



ORSZÁGOS TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI KONFERENCIA

2025. április 24-26

**Szőlőmagliszt felhasználásának táplálkozásélettani és reológiai
hatása gluténmentes zsemlekben**
Nutritional and rheological effect of grapeseed flour in gluten free buns

Készítette: Hajdu Blanka

Témavezető: *Dr. Mednyánszky Zsuzsanna*, egyetemi docens, MATE, Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet, Táplálkozástudományi Tanszék, Budai Campus

Dr. Kaszab Tímea, egyetemi adjunktus, MATE, Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet, Élelmiszeripari Méréstechnika és Automatizálás Tanszék, Budai Campus

Lehetséges OTDK szekció: Agrártudományi szekció

**Budapest
2024**

Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem
Élelmiszertudományi Kar
Táplálkozástudományi Tanszék

Szőlőmagliszt felhasználásának táplálkozásélettani és
reológiai hatása gluténmentes zsemlékben

Hajdu Blanka

Budapest

2024

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés	3
2.	A munka célja	4
3.	Irodalmi áttekintés	5
3.1.	Glutén	5
3.2.	Gluténérzékenység	5
3.2.1.	Klasszikus cöliákia	6
3.2.2.	Tünetek, kezelés.....	7
3.2.3.	Gluténérzékenység Magyarországon.....	8
3.3.	Gluténmentes sütőipari termékek és gyártási technológiájuk	8
3.3.1.	Gluténmentes sütőipari termékek.....	8
3.3.2.	A glutén helyettesítése	9
3.3.3.	A gluténmentes termékek gyártási technológiája.....	11
3.4.	Gluténmentes pékáruk jogi szabályozása Magyarországon.....	12
3.5.	A gluténmentes alaplisztek jellemző összetevői	13
3.5.1.	Hidrokolloidok.....	13
3.5.2.	Keményítő	13
3.5.3.	Rizsliszt.....	14
3.5.4.	Rostok.....	14
3.6.	Gluténmentes pékáruk dúsítása élettani szempontból értékes összetevőkkel	14
3.6.1.	A gluténmentes táplálkozás árnyoldalai.....	14
3.6.2.	Antioxidánsok, polifenolok	15
3.6.3.	Gluténmentes lisztek, lisztkeverékek.....	15
3.6.4.	A kutatás során felhasznált értékes adalékanyag: a szőlőmag.....	16
3.7.	Gluténmentes pékáruk állományvizsgálata	17
4.	Anyagok és módszerek.....	19
4.1.	Színmérés	21
4.2.	Állomány vizsgálat	21
4.3.	Az összes polifenol tartalom meghatározása.....	22
4.4.	Az összes antioxidáns aktivitás mérése.....	23
4.5.	Aminosav analízis.....	23
4.6.	Statisztikai analízis	24
5.	Kísérleti eredmények és kiértékelésük	25
5.1.	Tömegveszteség.....	25
5.2.	Színmérés	26

5.3.	Állományvizsgálat	29
5.4.	Diszkriminancia analízis	33
5.5.	Az összes polifenoltartalom (TPC) meghatározása	34
5.6.	Összes antioxidáns kapacitás (FRAP) meghatározása.....	36
5.7.	Aminosav analízis	36
6.	Összefoglalás	40
7.	Irodalomjegyzék.....	42

1. Bevezetés

A gluténérzékenység egyre több embert és korcsoportot érint Magyarországon is. A történelem folyamán legelőször Aretaeus görög orvos írta le ezt a betegséget, majd 1888-ban egy angol gyermekorvos, Samuel Gee definiálta a betegség klinikai kórképét és a kezeléséhez szükséges étrendet. Ebben a korban kizárólag a gyermekek betegségének hitték, majd 1950-ben Van Dick tett fontos megállapítást a kenyérfogyasztás és a betegség kialakulása között a II. világháború során. Mivel a háború alatt az emberek nem jutottak hozzá gabona alapú termékekhez, javuló tendencia mutatkozott a betegség kialakulásában, hiszen sokkal több kukorica és rizs alapú terméket fogyasztottak. Majd az ismételt gabona fogyasztással a tünetek újra megjelentek. Már ebben az időben is több orvost foglalkoztatott a betegséget kiváltó ok kutatása. Végül Van Dick és Van de Kamer mutatták a glutén jelenlétét a gabona alapú termékekben, amely egyben felelős a betegség kialakulásáért. Ezzel párhuzamosan Paulley jött rá 1950-ben, hogy a vékonybél károsodása okozza a tünetek megjelenését, amely magával hozza a felszívódási zavarokat (Szűcs, 2018).

A mai napig folyik a kutatás annak érdekében, hogy a betegség egyre eredményesebben és könnyebben kezelhető legyen, de még mindig az élethosszig tartó diéta jelenti a megoldást. A glutén kihagyása a táplálkozásból azonban a gabonafélék széles családját érinti, ráadásul mellőzésükkel rostok, ásványi anyagok, vitaminok is „áldozatul esnek” a cereáliák elhagyásának az étrendből. Ezért fontos feladat az élelmiszeripar számára olyan gluténmentes termékeket előállítani, amelyek a kedvező érzékszervi tulajdonságokon túl a felsorolt komponensekben gazdagabbak, ezzel hozzájárulva a cöliákiasok optimális tápanyagbeviteléhez (Meral, 2013).

A melléktermékként keletkező szőlőmag felhasználása a sütőiparban mind a hagyományos, mind a gluténmentes termékekben számos előnnyel járhat. Egyrészt élettani szempontból (fehérje- és esszenciális aminosav, zsírsavak, antioxidáns hatású vegyületek, ásványi anyagok, vitaminok) javítja a termék összetételét, másrészt technológiai és reológiai szempontból hozzájárulhat a tésztaszerkezet kialakításához. Ezért választottam a tervezett zsemlek alapanyagának gazdagításához ezt a maglisztet.

2. A munka célja

A dolgozatom megírásának célja, hogy szakirodalmi források alapján megvizsgáljam a gluténérzékenységet és annak kezelési lehetőségeit, valamint képet kapjak a gluténmentes sütőipari termékek nyersanyagairól és gyártástechnológiájáról.

Kutatásaimban szőlőmagliszttel történő dúsítást hajtok végre, hogy ezzel tápanyagban gazdagabb terméket állítsak elő. Megvizsgálom a termék fizikai és kémiai tulajdonságait, a dúsítás hatásait 2,5 –5 –7,5 –10 % adagolási arányban a termék reológiai paramétereire, színére, fehérje- és aminosavösszetételére, valamint az antioxidáns kapacitás változására.

3. Irodalmi áttekintés

3.1. Glutén

A glutén egy összetett fehérjehálózat, fő alkotói a gliadinok és a gluteninek. A szerkezetük eltérő: a glutenin egy nagyméretű biopolimer, míg a gliadin egy monomer fehérje. A gliadin peptidszekvenciája, magas prolin és glutamin tartalma teszi lehetővé, hogy ellenálló legyen a proteolitikus emésztéssel szemben. A prolaminban gazdag komponensek egy kompakt szerkezetet képesek létrehozni, amelyek kialakíthatják vagy közvetíthetik a cöliákia tüneteit (Biesiekierski, 2016).

A glutént hőstabil szerkezete miatt gyakran használják élelmiszerek adalékanyagaként, de kulcs szerepe van a tészta reológiai tulajdonságainak kialakításában is. A gliadin és glutenin frakciók felelősek a glutén reológiai és funkcionális tulajdonságainak kialakulásáért. Minden komponense eltérő funkciókkal rendelkezik, melyek nagy százalékban befolyásolják a végtermék viszkoelasztikus tulajdonságait; például a tisztított gliadin jobban hozzájárul a tészta nyújthatóságához és viszkozitásához, míg a gluteninek a szilárdságban játszanak szerepet a termékénél (Biesiekierski, 2016).

3.2. Gluténérzékenység

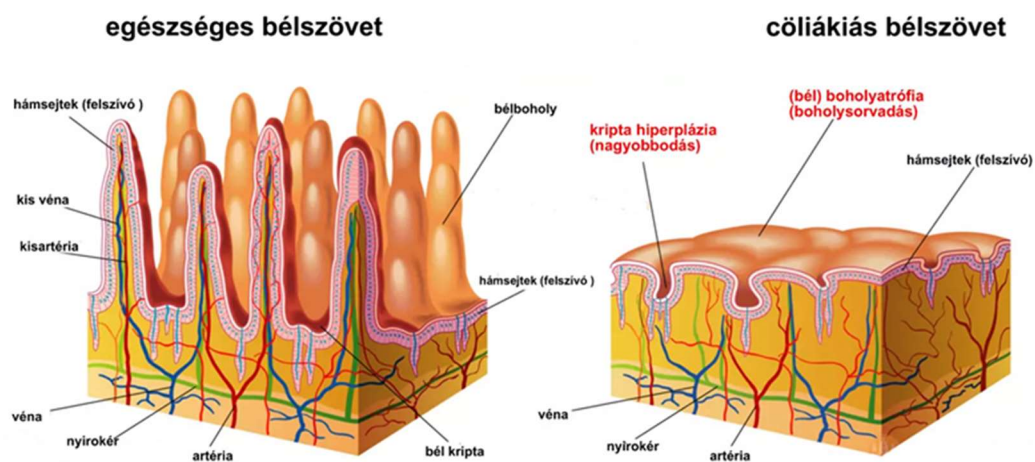
A glutén része a mindennapi étkezésünknek a gabonából készült termékek fogyasztásával. Globálisan a lakosság 1 %-a azonban nem fogyaszthat glutén tartalmú ételeket immunológiai hátterű betegsége miatt. A gluténérzékenység egyik legelterjedtebb formája a cöliákia, amelyet sokáig a gyermekek betegségének tartottak, de mára igazolódott, hogy bármely életkorban kialakulhat és több típusa is megjelenhet a betegségnek, mely típusokat a tünetek súlyossága szerint csoportosítanak (forrás).

A *klasszikus cöliákia* malabszorpcióval (felszívódási zavarokkal) jelentkezik. Hasmenés, zsírszéklet, fogyás és növekedési elégtelenség utal a betegségre. Gyermekeknél jellemző tünetként említhető még az izomsorvadás, az étvágytalanság, a levertség és a haspuffadás. A *nem-klasszikus cöliákia* nem jár malabszorpcióval, a beteg nem szenved felszívódási zavaroktól, ehelyett székrekedés és haspuffadás jellemző. A *szubklinikai (csendes) cöliákia* klinikai kimutatása nem lehetséges. A páciensek nem panaszkodnak emésztőrendszeri tünetekre, viszont gyakran egyéb laboratóriumi eltérések (vashiányos vérszegénység,

rendellenes májfunkciós értékek, csonttritkulás...stb.) utalhatnak a cöliákiára. Negyedik kategóriaként a *refrakter cöliákiát* fogalmazták meg. Specifikus jellemzője, hogy 12 hónapig tartó szigorú diéta ellenére sem javulnak a tünetek, azaz a betegek tartós vagy visszatérő malabszorpcióban szenvednek. Habár ez a gluténérzékenyek kis (2-5%) százalékánál fordul elő a refrakter cöliákia, azonban nagy kockázattal okozhat letális enteropátia-típusú T-sejtes limfómát (Caputo mtsai., 2010). Végül elkülönítették a *potenciális cöliákia* típusát is. Ekkor a páciensek bélnyálkahártyája nem mutat abnormális elváltozásokat a biopsziális vizsgálatokon, ellenben a szerológiai mérések pozitív eredményt adnak (Ludvigsson mtsai., 2013).

3.2.1. Klasszikus cöliákia

Miután a betegség elsősorban a bélrendszerben okoz elváltozásokat, ezért érdemes a bél nyálkahártyájáról néhány szót ejteni. Az 1. ábra az egészséges és a cölikiás bélszövet felépítését mutatja be. A klasszikus cöliákia immunmediált betegség (Bizzaro és mtsai., 2012), melyet a glutén egyik összetevője, a gliadin okoz. A szervezet nem képes megfelelően feldolgozni a gliadint, és ennek hatására egy 33 aminosavat tartalmazó gliadinpeptid keletkezik (Arató, 2013). Ez a peptidszekvencia képes kiváltani a CD4+T sejtek aktivációját transzglutamináz enzim jelenlétében. A peptidszakasz olyan epitópokat tartalmaz, amelyek a T-sejteket aktiválni képesek. Az immunválasz következtében a vékonybél bélbolyhai teljesen elpusztulnak és ennek következtében felszívódási zavar alakul ki. A cöliákia egy IV. típusú késői túlérzékenységi reakció, kezelésére élethosszig tartó gluténmentes étrend szükséges.



1. ábra Az egészséges és cölikiás bélszövet (Internet 1)

A gluténérzékenység kialakulásának előfeltétele a DQ2 és DQ8 genotípusú humán leukocita antigének jelenléte a szervezetben (Arató, 2013). Kutatások bizonyítják, hogy a népesség kb. 2-3%-a hordozza a HLA-DQ2 és HLA-DQ8 antigéneket, de csak keveseknél figyelhető meg a tényleges cöliákia (Wei és mtsai., 2020).

Amikor cöliákiában szenvedő betegek glutént tartalmazó termékeket fogyasztanak, a részlegesen emésztett gliadin peptidek átjutnak a vékonybél nyálkahártyáján és a transzglutamináz enzim dezaminálja őket. A dezaminált peptidek képesek az antigén-felismerő HLA-DQ2 és -DQ8 molekulák peptidkötő helyeire kapcsolódni, amelyek az antigén prezentáló sejtek felszínén találhatók. Ezek a sejtek mutatják be az antigéneket a helper-T sejteknek és indítják el az autoimmun folyamatot a bélben (Wei és mtsai., 2020).

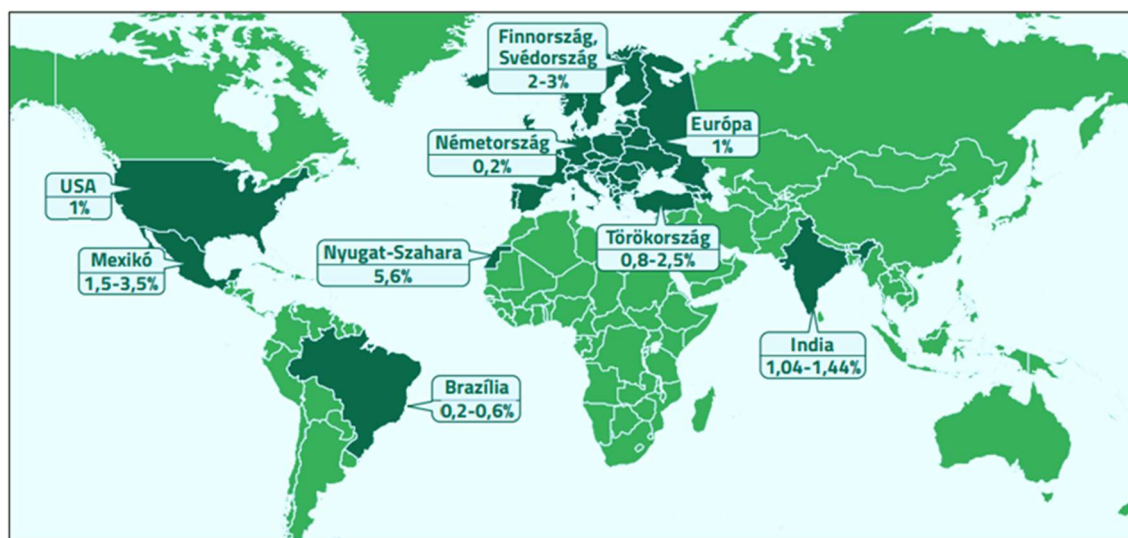
3.2.2. Tünetek, kezelés

Az elsődleges tünetek közé sorolható a puffadás, hasmenés, bélgörcsök, hasi fájdalom. A hosszantartó bélfalkárosodás miatt felszívódási zavarok alakulhatnak ki, ami testtömegvesztéshez és alultápláltsághoz vezethet. Gyakori lehet a vas elégtelen mennyiségben való felszívódása miatti vérszegénység, de a kalcium és D- vitamin hiánya miatt kialakulhat csonttritkulás is. A betegség mellett létre jöhet laktózemésztési zavar is a laktáz enzim csökkent mennyisége miatt. A gyerekek körében elsősorban hasi fájdalom jelentkezik, míg felnőttkorban sokáig nem jelentkeznek a tünetek, ezért a megnyilvánulás formái is eltérőek lehetnek. Valakinél már kis mértékű gluténtartalomnál jelentkeznek a tünetek, de vannak, akiknél csak nagyobb mennyiségű bevitel vált ki egyértelmű tüneteket (Szűcs, 2018). A betegséggel együtt jár az élethosszig tartó gluténmentes diéta; vagyis ki kell zárunk az étkezésünkől mind a búzát, árpát rozsot és zabot. Hogy megkönnyítsék a fogyasztók számára a gluténmentes termékek vásárlását, fogyasztását, a 828/2014/EK rendelet kimondja, hogy a gluténmentes termékeken meg kell jeleníteni egy logót, amely egy áthúzott búzakalászból áll (Szűcs, 2018).

