagértékei szórásokkal.....	41

Táblázatjegyzék

1. táblázat A cékla különböző részeinek elem tartalma és eloszlás a répatésztában.....	14
2. táblázat A tökmag táplálkozási jellemzői és összetétele (Tápérték 100 g-ra vetítve).....	16
3. táblázat A GM lisztkeverék energia- és tápértéktáblázata.....	19
4. táblázat A kísérleti receptúrák	19
5. táblázat A nyers tészták nyírási deformáció (1) értékeinek ANOVA eredménye LVE határban ($p < 0,05$).....	26
6. táblázat A nyers tészták folyásponti nyírófeszültség (Pa) értékeinek ANOVA eredménye ($p < 0,05$) (Forrás: saját szerkesztés).....	27
7. táblázat A nyers tészták vágási erő (N) értékeinek ANOVA eredménye ($p < 0,05$).....	28
8. táblázat A nyers tészta vágási munka (Nmm) értékeinek ANOVA eredménye ($p < 0,05$).....	29
9. táblázat A főtt tészták vágási erő (N) értékeinek ANOVA eredménye ($p < 0,05$).....	30
10. táblázat A főtt tészták vágási munka (Nmm) értékeinek ANOVA eredménye ($p < 0,05$).....	31
11. táblázat A nyers tészták világossági tényező (-) értékeinek ANOVA eredménye ($p < 0,05$)	32
12. táblázat A főtt tészták világossági tényező (-) értékeinek ANOVA eredménye ($p < 0,05$)	32
13. táblázat A nyers tészták vörös-zöld színezeti jellemző (-) értékeinek ANOVA eredménye ($p < 0,05$) (Forrás: saját készítés).....	33
14. táblázat A főtt tészták vörös-zöld színezeti jellemző (-) értékeinek ANOVA eredménye ($p < 0,05$) (Forrás: saját készítés)	33
15. táblázat A nyers tészták kék-sárga színezeti jellemző (-) értékeinek ANOVA eredménye ($p < 0,05$) (Forrás: saját készítés)	34
16. táblázat A főtt tészták kék-sárga színezeti jellemző (-) értékeinek ANOVA eredménye ($p < 0,05$) (Forrás: saját készítés)	35
17. táblázat A nyers tészták összes polifenol tartalmának ANOVA eredménye ($p < 0,05$).....	39
18. táblázat A főtt tészták összes polifenol tartalmának ANOVA eredménye.....	40

9. Melléklet

Érzékszervi bírálat – bírálati lap

Gluténmentes friss tészta - Érzékszervi bírálat
Szakkifejezések (tulajdonság-magyarázat) és pontozás

TULAJDONSÁGOK MAGYARÁZATA

Illat: a szagok intenzitása

Szín: a minta színének intenzitása, az intenzitás foka

Állag

- **Keményiség**: Az erő nagysága az első harapáskor
- **Összetartóképeség**: A tésztamassza összetartási foka rágás közben 5 rágás után mérve
- **Grízes**: Kis szabálytalan részecskék észlelése rágás közben
- **Keményítő szájbevonat**: Annak mértéke, hogy a minta milyen mértékben keveredik a nyállal, hogy keményítő-tartalmú, tészta egy masszát képezzen, amely bevonja a száj felületét rágás közben

Íz

- **Gabona íz**: Általános kifejezés a gabonákhoz, például a kukoricához, zabhoz és a búzához kapcsolódó aromás anyagok leírására. Összességében szemcsés benyomás, édes, barna, néha általános diós íz.
- **Kukorica íz**: A kukorica aromajellemzői
- **Babos, hüvelyes íz**: Enyhén barna, dohos, diós, keményítő íz, amely a főtt száraz babhoz társul
- **Nyers íz**: Nyers vagy nyers gabonatermékekhez kapcsolódó nyers aromás íz
- **Fermentált íz**: Édes, túlérett aromák, amelyek fermentált gyümölcsökhöz, zöldségekhez vagy gabonákhoz kapcsolódnak, és ecetes vagy élesztős jegyekkel is rendelkezhetnek
- **Föld íz**: A termőtalajra emlékeztető, földes, kissé kesernyés íz, amely a gyökérzöldségekhez társul
- **Édes íz**: Kellemes, édes íz, a termékre jellemző

Összbenyomás:

Jelezze, mennyire szereti vagy nem szereti a mintát (a fent felsorolt speciális érzékszervi tulajdonságok, például megjelenés, íz, állag, illat, szín tekintetében)

PONTOZÁS

A referencia- és minta-pontszámok egy 15 pontos skálán alapulnak, 0,5 pontos lépésekkel (1 = küszöbérték, 1.5-től 5-ig = enyhe; 5.5-től 10-ig = közepes; 10.5-től 15-ig = erős).

