

SZAKDOLGOZAT

Ludwig Áron Szakdolgozat

Ludwig Áron

2023

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Élelmiszertudomány és Technológiai Intézet

Gabona és Iparnövény Technológiai Tanszék



MAGYAR AGRÁR- ÉS
ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

Élelmiszertudományi és
Technológiai Intézet

Sikérhelyettesítők összehasonlítása
gluténmentes kenyereknél

Ludwig Áron

Budapest

2023

Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem
Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet

Szak neve: BSc Élelmiszermérnöki
Sütő- és tésztaipari technológiák és minőségügy

Szakedolgozat készítés helye: Gabona és Iparnövény Technológiai Tanszék

Hallgató: Ludwig Áron

A szakdolgozat címe:


Sikérhelyettesítők összehasonlítása gluténmentes kenyereknél

Konzulens: Kóczán Györgyné dr.

Beadás dátuma: 2023. November



szakdolgozatkészítés helyének vezetője
(Badakné dr. Kerti Katalin)



konzulens
(Kóczán Györgyné dr)



Badakné dr. Kerti Katalin
Sütő és tésztaipari technológiák és minőségügy

Tartalom

1. Bevezető	5
2. Célkitűzés	6
3. Irodalmi áttekintés	8
3.1. Fontosabb hydrokolloidok	9
3.1.1. Xantángumi	9
3.1.2. Guargumi	10
3.1.3. Utifű maghéj	11
3.2. Fontosabb gluténmentes lisztek	12
3.2.1. Rizsliszt szerepe a gluténmentes kenyerekben	12
3.2.2. Hajdinaliszt hatása a gluténmentes kenyerekben	13
3.2.3. Tápiókakeményítő szerepe a gluténmentes kenyerekben	13
3.2.4. A Lisztek Kombinálása	13
4. Anyag és módszer	14
4.1. Kenyér készítése	14
4.2. Állomány vizsgálata	18
4.3. Érzékszervi vizsgálat	21
5. Kísérleti eredmények kiértékelése	22
5.1. Kenyerek bélzetének vizuális összehasonlítása	22
5.2. Érzékszervi kísérlet kiértékelése	23
5.3. Állományvizsgálat eredmények és kiértékelés	25
6. Összefoglalás	31
7. Irodalomjegyzék	32
8. Mellékletek	36

1. Bevezető

Az étkezési szokások változásaival egyre többen keresik azokat az alternatívákat, melyek kielégítik egészségügyi igényeiket és érzékenységeiket. A gluténmentes étrend egyre szélesebb körben elterjedt, különösen azok körében, akik gluténérzékenység vagy cöliákia miatt kényszerülnek kerülni a gluténtartalmú élelmiszereket. A kenyér, mint alapvető étel, kiemelkedő fontossággal bír, azonban a gluténmentes változatok készítése egyedi kihívások elé állítja a sütőipart.

A témaválasztásom mögött az áll, hogy miként lehet a glutén nélküli kenyerekben sikert helyettesíteni anélkül, hogy a szerkezeti minőségük sérülne. Ezért a szakdolgozatomban szeretnék mélyebben elmélyedni a sikérhelyettesítők világában, feltérképezni, hogyan lehet ezeket az anyagokat hatékonyan alkalmazni, és milyen innovációk vezethetnek eredményes gluténmentes termékekhez.

A glutén nélküli kenyerek fejlesztése nem csupán egy piaci trend, hanem számos egyéni igényt is kielégít. A sikérhelyettesítők szerepének megértése nemcsak technológiai, hanem egészségügyi és fogyasztói szempontból is fontos. A szakdolgozatomban célom bemutatni, milyen kihívásokkal néz szembe a gluténmentes kenyérfeldolgozás, és milyen újítások révén lehet megvalósítani azt, hogy a termékek ne csak gluténmentesek, de ízletesek, szerkezetileg megfelelő kenyerek legyenek.

2. Célkitűzés

A gluténmentes kenyerek fejlesztése lehetővé teszi azok számára, akik gluténérzékenyek vagy cöliákias betegek, hogy élvezhessék a friss kenyeret, anélkül, hogy egészségük károsodna. A cöliákia egy autoimmun betegség, amelyben a glutén fogyasztása súlyos emésztőrendszeri problémákat okozhat. Ezért a gluténmentes pékáruk elengedhetetlenek a cöliákias betegek számára, hogy megőrizzék egészségüket és mégse kelljen teljes diétás változást végezniük. (Capriles & Áreas, 2014)

A gluténmentes kenyerek fejlesztése és a sikérhelyettesítő anyagok használata lehetőséget nyújt az ételallergiával vagy intoleranciával küzdő emberek számára. Sok ember érzékeny vagy allergiás a gluténre anélkül, hogy cöliákiával rendelkeznenek. A gluténmentes kenyerek lehetővé teszik számukra, hogy élvezhessék a kenyérfogyasztást anélkül, hogy kellemetlen tüneteket tapasztalnának, például gyomorégést, puffadást vagy bőrproblémákat.