A diéta során az egyik legnehezebb feladat, hogy a búzát helyettesítsük, mivel ez a táplálkozásunk egyik legfontosabb alapanyaga. A búza helyettesítésére manapság már számos lehetőség létezik; ilyen termékek például a kukorica, szója, cirok, amaránt és quinoa. Az álgabonák beépítése az étrendbe a mikrotápanyagaik miatt is jelentős, hiszen így fedezhető a tápanyagszükséglet ezen része (Szűcs, 2018).

3.2.3. Gluténérzékenység Magyarországon

A cöliákia a népesség 1%-t érinti világszerte, melynek megnyilvánulása az enyhe tünetektől egészen a súlyos tünetekig terjedhet. Friss felmérések alapján Magyarországon kb. 150 ezer beteg embert regisztráltak cöliákiával. Az országok között különbségek figyelhetők meg a diagnosztizált cöliakiás betegek számában. A 2. ábrán látható, hogy Európában a legnagyobb százalékban Svédországot és Finnországot érinti. Egyre több beteget regisztrálnak Indiában, míg Brazília és Németország területén a legalacsonyabb a betegek száma (Szűcs, 2018).



2. ábra A cöliákia gyakoriságának világtérképe (Szűcs, 2018)

3.3. Gluténmentes sütőipari termékek és gyártási technológiájuk

3.3.1. Gluténmentes sütőipari termékek

A sütőipari termékek mellett, hogy fontos fehérje, szénhidrát és rost forrást jelentenek a táplálkozásunkban, kedveltségük miatt is minden napi étkezésünk részét képviselik. Joggal merül fel annak az igénye, hogy e termékeket a gluténmentesek se nélkülözzék. A gluténmentes kenyér és pékáruk készítésénél azonban változtatásokra van szükség a technológiában. Ahhoz, hogy gluténmentes kenyeret és pékárut készíthessük, biztosítanunk kell a tészta térfogatát és kohézióját. Az alapanyagokon kívül technológiai és funkcionális összetevők hozzáadása is szükséges a sikerfehérjék funkcióinak pótlására; gabona és nem gabona eredetű hidrokolloidok, gyümölcs vagy zöldség rostok, módosított keményítők és fehérjék. A hozzáadott összetevőket számos forrásból kell biztosítani, hogy megfelelő

menyiségű és minőségű kenyér készüljön, illetve fontos a puhaság és eltarthatóság kialakítása miatt. A rost, mint összetevő befolyásolhatja hidratálása révén a kenyér minőségét, javíthatja az állagot, fajlagos térfogatot, viszkozitást, érzékszervi minőséget. Ez köszönhető annak a tulajdonságának, hogy képes megkötni a vizet és így gélképzés valósul meg. Fontos paraméterek a szálhossz, polimerizációs fok, vízben oldható és oldhatatlan rostok aránya és más összetevőkkel való kölcsönhatás. A gluténmentes tészta gyártásának kulcsfontosságú része az emulgeálószeres hozzáadása, amelyek megkönnyítik a tészta feldolgozását és lágyítják a morzsát. Erre a legcélszerűbb anyagok a lecitin, zsírsavak mono- és digliceridjei valamint zsírsavak tejsavval alkotott észterei, de akár tej, szójafehérje, csillagfürtliszt is alkalmazható.

A gluténmentes tészta egy összetett folyékony rendszer, amely poliszacharidokat és egyéb szerkezetformáló komponenseket, viszkozitás növelő és stabilizáló anyagokat tartalmaz. Sokkal nagyobb a víztartalma, mint a hagyományos búzátésztáé (Zannini és mtsai., 2012).

3.3.2. A glutén helyettesítése

Korábban a gluténmentes termékeknel glutént nem tartalmazó gabonaféléket vagy álgabonákat használtak, de ma már hüvelyesek, magvak is használhatók a termékek javítása érdekében. Korábban elsősorban **kukoricát** és kukoricakeményítőt alkalmaztak, amelynek jó a fajlagos térfogata, de durva morzsaszerkezettel rendelkező és íztelennek bizonyult. Másik alapanyag a **rizs**, mely szintelen, könnyen emészthető és hipoallergén, azonban a sütés során észrevehetően hiányoznak belőle a glutén rugalmas képlékeny tulajdonságai. Az újonnan használt növények közé tartozik a **cirok**, amelynek elsődleges összetevője a keményítő. Nem a legjobb alapanyag, ugyanis lapos tetőt eredményez a kenyereknek, de minősége fehérjék hozzáadásával javítható lehet. Az álgabonák közül a legismertebbek az amaránt, quinoa és hajdina. Az **amaránt** jó választás lehet, mivel kiváló minőségű olajokat és kedvező aminosav összetételű fehérjéket kínál. A **quinoa** fehérjetartalma nagyobb, mint a búzáé, így egészséges alternatívának tartják a gluténmentes étrendben. Ígéretes lehetőség még a **zab**, amely sok táplálkozási előnnyel rendelkezik; telítetlen zsírsavakat, vitaminokat, ásványi anyagokat, rostokat (β -glükánt) tartalmaz, amelyről kimutatták, hogy jelentősen csökkenti a koleszterinszintet, és segíti a vércukorszint szabályozást. A **hajdina** hozzáadása javítja a gluténmentes termékek fehérje, rost, kalcium, vas és E-vitamin tartalmát, de ezek

mellett a polifenol vegyületek és antioxidánsok aktivitását is növeli (Zannini és mtsai., 2012).

Miranda-Villa és munkatársai (2019) vizsgálták, hogyan hat a teljes, illetve malátázott quinoa a gluténmentes muffinok fizikai és érzékszervi tulajdonságaira. A tésztát 100% rizsliszttel, illetve 30%-ban teljes vagy malátázott quinoaliszt helyettesítésével készítették el. A quinoa liszt 12-18%-kal megnövelte a fehérje- és 8-18%-kal az ásványi anyag tartalmat. A malátázott quinoalisztet tartalmazó muffinok nedvességtartalma, térfogata és magassága nagyon közel állt a referencia mintához. Az érzékszervi vizsgálatok során a legjobb értékelést is a malátázott quinoalisztet tartalmazó muffin kapta. De la Barca és munkatársai (2010) amaránt liszttel kísérleteztek gluténmentes süteményekben és kenyerekben. A tanulmány során a kenyerek esetében a legjobb receptet 60-70% pattogatott amaránt és 30-40%-os nyers amaránt adta. Az elkészült kenyér homogén morzsával és nagyobb fajlagos térfogattal rendelkezett, mint a sima gluténmentes kenyerek. A süteményeknél az alapanyag 20% pattogatott amarántlisztet és 13% teljes kiőrlésű pattogatott amarántot tartalmazott. Maga az amaránt jó minőségű fehérje és lipidforrás, illetve ásványi anyag tartalma sokkal nagyobb, mint a gabonaszemeké.

Egy másik kutatásban Martins és munkatársai (2020) makkliszt reológiai tulajdonságainak hatását vizsgálták a tésztákban. A makkliszt nagyon fontos rostforrás és ígéretes technológiai tulajdonságokat mutatott a tanulmány során. Javult a tészta szilárdsága, kohéziója és viszkoelaszticitása. A makkliszt fontos táplálkozási jellemzőkkel rendelkezik, lipidekben, különösen telítetlen zsírsavakban és rostokban gazdag. Fontos megemlíteni, hogy természetéből adódóan édes, így kevésbé lesz a terméken érezhető a keserű utóíz. Ha a tésztához hozzáadjuk a makklisztet, érdemes figyelembe venni, hogy a különböző makkfajták keményítő tartalma eltérő.

Paz és munkatársai (2020) a rizsliszt hatását vizsgálták meg a gluténmentes muffinok fejlesztésében. A gluténmentes készítményekben jellemzően hipoallergén rizsliszttel szoktak használni. E célra nagyobb fehérjetartalmú rizsfajtákat nemesítettek ki. A tanulmányban a fehér, magas fehérjetartalmú rizsmuffin színét részesítették előnyben, javultak a muffinra jellemző tulajdonságok, mint a morzsalékonyság, nedvesség és puhaság.

Wójcik és munkatársai (2022) mákliszttel kísérleteztek. A mák a világon fellelhető legrégebbi olajos növény. A mák nagy mennyiségben tartalmaz káliumot, kalciumot és foszfort. Felhasználható gluténmentes kenyerek dúsítására, és hajdinakenyérhez adagolva a termék a makro- és mikrotápanyagok kiváló forrása lehet. A mák hozzáadásával a kenyerek

térfogata jelentősen megnőtt, az érzékszervi tulajdonságok, így a szín sem változott jelentősen a hozzáadott mák mennyiségétől.

3.3.3. A gluténmentes termékek gyártási technológiája

A gluténmentes termékek előállításának nehézségei a glutén hiánya miatt állnak fenn, amely a reológiai tulajdonságaikra is hatással van. A gyártási folyamat során fontos szerepe van a **dagasztásnak**, a dagasztás idejének és sebességének. A hosszantartó dagasztás növelheti a kenyér fajlagos térfogatát. Sütési fázisban a fehérjék denaturációja megy végbe és emellett megtörténik a keményítő kocsonyásodása. Elég erős és stabil terméket kell kialakítanunk ahhoz, hogy a sütés során a tészta ne essen össze és a gázbuborékok megmaradjanak. Sajnos a gluténmentes lisztek, keményítők ezeket a feltételeket nem képesek létrehozni. Ebben van szerepe a hozzáadott **hidrokolloidoknak**, melyek duzzadó, illetve vízmegkötő tulajdonságokkal rendelkeznek. Hozzájárulnak a morzsa állagához, lágyágához, illetve a kéreg roppanosságához. Sütés után a felületen kialakul a megszokott ropogó, szilárd réteg, míg a belsejében lévő morzsa kellően rugalmas marad. Megfigyelhető, hogy ha a gluténmentes recept kevesebb fehérjét tartalmaz, a kéreg is világosabb lesz, mert nem megy végbe a Maillard-reakció a kisebb aminosav tartalom miatt (Smídova és Rysová, 2022).

Nagyon fontos, hogy a gluténmentes termékeket előállító hely rendelkezzen HACCP rendszerrel, ami biztosítja a gluténszennyeződés megelőzését a gyártási folyamatok során. Az előállítónak gondoskodnia kell, hogy az összetevők ne szennyeződjenek gluténnal (Koltai, 2018).

Padalino és munkatársai (2016) a gluténmentes tészta termékek gyártását vizsgálta meg. A keményítő kulcsszerepet játszik a gluténmentes termékek gyártásánál. Az első lehetséges technológiai megközelítés a hőkezelt lisztek felhasználása. A legalkalmasabb technológia az extrudálásos főzési eljárás, amelyben a natív liszt gőzzel való kezelése történik. Gyakran alkalmaznak keményítőnél fizikai kezeléseket; lágyítást, ezzel megváltoztatva a fizikai-kémiai tulajdonságokat, illetve végezhetünk zselatinizálást is a folyamat során. Mind a kettő növelheti a kristályosodását, és szemcsemerevséget.

Ferreira és munkatársai (2016) burgonyakeményítő alapú gluténmentes tészta készítéséhez cirok-, rizs- és kukoricaliszt adagolását vizsgálták. Az eredmények alapján a rizsliszt, cirokliszt és burgonyakeményítő keverése bizonyult a legjobb társításnak. Ezeket kémiai és

főzési vizsgálatoknak vetették alá. A cirokliszt elősegítette a tészta jó duzzadóképességét. Nagyon fontos a homogén szemcseméret a tésztakészítés során. Az apróbb részecskéket tartalmazó liszt ragadós tészta előállítását teszi lehetővé, azonban, ha durvább részecskéket alkalmazunk, akkor kemény tésztaszerkezetet kapunk. A keményítő hozzáférhetősége lehetővé teszi a magas fokú kocsonyásodást és retrogradációt, amely helyettesíti a glutén viszkoelasztikus tulajdonságait, ezzel hozzájárulva a gluténmentes tészta végleges szerkezetéhez.

Egy másik tanulmányban csicseriborsóval dúsították a gluténmentes termékeket, mivel a csicseriborsó kiváló fehérjeforrás, nagy mennyiségű szénhidrátot és telítetlen zsírsavakat tartalmaz, valamint gazdag vitaminokban és ásványi anyagokban. Mindezek mellett csökkenti a glikémiás indexet a gluténmentes spagettiben. A kutatás során az extrudált spagetti vízfelvétele alacsonyabb volt, mint a kontrollé, tehát a hüvelyesekkel dúsított tészta sokkal keményebbnek bizonyult (Flores-Silva és mtsai., 2010).

3.4. Gluténmentes pékáruk jogi szabályozása Magyarországon

A gluténmentes termékekre vonatkozó előírásokat a 828/2014/EU rendelet szabályozza. A rendelet értelmében a *gluténmentes termék* meghatározás abban az esetben alkalmazható, ha a már fogyasztható termék legfeljebb 20 mg/kg glutént tartalmaz. A terméket fogyaszthatják a cöliakiás betegségben szenvedő emberek is. A másik ilyen kifejezés a *nagyon alacsony gluténtartalmú* termék, amely csak abban az esetben használható, ha az élelmiszer egy vagy több búzából, rostból, árpából, zabból vagy ezek keresztezett változataiból származó összetevőből áll, vagy olyan összetevőt tartalmaz, amelyet különleges eljárással úgy állítottak elő, hogy a gluténtartalmat csökkentsék, így a fogyasztható élelmiszer 100 mg/kg glutént tartalmaz. A zabra vonatkozóan is be kell tartani a szabályozást, amely kimondja, hogy csak olyan zab használható gluténmentes vagy alacsony gluténtartalmú termékek készítésénél, ami nem érintkezett a termesztés vagy a feldolgozás során búzával, rozssal, árpával. A gluténtartalma legfeljebb 20 mg/kg. A fogyasztók tájékoztatásának érdekében állítások is kísérhetik mind a gluténmentes, mind pedig az alacsony gluténtartalmú jelzőket; ilyen például, hogy „gluténérzékenyek is fogyaszthatják”, vagy „cöliákiában szenvedők is fogyaszthatják”. A gluténmentes logó is alkalmazható a termékek csomagolásán (Szűcs, 2018).