Kérjük, minden mintához adja meg a következők egyikét:

1 – küszöbérték, nem értelmes/nem jellemző

1.5 – 2 – 2.5 – 3 – 3.5 – 4 – 4.5 – 5 – **enyhe**

5.5 – 6 – 6.5 – 7 – 7.5 – 8 – 8.5 – 9 – 9.5 – 10 – **közepes**

10.5 – 11 – 11.5 – 12 – 12.5 – 13 – 13.5 – 14 – 14.5 – 15 – **erős**

Minta-kiértékelő lap

Életkor: **1** 18-25 **2** 26-35 **3** 36-45 **4** 46-55 **5** > 55

Neme: **1** Nő **2** Férfi

Pontozás: 1-től 15-ig 0,5 pontos lépésekben!

Illat

Mintakód	Pont
Ref	7.5
1	
2	
3	
4	

Szín

Mintakód	Pont
Ref	7.5
1	
2	
3	
4	

Állag

Keményiség

Mintakód	Pont
Ref	7.5
1	
2	
3	
4	

Összetartó képesség

Mintakód	Pont
Ref	7.5
1	
2	
3	
4	

Grízes állag

Mintakód	Pont
Ref	7.5
1	
2	
3	
4	

Keményítő szájbevonat

Mintakód	Pont
Ref	7.5
1	
2	
3	
4	

Íz

Gabona íz

Mintakód	Pont
Ref	7.5
1	
2	
3	
4	

Kukorica íz

Mintakód	Pont
Ref	7.5
1	
2	
3	
4	

Babos, hüvelyes íz

Mintakód	Pont
Ref	7.5
1	
2	
3	
4	

Nyers íz

Mintakód	Pont
Ref	7.5
1	
2	
3	
4	

Fermentált íz

Mintakód	Pont
Ref	7.5
1	
2	
3	
4	

Földes íz

Mintakód	Pont
Ref	7.5
1	
2	
3	
4	

Édes íz

Mintakód	Pont
Ref	7.5
1	
2	
3	
4	

Összbenyomás

Mintakód	Pont
Ref	7.5
1	
2	
3	
4	

Köszönetnyilvánítás

Szeretném megköszönni konzulenseimnek, Dr. Kaszab Tímeának és Stefanovitsné dr. Bányai Évának a segítségüket, akik nélkül a szakdolgozatom elkészítése nem lett volna lehetséges. Mindig rendelkezésemre álltak, támogattak, lelkesítettek, valamint több éves szakmai rálátásukkal segítették a méréseim elvégzését és kiértékelését.

Külön szeretnék köszönet mondani a Táplálékallergia Centrumnak a szakdolgozatom során a felhasznált gluténmentes liszt biztosításáért, melyek nélkül nem valósíthattam volna meg a kísérleteket.

Hálás vagyok a 16 laikus bírálónak a bírálaton való részvételükért, nélkülük nem színesíthetné a dolgozatomat az érzékszervi bírálat eredménye.

Végül, de nem utolsósorban szeretnék köszönetet mondani az Élelmiszeripari Méréstechnika és Automatizálás Tanszéknek és az Élelmiszerkémia és Analitika Tanszéknek, hogy segítették munkámat és helyet biztosítottak a kísérleteim elvégzéséhez.

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: KAJUHA PETRA
A Hallgató Neptun kódja: AS204E
A dolgozat címe: Gluténmentes tészta egészségnevelő hatásainak lehetőségei
A megjelenés éve: 2024
A konzulens intézetének neve: Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Élelmiszertudományi Hőszabályozási és Automatizációs Tanszék
Élelmiszertudományi és Analitikai Tanszék

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

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítást teszek, 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 MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumba. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelté után

nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumban.

Kelt: Budapest, 2024 év november hó 4 nap

Kajuhá Petra
Hallgató aláírása

NYILATKOZAT

Kajuha Petra (hallgató Neptun azonosítója: **AS2OUE**) 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, 2024. november 4.



belső konzulens
Dr. Kaszab Tímea

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő aláhúzendő.

³ A megfelelő aláhúzendő.

NYILATKOZAT

Kajuha Petra (hallgató Neptun azonosítója: **AS2OUE**) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot⁴ 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 javaslom⁵.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*6}

Kelt: Budapest, 2024. november 4.

Stefanovitsné dr. Bányai Éva

belső konzulens

Stefanovitsné dr. Bányai Éva

⁴ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

⁵ A megfelelő aláhúzendő.

⁶ A megfelelő aláhúzendő.