3.5.A gluténmentes alaplisztek jellemző összetevői

3.5.1. Hidrokolloidok

A gluténmentes kenyerek előállítása a glutén hiánya miatt kihívást jelent az élelmiszeripar számára, ezért a gluténmentes termékeknel hidrokolloidokat alkalmaznak, amelyek a viszkoelasztikus tulajdonságokat tudják kialakítani vagy éppen helyettesíteni. Számos vízdoldható poliszacharidot tartalmaznak, amelyek különböző kémiai szerkezetűek és funkcionális tulajdonságúak, amelyek lehetővé teszik a vizes rendszerek reológiájának és textúrájának szabályozását az emulziók, szuszpenziók stabilizálása során. Mindezek mellett képesek módosítani a keményítő zselatinizációját és időben képesek a termékek minőségét is meghosszabbítani. A xantángumi, a hidroxipropil-metil-cellulóz és más hidrokolloidok kenyérjavító adalékok, amelyek lassítják a dehidratáció sebességét, a morzsa keményedését (Anton és Artfield, 2008).

3.5.2. Keményítő

A glutén hiánya megnöveli a keményítő szerepét a termékek szerkezetében. A keményítőt számos tulajdonsága miatt használják; ilyen például a nedvességmegtartó, stabilizáló, sűrítő és zselésítő tulajdonságok. Az élelmiszer-keményítő fő forrásai a kukorica, manióka, édesburgonya, búza és burgonya. A gabonakeményítőket általában zselésítő anyagoknak tekintik, amelyek a sütés során hozzájárulnak a termék állagához. A tésztakészítés során a keményítő saját tömegére vonatkoztatva akár 45% vizet is képes felvenni és inert töltőanyagnak is tekinthető a tészta folytonos mátrixában. A kenyér sütése során a keményítő szemcsék megduzzadnak, kocsonyásodnak és részben feloldódnak, de továbbra is az eredeti szemcse azonosságukkal rendelkeznek. A keményítő zselatinizálása szerepet játszik a gluténmentes kenyerek készítésében, ugyanis a keményítő képes mátrixot képezni. A mátrixba gázbuborékok zárodnak be, növelve a gázmegtartó képességet. Fontos persze, hogy a keményítőnek gluténmentesnek kell lennie, ezért alkalmaznak burgonya, rizs vagy kukorica alapanyagot. Utóbbinál nehézséget okozhat, hogy a kukorica szokatlan ízt adhat a terméknek (Horstmann és mtsai., 2017).

3.5.3. Rizsliszt

A rizs nagyon hasznos összetevő, széleskörű funkcionális tulajdonságaival hozzájárul a késztermék minőségének javításához. Nátrium tartalma alacsony és nagy mennyiségű, könnyen emészthető szénhidrátot tartalmaz. Gui és munkatársai (2022) vizsgáltak nyálkás és normál rizslisztet gluténmentes kenyerek készítésénél. Az egyes rizsfajták között jelentős különbségek voltak a liszt tulajdonságaiban. Összefüggést állapítottak meg a kenyér fajlagos térfogata és a rizs amilóz tartalma, illetve a viszkozitás között. A normál rizsliszt sokkal viszkózusabb, nagyobb térfogattal, egyenletesebb állaggal és jobb rugalmassággal rendelkező gluténmentes terméket eredményezett, mint a nyálkás rizsliszttel készült termék.

3.5.4. Rostok

A rostok a leggyakrabban alkalmazott adalékanyagok annak érdekében, hogy javítsuk a gluténmentes termékek minőségét és tápértékét. Technológiai szempontból kiváló vízmegkötő, viszkozitást növelő, valamint gélképző képességekkel rendelkeznek. Az ilyen élelmi rostok közé tartozik a β -glükán, az inulin, a szentjánoskenyér rostja, utifűmaghéj, a polidextróz és a rezisztens keményítő. A rost összetétele és molekula tömege döntő szerepet játszik a minőség kialakításában (Khoury és mtsai., 2018).

Wolter és munkatársai (2014) *Weissella Cibaria* termelte exopoliszacharidokat alkalmaztak kovászos kenyérben a rosttartalom növelésére, mellyel javították a tészta szilárdságát.

3.6. Gluténmentes pékáruk dúsítása élettani szempontból értékes összetevőkkel

3.6.1. A gluténmentes táplálkozás árnyoldalai

Tanulmányok kimutatták, hogy a gluténmentes termékek nagyobb szénhidrát- és nátriumtartalommal rendelkeznek. Általában gyengébb fehérje-, valamint rostforrások. Mivel nem dúsítják vagy nem annyira dúsítják a termékeket, ezért a vas, folsav, niacin, tiamin és riboflavin tartalmuk is alacsonyabb, sokkal kevesebb A és D-vitamint tartalmaznak (Khoury és mtsai., 2018). Ilyen táplálkozás esetén e vitaminok, ásványi anyagok pótlására fel kell hívni a betegek figyelmét.

A cöliákiában szenvedő betegek étrendjének kialakításánál a hangsúly a gluténmentes étrend betartásán van, de fontos, hogy a kiegyensúlyozott, egészséges táplálkozás érdekében a többi makro- és mikrokomponens bevitelére is figyeljünk. Gyakran a diéta élelmi rostokban szegény a gabonafélék, különösen a teljeskiőrlésű gabonák fogyasztásának kizárása miatt. Ennek pótlására érdemes napi 60-80 dkg zöldséget és gyümölcsöt fogyasztani, de a gluténmentes magos kenyerek vagy éppen az olajos magvak fogyasztásával is bevihető a szervezetbe a megfelelő napi mennyiség (Szűcs, 2018).

3.6.2. Antioxidánsok, polifenolok

Az antioxidánsok létfontosságú szerepet játszanak az emberi szervezet oxidatív folyamataiban. Egészségvédő, és számos betegség kialakulásával szemben megnyilvánuló gátló hatásukat széles körben igazolták. A gyümölcsökben és zöldségekben gazdag étrendet fogyasztó emberekben kisebb eséllyel alakulnak ki daganatos betegségek. E hatások a bennük található antioxidáns és szabadgyök-befogó képességgel rendelkező polifenoloknak is köszönhetőek. A polifenolos vegyületek a növényi metabolizmus szekunder termékei, elsődlegesen a növényi sejt védelmét látják el a különböző külső károsító tényezőkkel szemben (Gulcin, 2020, Liu, 2003).

Az antioxidáns vegyületek prooxidánsként is működhetnek, ha nem megfelelő arányban kerülnek a szervezetbe. Ezért nem egyes antioxidáns tulajdonságú komponensek bevitele a cél, hanem olyan élelmiszerek fogyasztása, amelyek e vegyületeket egymással szinergikus hatásban tartalmazzák. A néhány komponensből, sokszor megfelelő információk hiányában összeállított táplálék-kiegészítő tabletták ezért nem versenyezhetnek a gyümölcsök és zöldségek évmilliók alatt kialakult, kiegyensúlyozott és utánozhatatlanul gazdag kémiai összetételével (Hegedűs, 2013).

3.6.3. Gluténmentes lisztek, lisztkeverékek

A korábban leírtak alapján belátható, hogy a gluténmentes tészták dúsítása fontos és szükséges, és egyben jó lehetőség is arra, hogy a gluténmentes étrendet követők minél jobb tápértékkel rendelkező élelmiszerhez juthassanak. A gluténmentes sütőipari termékek dúsításával sok szakirodalom foglalkozik. Az 1. táblázatban az általam talált szakirodalmak közül szeretnék bemutatni néhányat.

1. táblázat Cikkgyűjtemény a gluténmentes sütőipari termékek dúsításáról

liszt fajtája	liszt aránya a keverékben	cikkben említett élettani hatás	eredmény	hivatkozás
Szőlőmag	3-5-7%	Több rostot, Mg, K, Ca tartalmaz	100 g biztosítja a napi ásványi anyag bevitt a szervezetbe. A legalacsonyabb koncentrációban hozzáadott szőlőmagliszt porozitás értéke határértéken belül volt; jó technológiai viselkedésű	Oprea és mtsai., 2022
Amarant	60-70% pátogatott amarant és 30-40%-os nyers amarant	Jó minőségű fehérje és lipidforrás, magas ásványi anyag és rost tartalom	homogén morzsa, nagyobb fajlagos térfogat; javult a keltészta viszkoelaszticitása	de la Barca és mtsai., 2010
Makk	0-23-35%	Fontos rostforrás Lipidekben gazdag, különösen telítetlen zsírsavakban	Javult a tészta szilárdsága, kohéziója és viszkoelaszticitása	Martins és mtsai., 2020
Quinoa	100% rizsliszt 30% teljes vagy malátázott quinoa	Növelte a fehérje tartalmat, ásványi anyag tartalmat, illetve aminosav tartalmat	A malátázott quinoát tartalmazó termék nedvességtartalma, térfogata és magassága közel állt a referencia termékhez	Miranda-Villa és mtsai., 2019
Rizs	fehér és barna + xantán gumi	hipoallergén	Megközelítette a muffinra jellemző paramétereket; morzsáság, nedvesség, puhaság	Paz és mtsai., 2020
Szőlőmag	3-6-9 %	Kiváló antioxidáns és polifenol forrás	Késleltette a lipidek oxidációját lényegesen megnövelte a gluténmentes termékek antioxidáns és polifenol tartalmát	Kapcsándi és mtsai., 2021
Mák	5-15%	Nagy mennyiségben tartalmaz K, Ca, P iont	Nem változtatta meg a nedvességtartalmat; térfogat jelentős növekedése figyelhető meg; pH csökkenés, színváltozást nem okozott	Wójcik és mtsai., 2022
Szőlőmag	1-3-5%		Az 1 %-os elősegítette a fehérjék aggregációját; a 3 és 5%-osak megszakították a diszulfidhid kötések a gluténfehérje molekulái között	Chen és mtsai., 2021

3.6.4. A kutatás során felhasznált értékes adalékanyag: a szőlőmag

Kapcsándi és munkatársai (2021) kutatásuk során 8 különböző szőlőfajta magját vizsgálták meg antioxidáns kapacitásra és összes polifenol tartalomra, majd szőlőmagliszttel dúsított hagyományos és gluténmentes cipőt készítettek. A kenyérlisztből és gluténmentes lisztkeverékből készült cipókhoz különböző mennyiségben adagoltak szőlőmaglisztet; 3-6-9%-ban dúsították a termékeket és megvizsgálták az antioxidáns tartalmat, valamint polifenol-tartalom változását. A szőlőmagokat eredeti és zsírtalanított állapotban is analizálták. A zsírtartalmú magvak antioxidáns tartalma 228,50 mg AAE/g (aszcorbinsav egyenérték) és 438,33 mg AAE/g közötti érték volt az egyes fajták esetében, míg a zsírtalanított mintáknál az aszcorbinsav egyenértékben kifejezett antioxidáns kapacitás 176,29 mg AAE/g és 424,91 mg AAE/g között változott. A zsíros magvak polifenol tartalma 91,16 és 221,81 mg GAE/g (galluszsav egyenérték), míg a zsírtalanított szőlőmag mintáké 46,01 és 207,68 mg GAE/g. A kenyerekben a szőlőmagliszttel történő kiegészítés hatékonyan növelte az antioxidáns kapacitást. A szerzők megemlítik, hogy a szőlőtermékek jótékony hatásait egészségvédő tulajdonságaikon túl az élelmiszeriparban is felhasználják, hiszen az antioxidáns tartalmuk miatt késleltethetik a lipidek oxidációját, valamint antimikrobás hatásuk miatt gátolni tudják az aerob mezofil baktériumok szaporodását.

Egy másik kutatásban Chen és munkatársai (2021) a glutén tartalmú tésztákat 1%, 3%, illetve 5% szőlőmaggal dúsították és a búza gluténfehérje hidrofób régióját vizsgálták. Kimutatható volt, hogy az 1% szőlőmagliszttel való dúsítás támogatta a gluténfehérjék aggregációját a hidrofób kölcsönhatások és hidrogénkötések elősegítésével, ezáltal javítva a tészta minőségét. A 3 és 5%-os szőlőmag tartalom viszont megakadályozta a sikérfehérjében a diszulfidhíd kötések kialakulását a peptidek között.

Egy harmadik kísérlet során Gentile és munkatársai . (2022) szőlőmagliszt lehetséges felhasználását vizsgálták 3-5-7-9 % szőlőmaggal dúsított kenyerek sütésével. Megállapították, hogy a szőlőmagliszt 42-szer több rostot, 8-szor több magnéziumot, kétszer több káliumot és kilencszer több kalciumot tartalmaz. Így a dúsított kenyerek tápértéke is jelentősen javult e komponensek tekintetében. Reológiai szempontból a tészta minősége azonban elmaradt a kontroll mintához képest.

3.7.Gluténmentes pékáruk állományvizsgálata

Mint minden elkészített sütőipari termék esetében, így a gluténmentes pékáruknál is szükséges a termékek állományvizsgálata. A Texture Profile Analysis (TPA) egy szabvány módszer, melyet az élelmiszerek állományi tulajdonságainak mérésére használnak. Ez egy ciklussal működő rágást imitáló rágásteszt, melynek paraméterei tetszés szerint beállíthatóak. A mérés során az erő, a deformáció és az időadatok kerülnek rögzítésre. A fogyasztás során érzékelt állománytulajdonságok meghatározása a végső cél. Szintén alkalmazott mérési módszer a kúszás-kirugózás teszt (Creep-Recovery Test = CRT). Ez voltaképpen egy összetett reológiai vizsgálat. A módszer célja, hogy a kúszási görbe (azaz állandó terhelés alatt jelentkező deformáció-növekedés), és kirugózási görbe (a terhelés megszüntetését követő anyag-visszarugózás) alapján a reológiai paraméterek meghatározhatók legyenek (Csima, 2015).

Martins és munkatársai (2020) makkliszttel végeztek reológiai méréseket. A reológiai mérések közül kis amplitúdójú oszcillációs méréseket (SAOS), valamint tészta textúra profilelemzést (TPA) készítettek. A reológiai vizsgálatokat UTC-Peltier rendszerrel összekapcsolt, szabályozott stressz reométerrel végezték. A reométer hőmérsékletét a mérések alatt 5 °C-on tartották annak érdekében, hogy elkerüljék a tészta erjedését. A SAOS tesztek a termék viszkoelasztikus tulajdonságainak értékelésére végezték. A TPA tesztek

során a hőmérsékletet 37°C-on kell tartani az 50 percig tartó erjesztés érdekében. Ezek után egy 5 kg-os mérőcellával és TA.XT.plus texturométerrel elvégezték a mérést.

4. Anyagok és módszerek

A gluténmentes szőlőmagliszttel dúsított zsemlék elkészítését, valamint azok fizikai és kémiai vizsgálatát a MATE ÉTTI Élelmiszeripari Méréstechnikai és Automatizálás, valamint a Táplálkozástudományi Tanszékén végeztem.

A kísérletünk során **Old Millers' Maestro gluténmentes lisztkeveréket** (GM liszt) a Táplálékallergia Centrumból szereztük be. A GM lisztkeverék összetevői: kukoricakeményítő, tapiókaliszt, rizsliszt, psyllium rost, guár gumi, stabilizátor: hidroxipropil metilcellulóz, burgonyarost, almarost, borsófehérje, térfogatnövelő szer: szódabikarbóna. A szőlőmagliszttel történő dúsítás különböző koncentrációkban: 2,5 %; 5 %; 7,5 % és 10 %-ban adagolva történt (jelölésük: Sz2,5; Sz5; Sz7,5; Sz10). A **szőlőmagliszt** Nature Cookta termék, amely 100 %-ban szőlőmag örlemény. A gluténmentes lisztkeverék csomagolása és összetétele a 3. ábrán, míg a szőlőmagé a 4. ábrán látható a tápértékek jelölésével.



Átlagos tápérték 100 g termékben:

Energia:	1349kJ / 318 kcal	16%
Zsír:	0.3 g	0.4%
ebből telített zsírsavak:	0 g	0%
Szénhidrátok:	77 g	30%
ebből cukrok:	0 g	0%
Rost:	9 g	–
Fehérje:	1.7 g	3.4%
Só:	0.2 g	4%

3. ábra A gluténmentes lisztkeverék összetétele



Átlagos tápérték 100 g termékben:

Energia:	554 kJ/133 kcal
Zsír:	6,64 g
ebből telített zsírsav:	0,91 g
Szénhidrát:	4,74 g
ebből cukor:	2,9 g
Fehérje:	11,55 g
Só:	0 g

4. ábra A szőlőmagliszt összetétele

A szőlőmagliszt összetételi adatai nem térnek ki a liszt rosttartalmára. Ha összeadjuk a makrokomponenseket, a 100 g lisztben 6,64 g zsír + 4,74 g szénhidrát + 11,55 g fehérje található, ami összesen 22,93 g szárazanyagnak felel meg. Ellenőriztem néhány más gyártó termékét is, és megtaláltam az általam hiányolt összetevőt: a BalanceFood termékén 35 g rostot tüntetnek fel (Internet 2). Egy angol oldalon (Internet 3.) talált termék alacsonyabb zsírtartalommal (2,2 %), hasonló fehérje- (13,3 %) és magasabb szénhidráttartalommal (21,8 %), és kiemelkedő rosttartalommal (62,8 %) hirdeti termékét. Erre azért tartottam fontosnak kitérni, mert munkám során a lisztek makrokomponens összetételét nem volt lehetőségem analitikailag ellenőrizni, de a szőlőmagliszt címkéjéből szembetűnik a hiányos adatmegadás. A rostbevitel egészséges és cöliakiás fogyasztók számára is elengedhetetlen a napi étkezés során, ezért fontos, hogy megfelelő tájékoztatással, az ételmszer címkéjén feltüntetett pontos adatokkal hozzásegítsük a vásárlókat a helyes választáshoz.

Az **alap tészta elkészítéséhez** lisztet, langyos vizet, élesztőt, cukrot, olajat és sót használtunk. A 2. táblázatban ismertetem a kontroll és a szőlőmagliszttel dúsított zsemlek receptúráját.

2. táblázat A kísérlet receptúrái

	Kontroll	2,5 %	5 %	7,5%	10%
GM liszt	285 g	277,875 g	270,25 g	263,625 g	256,5 g
Langyos víz	250 g	250 g	250 g	250 g	250 g
Friss élesztő	10 g	10 g	10 g	10 g	10 g
Cukor	10 g	10 g	10 g	10 g	10 g
Olaj	20+15 ml	20+15 ml	20+15 ml	20+15 ml	20+15 ml
Só	8 g	8 g	8 g	8 g	8 g
Szőlőmagliszt	-	7,125 g	14,25 g	21,375 g	28,5 g

A kontroll tészta begyúrása előtt a sütőt 200 °C fokra előmelegítjük. Az első lépés az élesztő felfuttatása langyos vízben a cukorral. Ezzel párhuzamosan a száraz alapanyagokat (liszt és só) 20 ml olajjal kimértem egy tálba. A felfuttatott élesztővel összekevertem és összegyúrtam a tésztát. Amikor elvált az edény falától a 10 perc gyúrás követően, a nyújtódeszkára téve további alálisztezés nélkül formázható tésztát kaptam. Henger alakúra formáztam, majd 9 részre osztottam a tésztát, és a darabokból gombócokat gyúrtam. Igyekeztem közel azonos tömegű mintákat készíteni. A zsemlek tömegét lemértem és feljegyeztem. Ezt követően sütőtálcára téve kissé lelapítottam őket. A receptúrában írt 15 ml olajat két részre osztottam, és a felével megkentem a zsemleket, majd konyharuhával lefedve

a sütő közelében 35 °C-on 30 percig kelesztettem. A kelesztést követően a maradék olajjal megkenve a zsemléket, 200°C-os sütőben 30 perc alatt készre sütöttem. Az elkészült forró zsemléket a sütőből kivéve vízzel átkentem, majd rácsra téve 45 perc alatt szobahőmérsékletűre hűtöttem (5. ábra). A szőlőmaggal dúsított tészták azonos módon készültek, azonban az eredeti lisztmennyiséget szőlőmaggal helyettesítettem a 2. táblázatban látható százalékban, amit a liszttel szárazon elkeverve adagoltam a tésztához.



5. ábra A kontroll minták kelesztés előtt és után, valamint megsütve

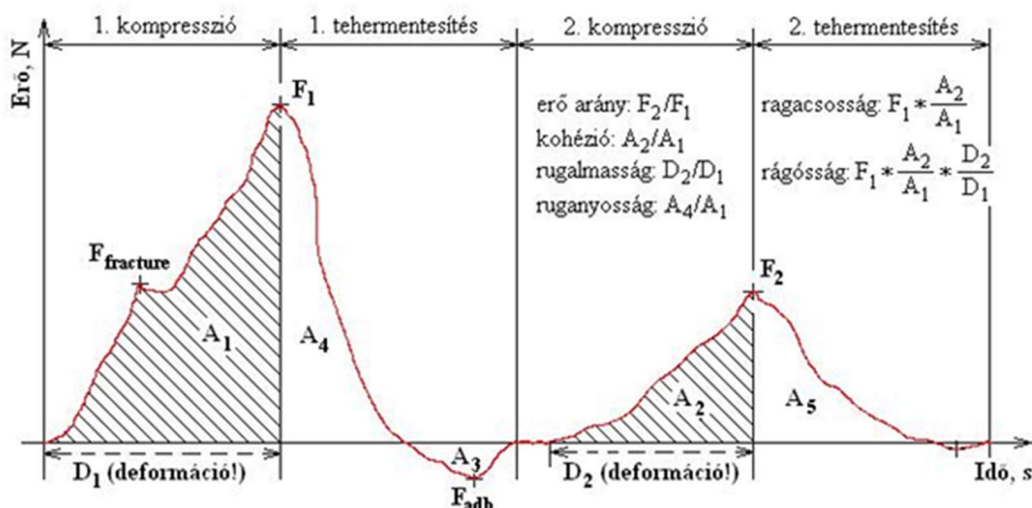
4.1.Színmérés

A színmérést a kenyér bélzetén és héján mintánkként három ismétléssel végeztem, így 1-1 koncentráció esetén 27 színeredményt rögzítettem a bélzetről és héjról egyaránt. A méréseket ColorLite sph850 típusú spektrofotométerrel (ColorLite GmbH, Katlenburg-Lindau, Németország) végeztem. A használt színmérő készülékkel a CIE Lab paramétereket mértem, úgy, mint L^* - világossági tényező, a^* - vörös-zöld színezeti jellemző, b^* - kék-sárga színezeti jellemző. Az eredményeket befolyásolta volna a bélzet porózussága, így a bélzetet a felületi szín megmérése előtt tömörítettem.

4.2.Állomány vizsgálat

A kisütött zsemlék állományvizsgálatát SMS TA.Xtplus precíziós állománymérő berendezéssel (Stable Micro Systems, Surrey, Anglia) végeztem. A készülék számos feltételnek és mérőfejének köszönhetően az élelmiszerek széles körét képes vizsgálni roncsolásmentes és roncsolásos módszerekkel egyaránt. A kisütött zsemlék bélzetének vizsgálatához TPA tesztet végeztem, amit két harapás tesztnek is neveznek. A mérések során a zsemléket a készülékhez tartozó kiegészítő eszközével, a párhuzamos szeletelővel a zsemlék talpát és kalapját levágva 25 mm vastag korongokat vágtam ki, és az A/BE-d35 típusú akril koronggal nyomtam meg a bélzetet Tóth és munkatársai. (2022) cikke alapján a

minták magasságának 50%-ig terhelve 5 mm/s sebességgel, a két harapás között eltelt idő 5 s volt. A fő leíró paraméterek a meghatározható 7 tulajdonságból a keménység (N) (azaz az első kompresszió során mért maximális erő), összetartó képesség (-), azaz kohézió és a rugalmasság voltak, melyek meghatározását a 6. ábra magyarázza. Az egyes koncentrációkon 9 ismétléssel végeztem a mérést.



6. ábra Élelmiszer jellegzetes TPA mérési görbéje kiértékelési magyarázattal (Csima, 2015)

4.3. Az összes polifenol tartalom meghatározása

Az összes polifenol tartalom (TPC – total polyphenol content) meghatározása Singleton és Rossi által leírt spektrofotometriás módszerrel (1965), Folin-Ciocalteu reagens használatával történt. A reagens tartalmaz egy sárga színű Mo^{6+} iont, amely képes az antioxidánsoktól elektront elvenni. Ennek eredménye, hogy redukálódik és kék színű Mo^{5+} ion keletkezik. A keletkezett kék színű anyag spektrofotométerrel detektálható 760 nm-en. A módszer alkalmazása során kimutathatók a vízben oldható, elektron leadásra képes antioxidánsok is, amelyek képesek redukálni a reagenst. A reakció lúgos pH-n végzendő és hátránya, hogy nem teljesen szelektív a polifenolokra (Hegedűs, 2013).

Oldószerként a mérendő minták előkészítéséhez Levent (2019), valamint Yeşil és Levent (2022) kutatók cikkei alapján alkalmazott alkoholos extrakciós oldatot használtam, 8:1:1 (80%-os metanol; 1%-os sósav; desztillált víz) arányban. A mintáimat DLAB MX-S Vortex keverővel (DLAB Instruments Ltd, Dlaboratory, Lund, Svédország) 1 percre kevertem, majd 2 órán át 200 rpm fordulatszámmal, 25 °C hőmérsékleten rázattam Gerhardt termosztálható körkörös síkrázóval. A rázást követően Hettich MIKRO 22 R laboratóriumi centrifugában

20 percig 6000 rpm fordulatszámon centrifugáltam 20° C-os hőmérsékleten. A tiszta felülúszókat egészen a mérés kezdetéig -32°C-on tároltam. A méréseknél 6 párhuzamost végeztem, majd az eredményeket galluszsavból készített kalibrációs görbe segítségével mg GSE (galluszsav)/100 g élelmiszer értékben adtam meg.

4.4. Az összes antioxidáns aktivitás mérése

Az összes antioxidáns aktivitás mérése FRAP módszerrel történt. A mérést savas közegben kell végeznünk, melyben az antioxidánsok a Fe^{3+} ionokat leredukálják Fe^{2+} ionokká. Ha a redukció megtörtént, egy színes komplexet kapunk, amelyet spektrofotométerrel mérhetünk 593 nm-en. A mérésekhez a következő oldatokra van szükség: Na-acetát puffer (pH=3,6), $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, tripiridil-s-triazin oldat. Az eredményeket aszkorbinsavra készített kalibrációval értékeljük ki (Bódi, 2007).

4.5. Aminosav analízis

A minták aminosav összetételének meghatározásához a zsemleket homogenizáltam, majd 0,3-0,4 g fehérjének megfelelő mennyiséget bemértem a mintákból analitikai mérlegen egy 12 cm³-es hidrolizáló csőbe. Majd 10 cm³ mennyiségű, 6 M HCl oldatot adagoltam hozzá, nitrogénnel történő átbuborékoltság után lezártam a hidrolizáló csöveket egy teflonbetétes kupakkal, majd 24 órán át, 110 °C-on hidrolizáltattam a mintáimat blokktermosztátban. A termosztálási idő letelte után megvártam, míg a mintáim szobahőmérsékletre hűlnek, majd semlegesítettem az oldatokat 10 cm³ 4 M NaOH-val. Ezt követően egy 25 cm³-es normál lombikba maradéktalanul átmostam és jelre töltöttem a mintákat desztillált vízzel. A minta alapos homogenizálását követően redős szűrőn keresztül átszűrtem az oldatokat és ezt követően egy 0,22 µm-es fecskendőszűrővel egy második szűrést is elvégeztem a megfelelő tisztaság érdekében. A mintákat további 10-szeres hígításban mértem. A savas hidrolízis miatt a triptofán ezzel a módszerrel nem volt meghatározható, mivel annak indolcsoportja elbomlik. A meghatározott módszerrel előkészített mintákat a kromatográfiás mérésig fagyasztoán tároltam (Pálmai, 2017).

Az aminosav-analízist folyadék kromatográfiás módszerrel végeztem el, melyhez egy AAA 400 típusú (Ignos Kft., Csehország) Automatikus Aminosav Analizátort használtam. Az elválasztás során gradiens elúciót alkalmaztam, melyhez a gyártó által megadott összetételű

lítium-citrát alapú puffereket használtam (Pálmai, 2017). A készülék paramétereit a 3. táblázat foglalja össze:

3. táblázat AAA 400 típusú aminosavanalizátor mérési paramétereit

Mintaadagoló	A mintát perisztaltikus pumpa szívja fel. Mintatérfogat: 100 µl Mintatartó tárcsa: 25 x 1,5 ml
Puffer	Li ⁺ -citrát puffer rendszer
Eluens	Áramlási sebessége: 0,25 cm ³ /min
Pumpák	Anyaga: saválló acél Állítható szállítás: 0,01-10 ml/min Legnagyobb nyomás: 40 MPa
Oszlop	Üvegoszlop Oszlopméret: 200 x 3,7 mm Oszlophőmérséklet: 45 °C és 65 °C között Kationcserélő gyanta típusa: OSTION LG ANB
Reaktor	Reaktorhőmérséklet: 121 °C
Reagens	ninhidrin Áramlási sebessége: 0,25 cm ³ /min
Detektor	Kétcsatornás fotométer: 440 – 570 nm Küvetta térfogata: 5µl
Analízis idő	200 min
Kimutatási határ	0,5 µmol/dm ³

A kromatogramok kiértékelését a CHROMULAN V 0,28 (PIKRON, Csehország) program alkalmazásával hajtottam végre. Az eredményeket µg/g minta értékben adtam meg.

4.6. Statisztikai analízis

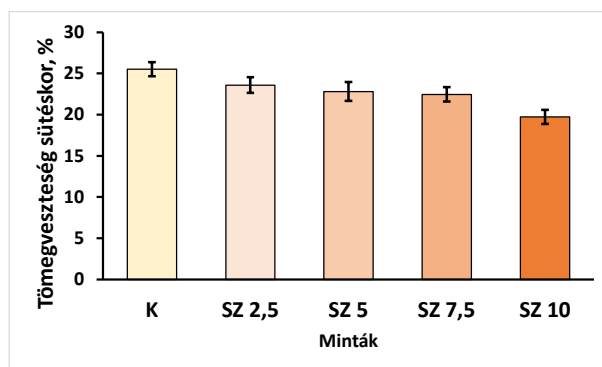
Az eredmények kiértékelése során a TPA mérés görbéit a használt állományvizsgáló készülék Exponent szoftverében található makró segítségével értékeltem ki. A statisztikai táblázat összeállításához, továbbá az átlag és szórás alapján végzett adatredukcióhoz, valamint a diagramokhoz az MS Excel 2019 programot használtam.

A szőlőmagliszttel dúsított zsemlelék közötti szignifikáns különbség elemzéséhez IBM SPSS 29.0 szoftverrel egytényezős varianciaanalízist (ANOVA) és post-hoc tesztet végeztem (Tukey, Games-Howell teszt) azokkal a paraméterekkel, ahol legalább három ismételtes állt a rendelkezésemre. Emellett lineáris diszkriminancia analízist (LDA) is végeztem keresztvalidációval a fizikai paraméterek vizsgálatára.

5. Kísérleti eredmények és kiértékelésük

5.1. Tömegveszteség

A mindennapi gyakorlatból ismert, hogy a sütés során tömegveszteséggel kell számolni. A mintáim sütés során bekövetkező tömegveszteségét a 7. ábra szemlélti. Látható, hogy a kontrollminták (K) tömegvesztesége volt a legnagyobb, és a szőlőmagliszt mennyiségének növekedésével arányosan csökkent a tömegveszteség mértéke.



7. ábra Minták sütési tömegvesztesége

Varianciaanalízissel (ANOVA) összehasonlítottam a kontroll csoport mintáit és a szőlőmaglisztes csoportok tömegveszteség értékeit $p < 0,05$ érték mellett, a kapott eredményeket az 4. táblázat tartalmazza. Megállapítottam, hogy szignifikánsan csak a kontroll minta különült el a többi mintától.

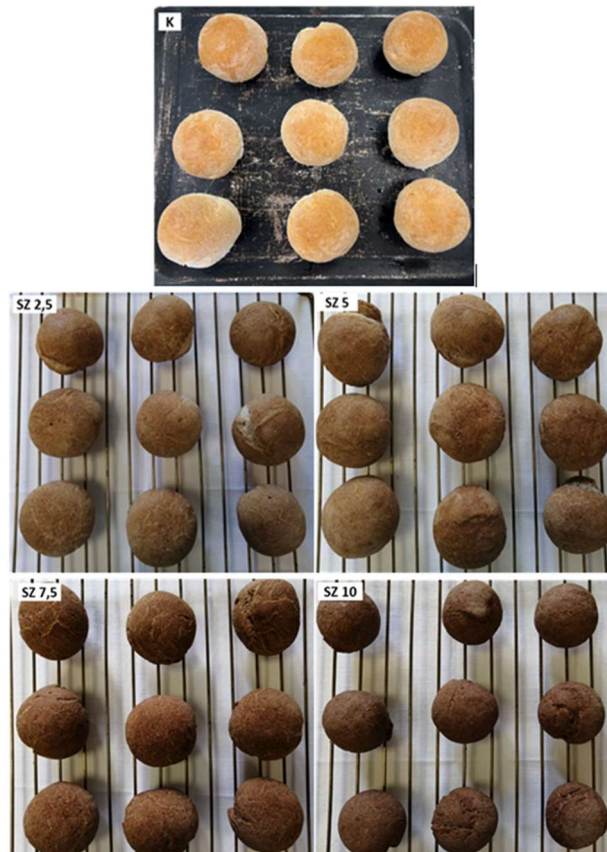
4. táblázat Sütési tömegveszteség (%) varianciaanalízis eredménye ($p < 0,05$)

	K	SZ 2,5	SZ 5	SZ 7,5	SZ 10
K					
SZ 2,5	+				
SZ 5	+	-			
SZ 7,5	+	-	-		
SZ 10	+	-	-	-	

A sütési tömegveszteség eredményei alapján elmondható, hogy a szőlőmagliszt hozzáadásával csökkent a tömegveszteség mértéke, ami a magliszt vízmegkötő képességével lehet összefüggésben.

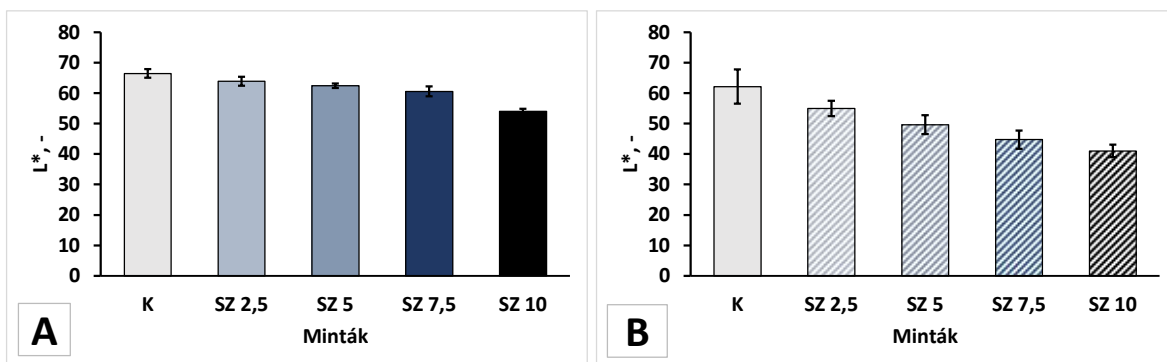
5.2.Színmérés

A színmérés eredményeit a nyers tészta és a sült zsemlék bélzete alapján a következőkben szeretném ismertetni. A 8. ábrán az egyes receptúrák kisült zsemléi láthatóak. Megállapítható, hogy a növekvő szőlőmagliszt mennyiségének következtében a zsemlék egyre kisebbek és tömörebbek lettek, emellett a repedezettségük is jobban látszik.



8. ábra A kisült zsemlék a különböző magliszt-koncentráció mellett

Az L^* világossági tényező értékei a nyers és sült tészták esetében is csökkentek a szőlőmagliszt koncentrációjának növelésével arányosan (9. ábra).



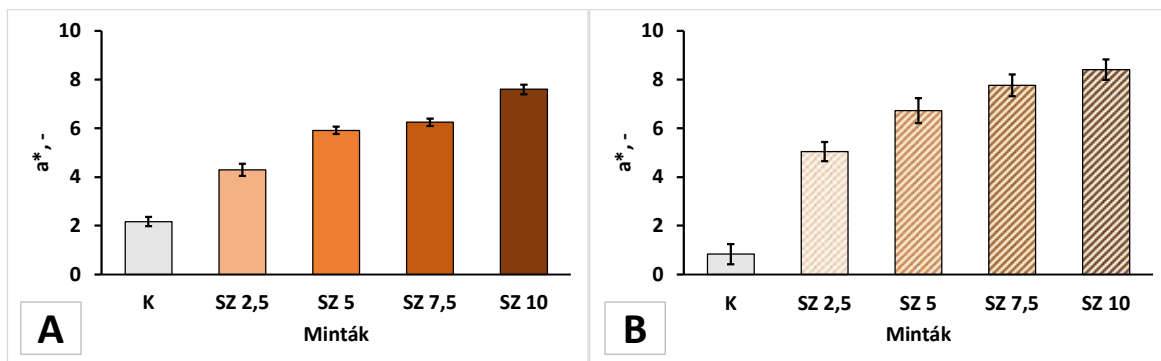
9. ábra A nyers- (A) és sült zsemlek (B) világossági tényezője a kontroll és a különböző magliszt-koncentrációk mellett

A csökkenő L^* értékek mellett látható a sült bélzet esetében az egyes koncentrációk nagyobb mértékű elkülönülése is. Ezt az eredményt az 5. táblázatban látható varianciaanalízis eredménye is megerősítette, ami alapján szignifikánsan elkülönült egymástól az összes csoport, annak ellenére, hogy a csoporton belüli szórások nagyobbak voltak a nyers tésztához képest. A nagyobb szórást véleményem szerint a bélzet porozitása okozhatta.

5. táblázat A nyers- (bal) és sült tészta (jobb) világossági tényezőinek varianciaanalízis eredménye ($p < 0,05$)

	K	SZ 2,5	SZ 5	SZ 7,5	SZ 10		K	SZ 2,5	SZ 5	SZ 7,5	SZ 10
K						K					
SZ 2,5	+					SZ 2,5	+				
SZ 5	+	-				SZ 5	+	+			
SZ 7,5	+	+	+			SZ 7,5	+	+	+		
SZ 10	+	+	+	+		SZ 10	+	+	+	+	

A vörös-zöld színezeti jellemző (a^*) eredményei a 10. ábrán láthatóak. A növekvő koncentráció az a^* értékének növekedését eredményezte, emellett a sütés hatására a szőlőmaglisztes minták a^* értéke megnőtt. A szórás a világossági tényezőhöz hasonlóan itt is nagyobb volt a sütést követően. A varianciaanalízis alapján megállapítható, hogy a nyers- és sült tészta esetében is szignifikánsan elkülönültek egymástól a csoportok.

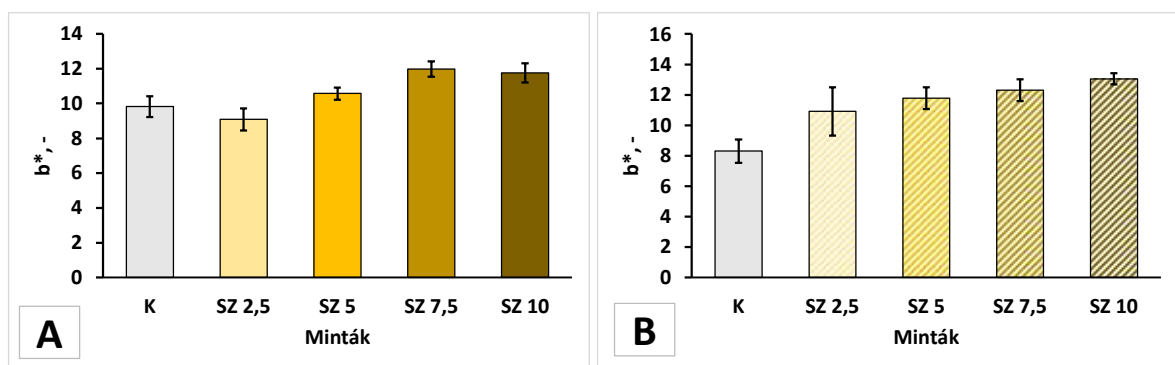


10. ábra A nyers- (A) és sült zsemlek (B) vörös-zöld (a^*) színezeti tényezője különböző magliszt-koncentráció mellett

6. táblázat A nyers- (bal) és sült tészta (jobb) vörös-zöld tényezőinek varianciaanalízis eredménye ($p < 0,05$)

	K	SZ 2,5	SZ 5	SZ 7,5	SZ 10		K	SZ 2,5	SZ 5	SZ 7,5	SZ 10
K						K					
SZ 2,5	+					SZ 2,5	+				
SZ 5	+	+				SZ 5	+	+			
SZ 7,5	+	+	+			SZ 7,5	+	+	+		
SZ 10	+	+	+	+		SZ 10	+	+	+	+	

A kék-sárga színezeti jellemző (b^*) eredményei a 11. ábrán láthatóak. A növekvő koncentráció hatására a b^* értékének növekedése volt tapasztalható, azonban a nyers tészták esetében (11.A ábra) a kontroll minta b^* értéke magasabb volt, mint a legkisebb szőlőmagliszt koncentrációval készült tésztáé. Ezt véleményem szerint egy nem tökéletes homogenizálás eredményezte. A sütést követően ismét jelentkezett az értékek nagyobb szórása (11.B ábra), aminek hatására a b^* értékének növekedése ellenére nem különültek el szignifikánsan az egymást követő csoportok, ám a kontroll csoport teljesen elkülönült a szőlőmaglisztes mintáktól (7. táblázat).



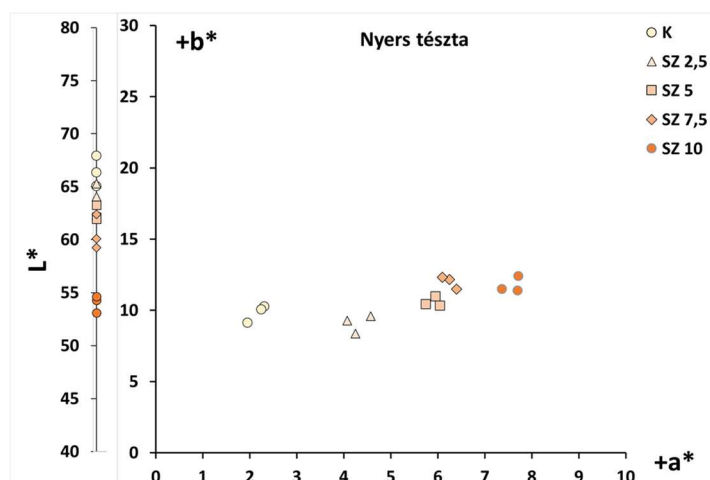
11. ábra A nyers- (A) és sült zsemle (B) kék-sárga (b^*) színezeti tényezője különböző magliszt-koncentráció mellett

7. táblázat A nyers- (bal) és sült tészta (jobb) kék-sárga tényezőinek varianciaanalízis eredménye ($p < 0,05$)

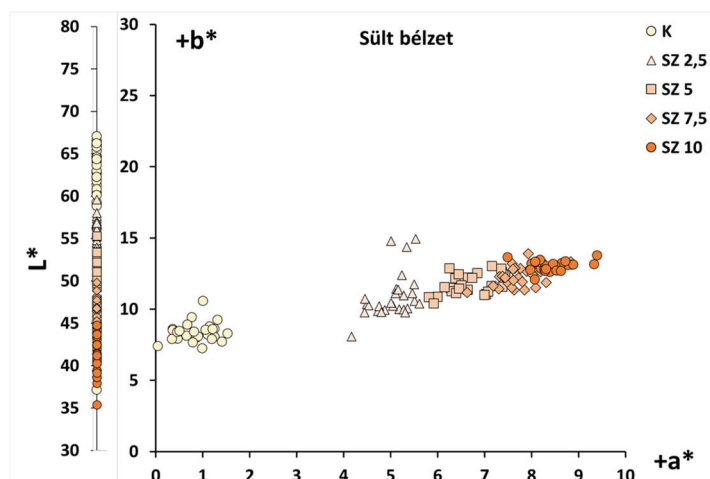
	K	SZ 2,5	SZ 5	SZ 7,5	SZ 10		K	SZ 2,5	SZ 5	SZ 7,5	SZ 10
K						K					
SZ 2,5	+					SZ 2,5	+				
SZ 5	+	+				SZ 5	+	-			
SZ 7,5	+	+	+			SZ 7,5	+	+	-		
SZ 10	+	+	+	-		SZ 10	+	+	+	-	

A színparaméterek együttes hatását is megvizsgáltam (nyers - 12. és sült tészta 13. ábra). A nyers tészták esetében az a^* és b^* értékek együttes hatása alapján a csoportok jól elkülönülnek egymástól és a bal oldali függőleges tengelyen látható L^* értékek szerint is

látható a szétválás. A sült bélzet esetében mindhárom színparaméter esetében átfedések láthatóak a szomszédos csoportok között.



12. ábra A nyers tészták színe CIE Lab színrendszerben



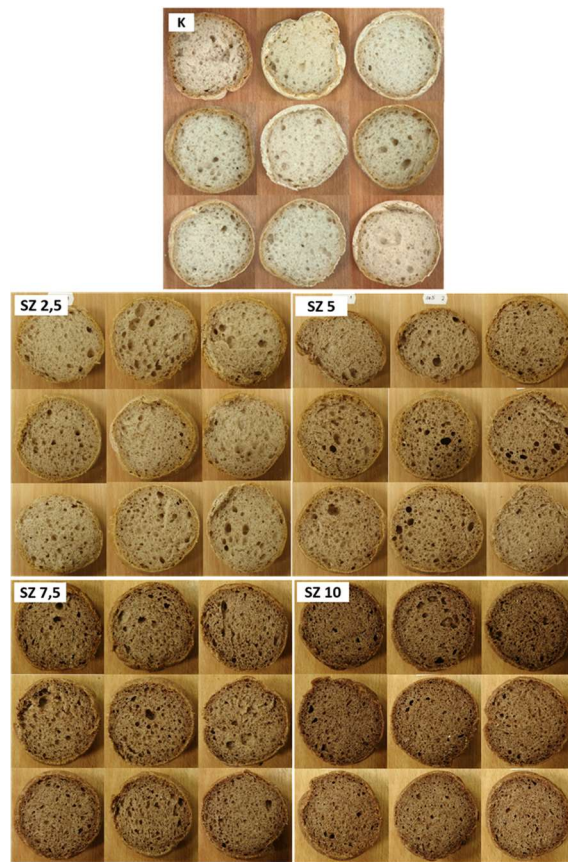
13. ábra A sült zsemlek bélzetének színe CIE Lab színrendszerben

A színmérési eredmények alapján elmondható, hogy a CIE Lab paraméterek a nyers tészta esetében erős paraméterek a különböző szőlőmag-koncentrációjú minták egymástól, valamint a kontroll mintától való megkülönböztetése szempontjából.

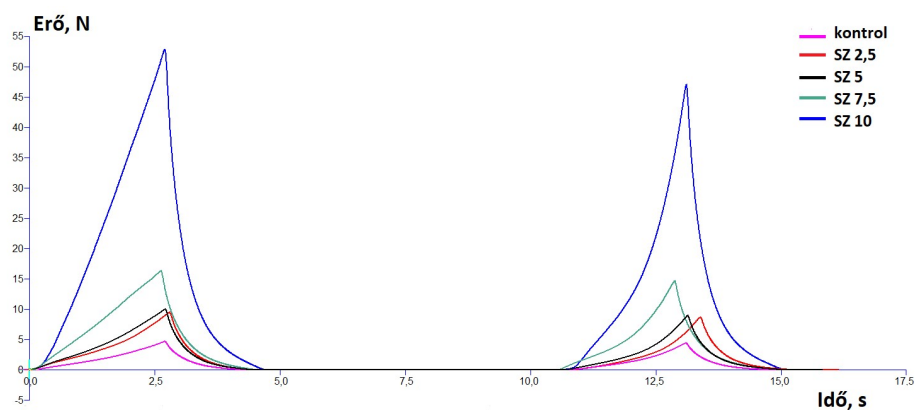
5.3. Állományvizsgálat

Állományvizsgálatként TPA teszttel vizsgáltam az egyes receptúrák alapján készített termékeket. A kiértékelés során meghatározott keménység, kohézió, valamint rugalmasság eredményeit mutatom be. A 14. ábrán látható a kisütött zsemlek bélzete, ami magyarázatot adhat a TPA mérés eredményeire is. A szőlőmagliszt koncentrációjának növekedésével a bélzet színe mellett - amit a színmérés eredményeinek bemutatásánál korábban kifejtettem a

13. ábra segítségével - a bélzet szerkezetének változása is megfigyelhető. A növekvő szőlőmagliszt-koncentráció hatására tömörödött a szerkezet, ezáltal a minták bélzete keményebbé vált. Ez könnyebben törhetővé tette a mintákat, ezáltal csökkenő kohézióra lehetett számítani. A növekvő keménység ellenére a rugalmasság másképp viselkedik. Ennek oka a TPA görbe alakulásában keresendő, aminek példáit a kontroll, valamint az egyes szőlőmag-koncentrációk esetében a 15. ábra mutatja be. Látható, hogy a szőlőmagliszt mennyiségének növekedésével az első harapással együtt a második harapásnál is egyre nagyobb erő szükséges, emellett azonban megfigyelhető a második harapásnál az erőcsúcs eltolódása és az addig tartó görbeszakasz növekvő mértékű deformálódása.

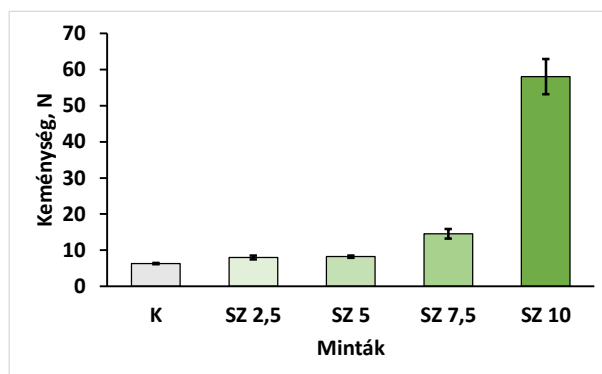


14. ábra A nyers- (A) és sült zsemlék (B) bélzete különböző szőlőmagliszt-koncentráció mellett



15. ábra Kiválasztott TPA görbék a mért csoportokból

A 16. ábrán a keménység alakulásában látható, hogy a növekvő koncentráció hatására nőtt a zsemlek keménysége, de a két kisebb szőlőmag-koncentráció nem mutatott számottevő különbséget a kontroll mintákhoz képest. Ezzel szemben az SZ 7,5 minták keménysége közel duplájára, míg az SZ 10 mintáké közel hatszorosára nőtt a kontrollhoz képest.



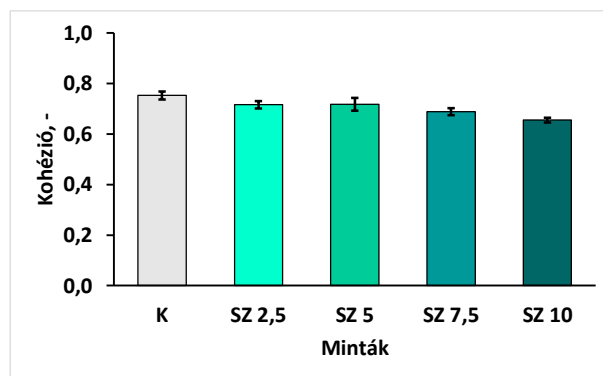
16. ábra A keménység (N) alakulása a különböző receptúrájú sült zsemle-bélzet esetén

A varianciaanalízis (8. táblázat) megerősítette a kapott eredményeket, csak az SZ 2,5 és SZ 5 minták között nem látható szignifikáns különbség.

8. táblázat A keménység (N) varianciaanalízis eredménye ($p < 0,05$)

	K	SZ 2,5	SZ 5	SZ 7,5	SZ 10
K					
SZ 2,5	+				
SZ 5	+	-			
SZ 7,5	+	+	+		
SZ 10	+	+	+	+	

A 17. ábrán a kohézió, azaz a szerkezet összetartó képességének eredményei láthatóak. Ez alapján elmondható, hogy a kontroll minta kohéziója bizonyult a legnagyobbnak, ezen képességet csökkentette a szőlőmagliszt adagolása. A 9. táblázat ANOVA eredménye alapján 10% szőlőmagliszt adagolásával szignifikánsan csökken a kohézió.

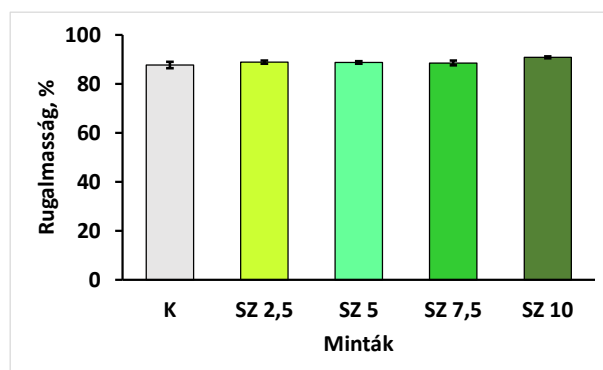


17. ábra A kohézió (-) alakulása a különböző receptúrájú sült zsemle-bélzet esetén

9. táblázat A kohézió (-) varianciaanalízis eredménye ($p < 0,05$)

	K	SZ 2,5	SZ 5	SZ 7,5	SZ 10
K					
SZ 2,5	-				
SZ 5	-	-			
SZ 7,5	+	-	-		
SZ 10	+	+	+	+	

A rugalmasságot megvizsgálva megállapítható, hogy nincs jelentős különbség a szőlőmagliszt adagolásakor, csupán a legnagyobb szőlőmagliszt-koncentrációval érhető el szignifikáns különbség (18. ábra és 10. táblázat). Visszaulva a 15. ábrára, az ott tapasztalt változások a TPA görbén okozhatják a rugalmasság enyhén növekvő értékét.



18. ábra A rugalmasság (%) alakulása a különböző receptúrájú sült zsemle-bélzet esetén

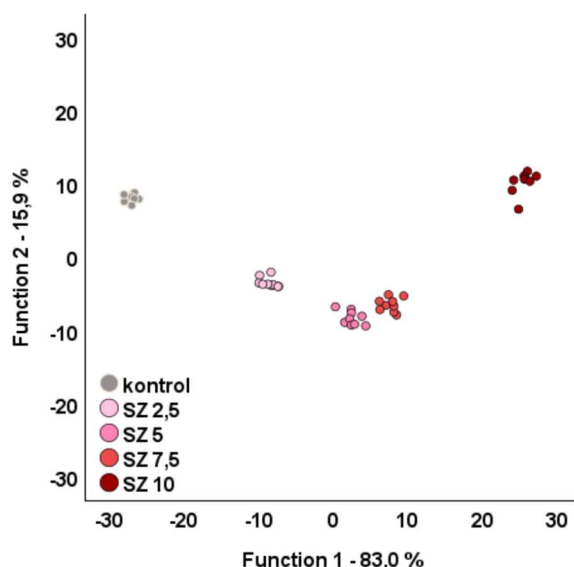
10. táblázat A rugalmasság (%) varianciaanalízis eredménye ($p < 0,05$)

	K	SZ 2,5	SZ 5	SZ 7,5	SZ 10
K					
SZ 2,5	-				
SZ 5	-	-			
SZ 7,5	-	-	-		
SZ 10	+	+	+	-	

Az állományvizsgálat során meghatározott keménység, kohézió és rugalmasság paraméterek eredményei változást mutattak a szőlőmagliszt mennyiségének növekedésével, azonban ezek közül csak a keménység esetében mutatnak szignifikáns különbséget az egyes csoportok.

5.4. Diszkriminancia analízis

A fizikai mérések esetében megvizsgáltam a csoportok elkülöníthetőségét, valamint meghatároztam, hogy melyik paraméter a legerősebb a csoportosításban. A 19. ábra a zsemleminták diszkriminancia analízise a sütési tömegveszteség, a nyers- és a sült tészta L*, a* és b* értékei, valamint a TPA mérés során meghatározott keménység, kohézió és rugalmasság eredményei alapján. Az első két változó (Function1-Function2) a variancia 98,9%-át írta le.



19. ábra A zsemleminták diszkriminancia analízise (Function1-Function2) az összes fizikai paraméter eredménye alapján

A 11. táblázatban bemutatott kereszt-validáció eredménye azt mutatja, hogy a felállított klasszifikációs modell 100%-os besorolásra képes.

11. táblázat A zsemle csoportok diszkriminancia elemzésének kereszt-validációs táblázata a sütési tömegvesztés, a nyers- és a sült tészta L*, a* és b* értékei, valamint keménység, kohézió és rugalmasság eredményei alapján

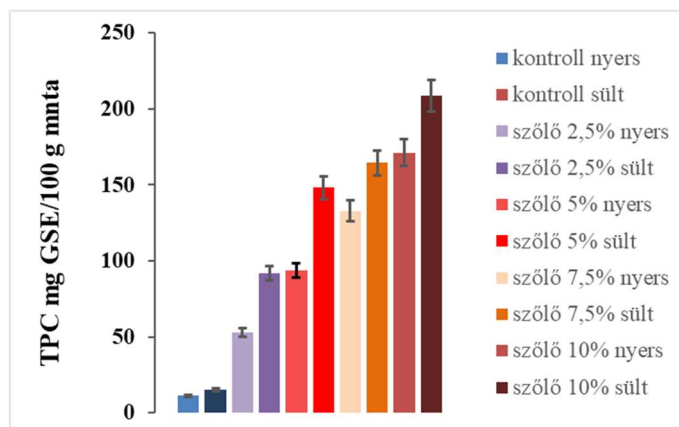
eredeti csoportok	csoportba sorolás						kereszt-validáció					
	kontrol	SZ 2,5	SZ 5	SZ 7,5	SZ 10	összesen	kontrol	SZ 2,5	SZ 5	SZ 7,5	SZ 10	összesen
kontrol	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
SZ 2,5	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00
SZ 5	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00
SZ 7,5	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	100,00
SZ 10	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00
összesen	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Tovább vizsgálva a paramétereket megállapítottam, hogy a nyers tészta L*, a* és b* értékei a felelősek a fenti eredményért. A sült zsemle bélzetének L*, a* és b* értékei rosszabb eredményt mutattak, itt a csoportba sorolás és kereszt-validáció 86,6% és 84,4% volt, míg a TPA három paraméterével 82,2% és 71,1%-os besorolás valósult meg. A nyers tészta színjellemzőit kihagyva az eredmények minden esetben rosszabbak voltak. Összességében tehát a nyers tészta L*, a* b* értékei a legdominánsabbak az csoportosíthatóság szempontjából.

A meghatározott fizikai paraméterek alapján végzett diszkriminancia analízis az összes paramétert figyelembe véve tökéletesen elkülönítette egymástól a csoportokat, ami a nyers tészta színjellemzőinek erős jelenlétének köszönhető, ezeket elhagyva rosszabb volt a csoportok elkülönülésének hatásfoka.

5.5. Az összes polifenoltartalom (TPC) meghatározása

Meghatároztuk a nyers és sült zsemle összes polifenol tartalmát 100 g mintára vonatkoztatva. A 20. ábra a mért átlagértékeket mutatja be. A szőlőmagliszt hozzáadásával a minták polifenol tartalma 2,5-5,3-szeresére nőtt a sült tésztákban. A sült zsemle tapasztalt növekedés a nyers tésztákhoz képest a nedvességtartalom eltávozásának köszönhető. Mivel a zsemle készre sült formában kerülnek fogyasztásra, a sült minták polifenol tartalmának van jelentősége a bevitel szempontjából.



20. ábra A nyers és sült tésztákban mért összes polifenol tartalom (mg GSE/100 g minta)

A polifenolok nem esszenciális tápanyagok, de fogyasztásuknak meghatározó szerepe van a krónikus betegségek megelőzésében, ezért dúsításuk a gluténmentes termékekben fontos tényező a cöliákiás betegek táplálkozásában.

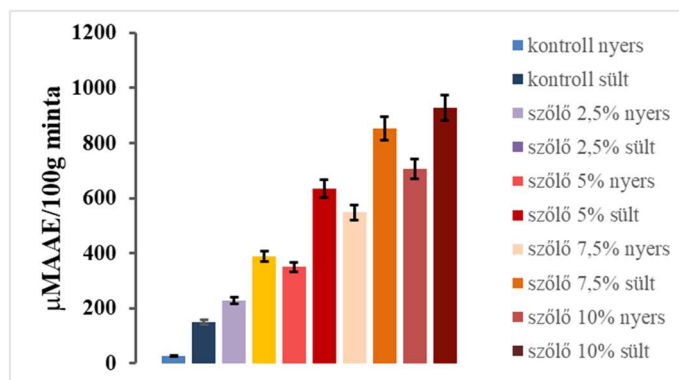
A polifenolok hőre érzékeny vegyületek. Annak megállapítására, hogy a sütés csökkenti-e a TPC értéket, a jobb összehasonlíthatóság érdekében átszámoltam a koncentrációkat a zsemlek szárazanyagára. A 12. táblázat mutatja be az így kapott értékeket. A negatív számok a TPC tartalom csökkenését jelzik. A 10 % körüli változások valószínűleg inkább a minta inhomogenitásának köszönhetőek, mint a hőkezelésnek, hiszen növekedést és csökkenést is találtunk az értékekben. A sült zsemlek mért polifenoltartalma összességében mindenképpen emeli a termékek táplálkozási értékét.

12. táblázat A minták szárazanyagra (sz.a.) vonatkoztatott összes polifenol tartalmának (TPC) változása a sütés hatására.

Minta	nyers tészta		sült tészta		TPC változás
	sz.a. %	mg GSE /100g sz.a.	sz.a. %	mg GSE /100g sz.a.	
<i>kontroll</i>	54,11	20,84	77,3	19,54	-6,20
<i>szőlő 2,5%</i>	53,15	99,49	80,29	114,30	14,88
<i>szőlő 5%</i>	52,56	178,91	78,32	189,29	5,80
<i>szőlő 7,5%</i>	55,66	238,90	76,67	214,70	-10,13
<i>szőlő 10%</i>	55,66	307,75	78,85	264,54	-14,04

5.6.Összes antioxidáns kapacitás (FRAP) meghatározása

Az összes antioxidáns kapacitást, az ún. FRAP-értéket μM aszkorbinsav/100 g ($\mu\text{MAAE}/100\text{ g}$) nyers illetve sült tészta értékben adtuk meg (21.ábra). Az eredmények tendenciája megegyezik a TPC mérés esetén tapasztaltakéval. A két módszer valójában ugyanazon az elven működik, mindkettő elektronátmeneten alapuló antioxidáns kapacitás mérési módszer. Mivel a növényekben található antioxidáns hatású vegyületek oldhatósága, extrahálhatósága különböző, a szabadgyökökre végbemenő reakciók is szerteágazóak, ezért szokták több módszerrel is meghatározni az antioxidáns kapacitást. A két elvégzett mérés igazolja, hogy a szőlőmaggal történő kiegészítés hatékonyan javítja a zsemlek antioxidáns tulajdonságait hozzájárulva ezzel a gluténmentes táplálkozást folytató fogyasztók egészségének javításához.



21. ábra: A zsemlek összes antioxidáns kapacitása aszkorbinsav egyenértékben FRAP módszer szerint ($\mu\text{MAAE}/100\text{g}$ minta)

A szőlőmag liszttel történő kiegészítés mind a TPC, mind a FRAP módszer szerint növelte a nyers és sült zsemlek antioxidáns hatású vegyületeinek mennyiségét. A gluténmentes lisztkeverék dúsítása a magliszttel tehát élettani szempontból indokolt, eredményes, a hőkezelés sem csökkenti az antioxidáns kapacitást.

5.7.Aminosav analízis

A mérés során két párhuzamosban mértem a minták aminosav tartalmát. Az 12. táblázat adataiból látható, hogy a gluténmentes zsemlek fehérje tartalma (1,2-2,2 %) elmarad a hagyományos péksüteményeknél tapasztaltakhoz képest (10% körül). A szőlőmaggal történő kiegészítés nem emeli meg számottevő mértékben a termék fehérjetartalmát, hiszen kis arányban kerül a termékbe és a kiegészítő magliszt fehérje tartalma sem kiemelkedő

(11,5 %). A kontroll mintához képest (4,82 mg/g minta) azonban az esszenciális aminosavak mennyiségét tekintve javulást értünk el, a szőlőmaglisztrel dúsított mintáink nagyobb mennyiségben tartalmaznak esszenciális aminosavakat (6,39-7,44 mg/g minta). A gabonafélékre jellemzően a lizin tartalom alacsony a lisztkeverékben és ezáltal a kontroll zsemlében (577,17µg/g), melyet sikerült jelentős mértékben megnövelni a szőlőmagliszt hozzáadásával (666,43 - 924,83 µg/g). Ugyancsak fontos, hogy a kén-tartalmú aminosavak mennyisége 384,89 µg/g értékről megnőtt (631,91-733,82µg/g minta) (13. táblázat).

13. táblázat A minták összes aminosav tartalma µg/g minta értékben kifejezve

mikrog/g minta	Szőlőmag 2,5 %		Szőlőmag 5%		Szőlőmag 7,5%		Szőlőmag 10%		Sült kontroll	
	SGSZ25 1	SGSZ25 2	SGSZ5 1	SGSZ5 2	SZMS75 1	SZMS75 2	SZMS10 1	SZMS10 2	KS1	KS2
Aszparaginsav	1600,13	1597,66	1698,08	1714,69	1737,59	1804,69	1941,03	2001,46	1236,82	1233,99
Treonin	673,18	712,65	708,06	775,03	718,23	756,70	718,84	765,35	617,87	579,46
Szerin	938,28	1004,65	933,17	1030,37	1031,08	1124,37	1170,91	1242,65	809,68	719,24
Glutaminsav	3618,09	3712,70	4086,74	3956,49	4373,49	4460,33	5190,55	5297,30	2923,54	2746,81
Prolin	828,01	889,65	1306,84	1299,00	1078,57	1104,68	1101,06	1232,65	736,76	712,21
Glicin	857,26	901,69	995,82	1032,47	1433,02	1398,76	1670,04	1712,15	762,15	762,22
Alanin	999,46	1120,63	980,18	912,64	883,04	901,37	987,41	1054,85	718,75	639,46
Valin	820,35	854,61	843,51	871,63	719,68	804,64	849,63	901,51	632,82	487,23
Metionin	439,05	426,40	424,06	396,57	412,64	445,70	431,21	451,66	276,90	255,11
Cisztein	227,75	231,46	234,08	241,03	194,84	210,65	283,53	301,25	117,01	120,76
Izoleucin	468,89	470,95	497,80	501,30	490,80	512,75	573,97	581,65	336,87	289,83
Leucin	1589,95	1602,65	1639,19	1463,90	1667,29	1703,66	1894,45	1912,35	1329,58	1154,03
Tirozin	347,47	357,13	350,61	348,35	344,95	361,28	374,78	391,76	284,73	218,78
Fenil-alanin	784,32	801,35	775,49	781,70	771,13	791,27	894,27	912,36	626,94	576,23
Lizin	681,08	651,79	664,87	698,79	712,89	768,94	917,20	932,46	615,01	539,33
Hisztidin	331,47	304,75	343,62	365,75	341,78	396,75	397,42	401,78	334,26	248,55
Imhis	208,62	225,59	276,10	302,15	212,44	254,65	225,91	203,61	116,43	94,08
Arginin	876,70	914,64	1028,78	1174,36	1071,36	1126,79	1322,89	1158,65	734,92	638,20
summa	16290,06	16780,92	17787,02	17866,18	18194,81	18927,95	20945,10	21455,44	13211,02	12015,53
mg/g	16,29	16,78	17,79	17,87	18,19	18,93	20,95	21,46	13,21	12,02
%	1,63	1,68	1,78	1,79	1,82	1,89	2,09	2,15	1,32	1,20

Az esszenciális aminosavak bevitelét nem csak összes mennyiségében, hanem a szükséglethez képest is értékelnünk kell. Ehhez meg kell vizsgálni a FAO/WHO alkotta referencia fehérjéhez képest az egyes aminosavak arányát a termékben µg/g protein értékben kifejezve (14. táblázat). A referencia fehérje korcsoportokra vonatkoztatva adja meg az emberi szervezet számára szükséges esszenciális aminosavak mennyiségét a fehérjében. Mintáimat a felnőtt szükségletnek megfelelő adatokkal vettem össze (referencia fehérje 15. táblázat).

14. táblázat A sült minták esszenciális aminosavtartalma µg/g minta értékben

Aminosav µg/g minta	kontroll	Szőlőmag 2,5%	Szőlőmag 5%	Szőlőmag 7,5%	Szőlőmag 10 %
<i>Hisztidin</i>	291,40	318,11	354,68	369,27	399,60
<i>Izoleucin</i>	313,35	469,92	499,55	501,77	577,81
<i>Leucin</i>	1241,81	1596,30	1551,54	1685,47	1903,40
<i>Lizin</i>	577,17	666,43	681,83	740,92	924,83
<i>Metionin + cisztein</i>	384,89	662,33	647,87	631,91	733,82
<i>Fenilalanin + tirozin</i>	853,34	1145,13	1128,07	1134,32	1286,58
<i>Treonin</i>	598,66	692,91	741,54	737,46	742,09
<i>Valin</i>	560,02	837,48	857,57	762,16	875,57
<i>Summa</i>	4820,64	6388,62	6462,67	6563,28	7443,71
Summa mg/g	4,82	6,39	6,46	6,56	7,44

15. táblázat A minták esszenciális aminosav aránya (EAA) a referencia fehérjéhez viszonyítva

Aminosav mg/g fehérje	Referencia fehérje	Szőlőmag 2,5%	EAA	Szőlőmag 5%	EAA	Szőlőmag 7,5%	EAA	Szőlőmag 10 %	EAA	Sült kontroll	EAA
<i>Hisztidin</i>	16,00	19,25	1,20	19,90	1,24	19,87	1,24	18,85	1,18	22,99	1,44
<i>Izoleucin</i>	30,00	28,42	0,95	28,02	0,93	27,03	0,90	27,26	0,91	24,81	0,83
<i>Leucin</i>	61,00	96,55	1,58	87,05	1,43	90,82	1,49	89,79	1,47	98,34	1,61
<i>Lizin</i>	48,00	40,33	0,84	38,25	0,80	39,90	0,83	43,63	0,91	45,72	0,95
<i>Metionin + Cisztein</i>	23,00	40,07	1,74	36,34	1,58	34,03	1,48	34,61	1,50	30,55	1,33
<i>Fenilalanin + Tirozin</i>	41,00	69,26	1,69	63,28	1,54	61,12	1,49	60,69	1,48	67,59	1,65
<i>Treonin</i>	25,00	41,90	1,68	41,59	1,66	39,73	1,59	35,00	1,40	47,50	1,90
<i>Valin</i>	40,00	50,64	1,27	48,10	1,20	41,03	1,03	41,29	1,03	44,23	1,11

A fehérjék felépülése a szervezetben akkor lehetséges, ha minden egyes esszenciális aminosav rendelkezésre áll a szükséges mennyiségben. Ennek megállapítására kiszámolható az esszenciális aminosav arány (EAA), amely a referencia fehérjében található értékekkel veti össze a termékben található megfelelő aminosav mennyiségeket. A legkisebb arányt adó aminosav a limitáló aminosav. Az általam készített zsemlékben a kontroll esetében az izoleucin bizonyult limitáló aminosavnak (EAA=0,83), de a lizin EAA értéke sem érte el az 1-et (0,95), tehát ebből az aminosavból is hiány van a humán felnőtt szükségletéhez képest. A szőlőmagliszttel kiegészített zsemlékben az izoleucin EAA értéke javult, de 1 alatt maradt (0,91-0,95). A lizin EAA értéke azonban kedvezőtlenül változott, 0,80-0,91 közötti értékeket kaptam. Ha teljesértékűvé szeretnénk tenni a zsemléket, további maglisztek kombinációit kell kipróbálnunk. Hüvelyesmagvak, olajos magvak segítségével tudjuk emelni ennek az aminosavnak a mennyiségét.

Az izoleucin az elágazó láncú aminosavak közé tartozik, melyeknek kiemelt szerepe van az izomfehérjék felépülésében. A növényi élelmiszerek közül ez az esszenciális aminosav is nagyobb mennyiségben megtalálható a hüvelyes magvakban, diófélékben.

A szőlőmag liszt hozzáadása az alapanyagokhoz tehát nem komplettálja a gluténmentes lisztkeverékben található fehérjét. Nem is ebből a célból kerül hozzáadásra a tésztához. Táplálkozásélettani szempontból a benne található rostok, ásványi anyagok és az általunk is vizsgált antioxidáns hatású vegyületek járulnak hozzá a gluténmentes táplálkozásból adódó esetleges hiányok javításához. Mennyiségében javul a termékek fehérjetartalma. A zsemlével együtt elfogyasztott élelmiszerek (feltétek, sajtok, húsipari termékek stb.) pedig együttesen biztosítják, hogy a zsemle fehérjetartalma is értékes proteinként épüljön be a szervezetbe.

6. Összefoglalás

Az epidemiológiai vizsgálatok szerint a cöliakia egyre több gyermeket és felnőttet érintő gasztrointesztinális betegség. A betegség kezelésének ma még egyetlen módja létezik: a glutén élethossz tartó kerülése. Ezért élelmiszmérnök hallgatóként célom volt kifejleszteni egy olyan tápértékében dúsított sütőipari terméket, amely összetételében gazdagabb, érzékszervi tulajdonságaiban a hagyományos gluténtartalmú péksüteményeknek megfelel, és technológiailag is megvalósítható termék.

Szakirodalmi kutatásaim során találkoztam a szőlőmagliszt sütőipari felhasználásának lehetőségével, ezért választottam kutatásaimhoz ezt a borászatban melléktermékként nagy mennyiségben keletkező és ilyen úton újrahasznosítható terméket. A szőlőmagliszt kedvező zsírsavösszetétellel rendelkezik, rosttartalma - a feldolgozástól függően – magas, és kiemelkedő antioxidáns kapacitással bír. A gluténmentes lisztkeverékek szőlőmagliszttel történő dúsítása tehát pozitív élettani hatást eredményezhet. A tészta és a végtermék fizikai és kémiai tulajdonságaiban okozott változásokat 2,5 – 5 – 7,5 – 10 %-ban történő hozzáadás mellett vizsgáltam meg.

A sütés során bekövetkező **tömegvesztés** a szőlőmagliszt hozzáadásával egyre kisebb mértékű volt, ami a magliszt vízmegkötő képességgel hozható összefüggésbe.

A magliszt koncentrációjának növelésével egyre sötétebb bélzet és kéreg volt megfigyelhető, ezt a műszeres mérés eredményei is alátámasztották. A **színváltozás** érzékszervileg nem zavaró, a sötétebb szín a teljeskiőrlésű termékekre jellemző barnás árnyalatnak felel meg, tehát a fogyasztóban inkább pozitív hatást vált ki.

Állományvizsgálat mérés során keménységet, rugalmasságot és kohéziót vizsgáltam. A magliszt növekvő koncentrációjának hatására tömörebb szerkezet alakul ki, keményebb lesz a bélzet, ezzel törhetőbb állag jön létre, amely csökkenő kohéziót von maga után. A rugalmasság viszont egészen a 7,5 %-os koncentrációig szinte változatlan. A szőlőmagliszt 10 %-os adagolásánál már megfigyelhető a nagyobb ellenállás a mérés során.

Kémiai mérések során antioxidáns kapacitás mérést és aminosav analízist végeztem. A szőlőmag liszttel történő kiegészítés mind a TPC, mind a FRAP módszer szerint növelte a nyers és sült zsemlek **antioxidáns** hatású vegyületeinek mennyiségét. A hőkezelés sem csökkentette az antioxidáns kapacitást, tehát a lisztkeverék dúsítása a magliszttel eredményes, és élettani szempontból indokolt.

A minták **aminosav** tartalmának elemzése alapján megállapítottam, hogy a szőlőmagliszt hozzáadása az alapanyagokhoz kismértékű javulást okozott a termék fehérje tartalmában. A magliszt azonban nem komplementálta a gluténmentes lisztkeverékben található fehérjét, erre a célra hüvelyes fehérjék hozzáadása lehet megfelelő. A zsemlével együtt elfogyasztott élelmiszerek (feltétek, sajtok, húsipari termékek stb.) viszont biztosítják, hogy a zsemle fehérjetartalma is értékes proteinként épüljön be a szervezetbe.

Kutatásaimat érzékszervi bírálatok elvégzésével szeretném a folytatni, erre most nem volt lehetőségem. Az elvégzett fizikai és kémiai vizsgálatok igazolták a szőlőmagliszttel történő dúsítás létjogosultságát: mind a technológiai, mind a kémiai paraméterek javultak. Sikerült a cöliákiasok számára egy (saját és tanszéki megítélés alapján) érzékszervileg kedvező tulajdonságú, tápértékében gazdag, technológiailag megvalósítható terméket előállítani szélesítve ezzel a betegek számára rendelkezésre álló termékek körét. Táplálkozásélettani szempontból a szőlőmaglisztben található rostok, ásványi anyagok és antioxidáns hatású vegyületek hozzájárulnak a gluténmentes táplálkozásból adódó esetleges hiányok javításához.

7. Irodalomjegyzék

1. Anton, A., Artfield, S.D. (2008): Hydrocolloids in gluten-free breads: A review. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 59(1), 11–23. DOI:10.1080/09637480701625630
2. Arató A. (2013): Mérőföldkövek az immunmediált bélbetegségek patomechanizmusának megértésében az elmúlt 35 évben. *Orvosi hetilap*, 154 (38), 1512-1523. DOI:10.1556/oh.2013.29710
3. Biesiekierski, J. R. (2016): What is gluten?, *Journal of Gastroenterology and Hepatology* 32(Suppl.1):78-81 DOI:10.1111/jgh.13703
4. Bizzaro, N., Tozzoli, R., Villalta, D., Fabris, M., Tonutti, E. (2012): Cutting-Edge Issues in Celiac Disease and in Gluten Intolerance., *Clinical Reviews in Allergy & Immunology*, 42(3), 279–287. DOI:10.1007/s12016-010-8223-1
5. Bódi Z. (2007): A genetikai Polimorfizmus, címeralkotó elemek és néhány minőségi tulajdonság vizsgálata kukorica genotípusoknál; PhD disszertáció; Debreceni Egyetem; Debrecen
6. Caputo, I., Lepretti, M., Martucciello, S., Esposito, C. (2010): Enzymatic Strategies to Detoxify Gluten: Implications for Celiac Disease, *Enzyme Research*, 174354, 9. DOI: 10.4061/2010/174354
7. Chen, X. S., Ni, J. Z., Thakur, K., Wang, S., Zhang G. J., Shang, F. Y., Wei, J. Z. (2021): Effect of grape seed power on the structural and physicochemical properties of wheat gluten in noodle preparation system. *Food Chemistry*, 355, 129500. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.129500
8. Csima Gy. (2015): Zselatin alapú édesipari termék reológiájának jellemzése; PhD disszertáció; Budapest Corvinus Egyetem; Budapest
9. de la Barca, C. M. A., Martínez-Rojas, E. M., Rubio-Islas, R. A., Chávez-Cabrera, F. (2010): Gluten-Free Breads and Cookies of Raw and Popped Amaranth Flours with Attractive Technological and Nutritional Qualities. *Plant Foods for Human Nutrition*, 65(3), 241-246. DOI: 10.1007/s11130-010-0187
10. Ferreira, R. M. S., de Mello; P. A., Anjosdos, R. C. de M., Krüger, H. C. C., Azoubel, M. P., Alves, O. de A. M. (2016): Utilization of sorghum, rice, cornflours with potato starch for the preparation of gluten- free pasta. *Food Chemistry*, 191, 147-151. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.04.085
11. Flores-Silva, P.C., Berrios, J. D. J., Pan, J., Aceveo-Agama, E., González-Monsalve, A., Pérez-Bello, A. L.(2014): Gluten-free spaghetti with unripe plantain, chickpea and maize: physicochemical, texture and sensory properties. *CyTA-Journal of Food*, 13(2), 159-166. DOI: 10.1080/19476337.2014.929178
12. Gentile, C (edit), Oprea, B. O., Popa, E.M., Apostol, L., Gaceu, L. (2022): Research on the Potential Use of Grape Seed Flour in the Bakery Industry. *Foods* 11(11): 1589. DOI: 10.3390/foods11111589
13. Gui, Y., Chen, G., Tian, W., Yang, S., Chen, J., Wang, F., Li, Y. (2022): Normal rice flours perform better in gluten-free bread than glutinous rice flours. *Journal of Food Science*, Volume 87, Issue 2, p.554-566 DOI: 10.1111/1750-3841.16018
14. Gulcin, I. (2020): Antioxidants and antioxidant methods: an updated overview. *Archives of Toxicology* 94, 651-715 DOI: 10.1007/s00204-020-02689-3
15. Hegedűs A. (2013): Csonthéjas gyümölcsök antioxidáns hatásában megnyilvánuló genetikai variabilitás jellemzése; PhD disszertáció; Budapest Corvinus Egyetem; Budapest

16. Horstmann, S. W., Lynch, K. M., Arendt, E. K. (2017): Starch Characteristics Linked to Gluten-Free Products., *Foods*, 6(4), 29–. DOI:10.3390/foods6040029
17. Kapcsándi V., Hanczné Lakatos E., Sik B., Linka Á.L., Székelyhidi R. (2021): Antioxidant and polyphenol content of different *Vitis vinifera* seed cultivars and two facilities of production of a functional bakery product. *Chemical Papeers*, 75(11), 5711-5717 DOI: 10.1007/s11696-021-01754-0
18. Khoury, E. D., Ducharme, B. S., Joye, J. I. (2018): A Review on the Gluten-Free Diet: Technological and Nutritional Challenge. *Nutrients*, 10(10)1410. DOI:10.3390/nu10101410
19. 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. DOI:10.3920/QAS2018.1538
20. Liu, R.H. (2003): Health benefits of fruit and vegetables are from additive and synergistic combinations of phytochemicals. *Am. J. Clin. Nutr.*, 78: 517S–520S.
21. Ludvigsson, J. F., Leffler, D. A., Bai, J. C., Biagi, F., Fasano, F., Green, P. H. R., Hadjivassiliou, M., Kaukinen, K., Kelly, C. P., Leonard, J. N., Lundin, K. E. A., Murray, J. A., Sanders, D. A., Walker, M. M., Zingone, F., Ciacci, C. (2013): The Oslo definitions for coeliac disease and related terms, *Gut*, 62 (1), 43–52 DOI: 10.1136/gutjnl-2011-301346
22. Martins, B. R., Nunes, C. M., Ferreira, M. M. L., Peres, A. J., Barros, A. N. R. I. A., Raymundo, A. (2020): Impact of Acorn Flour on Gluten-Free Dough Rheology Properties, *Foods*, 9 (5), 560. DOI:10.3390/foods9050560
23. Meral, R., Dogan, S. I. (2013): Grape seed as a functional food ingredient in bread-making., *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 2013 May 64(3)372-379 DOI: 10.3109/9637486.2012.738650
24. Miranda-Villa, P. P., Mufari, R. J., Bergesse, E. A., Calandri, L. E. (2018): Effects of Whole and Malted Quinoa Flour Addition on Gluten-Free Muffins Quality. *Journal of Food Science* DOI: 10.1111/1750-3841.14413
25. Oprea, O.B., Popa, M.E., Apostol, L., Gaceu, L. (2022): Research on the Potential Use of Grape Seed Flour in the Bakery Industry. *Foods* 11(11), 1589; <https://doi.org/10.3390/foods11111589>
26. Padalino, L., Conte, A., DeNobile, A. M. (2016): Overview on the General Approaches to Improve Gluten-Free Pasta and Bread. *Foods*. 5(4), 87. DOI:10.3390/foods5040087
27. Pálmai, K. A. (2017): Hüvelyesek aminosavtartalmának összehasonlítása; Diplomadolgozat; Szent István Egyetem; Budapest.
28. Paz, G. M., King, J.M., Prinyawiwatkul, W., Tyus, C. M. O., Aleman R.J.S. (2020): High-protein rice flour in the development of gluten-free muffins. *Journal of Food Science*. DOI:10.1111/1750-3841.15140
29. 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 DOI: 10.5344/ajev.1965.16.3.144
30. Smídová, Z., Rysová, J. (2022): Gluten-free bread and bakery products technology. *Foods*, 2022 February 7; 11 (3):480 DOI: 10.3390/foods11030480
31. Szűcs V.(szerk.) (2018): *Élelmiszeripari kézikönyv 2. Gluténmentes élelmiszerek* Nemzeti Agrárgazdasági Kamara, Budapest, ISBN 978-615-5307-46-1
32. Tóth M., Kaszab T, Meretei A(2022): Texture profile analysis and sensory evaluation of commercially available gluten-free bread samples *European Food Research and Technology* Vol. 248, 1447–1455 DOI: 10.1007/s00217-021-03944-2

33. Wei, G., Helmerhorst, E. J., Darwish, G., Blumenkranz, G., Schuppan, D. (2020) Gluten Degrading Enzymes for Treatment of Celiac Disease., *Nutrients* MDPI DOI:10.3390/nu12072095
34. Wójcik, M., Różyło, R., Schönlechner, R., Matwijczuk, A., Dziki, D. (2022): Low-Carbohydrate, High-Protein, and Gluten-Free Bread Supplemented with Poppy Seed Flour: Physicochemical, Sensory, and Spectroscopic Properties, *Molecules* 27(5): 1574 DOI:10.3390/molecules27051574
35. Yeşil, S. and Levent, H. (2022): The influence of fermented buck wheat, quinoa and amaranth flour on gluten-free bread quality, *LWT* 160 113301
36. Zannini, E., Jones, M. J., Renzetti, S., Arendt, K. E. (2012): Functional Replacements for Gluten. *The Annual Review of Food Science and Technology* 3(1)227-245 DOI: 10.1146/annurev-food-022811-101203

Internetes hivatkozás

Internet 1.: <https://glutenerzekeny.hu/coliakia-mint-glutenerzekenyseg-tipusai/>

(Megtekintés dátuma: 2023. 02. 11.)

Internet 2.: <https://www.balancefood.hu> (Megtekintés dátuma: 2023. 02. 11.)

Internet 3.: <https://www.peaks-freefrom.com/uk/products/grape-seed-flour/> (Megtekintés dátuma: 2023. 02. 11.)

Ábrajegyzék

1. ábra	Az egészséges és cölikáliás bélszövet (Internet 1)	6
2. ábra	A cöliákia gyakoriságának világtérképe (Szűcs, 2018).....	8
3. ábra	A gluténmentes lisztkeverék összetétele	19
4. ábra	A szőlőmagliszt összetétele.....	19
5. ábra	A kontroll minták kelesztés előtt és után, valamint megsütve	21
6. ábra	Élelmiszer jellegzetes TPA mérési görbéje kiértékelési magyarázattal	22
7. ábra	Minták sütési tömegvesztesége	25
8. ábra	A kisült zsemlek a különböző magliszt-koncentráció mellett.....	26
9. ábra	A nyers- (A) és sült zsemlek (B) világossági tényezője a kontroll és a különböző magliszt-koncentrációk mellett.....	27
10. ábra	A nyers- (A) és sült zsemlek (B) vörös-zöld (a*) színezeti tényezője különböző magliszt-koncentráció mellett.....	27
11. ábra	A nyers- (A) és sült zsemlek (B) kék-sárga (b*) színezeti tényezője különböző magliszt-koncentráció mellett.....	28
12. ábra	A nyers tészták színe CIE Lab színrendszerben.....	29
13. ábra	A sült zsemlek bélzetének színe CIE Lab színrendszerben.....	29
14. ábra	A nyers- (A) és sült zsemlek (B) bélzete különböző magliszt-koncentráció mellett	30
15. ábra	Kiválasztott TPA görbék a mért csoportokból	31
16. ábra	A keménység (N) alakulása a különböző receptúrájú sült zsemle-bélzet esetén.....	31
17. ábra	A kohézió (-) alakulása a különböző receptúrájú sült zsemle-bélzet esetén	32
18. ábra	A rugalmasság (%) alakulása a különböző receptúrájú sült zsemle-bélzet esetén	32
19. ábra	A zsemleminták diszkriminancia analízise (Function1-Function2) az összes fizikai paraméter eredménye alapján.....	33
20. ábra	A nyers és sült tésztákban mért összes polifenol tartalom (mg GSE/100 g minta).....	35
21. ábra:	A zsemlek összes antioxidáns kapacitása aszkorbinsav egyenértékben FRAP módszer szerint (mMAAE/100g minta)	36

Táblázat jegyzék

1. táblázat	Cikkgyűjtemény a gluténmentes sütőipari termékek dúsításáról	16
2. táblázat	A kísérlet receptúrái	20
3. táblázat	AAA 400 típusú aminosavanalizátor mérési paraméterei	24
4. táblázat	Sütési tömegveszteség (%) varianciaanalízis eredménye ($p < 0,05$).....	25
5. táblázat	A nyers- (bal) és sült tészta (jobb) világossági tényezőinek varianciaanalízis eredménye ($p < 0,05$).....	27
6. táblázat	A nyers- (bal) és sült tészta (jobb) vörös-zöld tényezőinek varianciaanalízis eredménye ($p < 0,05$).....	28
7. táblázat	A nyers- (bal) és sült tészta (jobb) kék-sárga tényezőinek varianciaanalízis eredménye ($p < 0,05$).....	28
8. táblázat	A keménység (N) varianciaanalízis eredménye ($p < 0,05$).....	31
9. táblázat	A kohézió (-) varianciaanalízis eredménye ($p < 0,05$)	32
10. táblázat	A rugalmasság (%) varianciaanalízis eredménye ($p < 0,05$)	32

11. táblázat A zsemlecsoportok diszkriminancia elemzésének kereszt-validációs táblázata a sütési tömegveszteség, a nyers- és a sült tészta L*, a* és b* értékei, valamint keménység, kohézió és rugalmasság eredményei alapján.....	34
12. táblázat A minták szárazanyagra (sz.a.) vonatkoztatott összes polifenol tartalmának (TPC) változása a sütés hatására.	35
13. táblázat A minták összes aminosav tartalma µg/g minta értékben kifejezve.....	37
14. táblázat A sült minták esszenciális aminosavtartalma µg/g minta értékben.....	38
15. táblázat A minták esszenciális aminosav aránya (EAA) a referencia fehérjéhez viszonyítva..	38

Köszönetnyilvánítás

Köszönetet szeretnék mondani konzulenseimnek, Dr. Kaszab Tímea és Dr. Mednyánszky Zsuzsanna tanárnőknek, hogy időt szántak a munkámra, szakmailag támogatták a dolgozatom elkészülését.