Jelentős előny, hogy a gluténmentes pékáruk fejlesztése és a sikérhelyettesítő anyagok használata kiterjeszti a választékot azok számára, akik egészségesebb életmódot folytatnak vagy étrendjükben korlátozni szeretnék a gluténtartalmú élelmiszerek fogyasztását. Sok ember dönt úgy, hogy csökkenti vagy elhagyja a gluténtartalmú ételeket az egészségük, a fogyás vagy az emésztési problémák javítása érdekében. A gluténmentes kenyerek kínálata lehetővé teszi számukra, hogy élvezhessék a kenyeret, miközben megtartják a kívánt étrendet.

A kenyér és egyéb sütőipari termék nagyon fontos szerepet játszik az emberek étkezésében már évszázadok óta, kultúra, étkezési szokások épültek rá. A gluténmentes kenyér lehetővé teszi a glutén komplex fehérjére érzékeny embereknek, hogy ugyan úgy fogyasszanak szendvicseket, vajaskenyeret, vagy egy gluténmentes zsömlével felitassák a pörkölt szaftját.

A xantán gumi, a guar gumi és az utifű maghéj olyan sikérhelyettesítő anyagok, amelyek kulcsszerepet játszanak a gluténmentes kenyerek fejlesztésében. Ezek az anyagok hozzájárulnak a kenyerek textúrájának javításához, segítenek megőrizni a stabilitást és a frissességet, valamint javítják a sütési tulajdonságokat. A xantán gumi például egy viszkozitást növelő anyag, amely segít a tészta összetartásában és a levegő buborékok

megtartásában, így könnyebbé teszi a kenyerek emelkedését és a légies szerkezet kialakítását. (Rai et al., 2018)

Összességében a gluténmentes pékáruk fejlesztése és a sikérhelyettesítő anyagok használata létfontosságú azok számára, akik gluténérzékenyek, cöliákiával diagnosztizáltak, vagy egészségesebb életmódot követnek. Ezek az alternatívák lehetővé teszik számukra, hogy élvezhessék a kenyérfogyasztás előnyeit.

Ludwig Áron Szakdolgozat

3. Irodalmi áttekintés

A gluténfogyasztás néhány embernél betegségeket okozhat, például cöliákiát. A cöliákia egy autoimmun betegség. A cöliákia a búzában, az árpában, a rozsban és a zabban lévő prolaminnal szembeni egész életen át tartó intoleranciát jelent. A búzában lévő prolamint gliadin, ez és a glutenin együttes jelenléte sikért formáló fehérjéknek is nevezik, vagy akár sikkéfehérje illetve gluténfehérje. Cöliákia esetében a fenti gabonafélék tartós fogyasztása a vékonybél bolyhainak teljes pusztulását is okozhatja, aminek következménye a különböző tápanyagokra és vitaminokra nézve súlyos felszívódási zavar, és hiányállapotok kialakulása (Polgár, 2005; Nékám, Szemere, 1994)

A cöliákia tünetei változóak lehetnek, és közülük tartozhatnak a hasi fájdalom, puffadás, hasmenés, fogyás, vérszegénység, fáradtság és a bőrproblémák. A betegség diagnosztizálásához általában vérvizsgálatot végeznek, amelyben az antitestek jelenlétét vizsgálják.

A cöliákias betegeknek életük során tartózkodniuk kell a gluténtartalmú élelmiszerek fogyasztásától. Az ilyen szigorú diéta betartása lehetővé teszi, hogy a bél nyálkahártyája regenerálódjon, és a tünetek enyhüljenek vagy akár megszűnjenek. A cöliákia kezelése a gluténmentes étrend betartását jelenti, és az érintetteknek oda kell figyelniük az élelmiszerek összetevőire és azok előállításai folyamataira a gluténtartalom elkerülése érdekében.

Létezik nem-cöliákias glutén szenzitivitás, ez angolul: Non-Celiac Gluten Sensitivity, melynek mozaik szava: NCGS, ezt a cöliákia vizsgálati módszereivel nem lehet kimutatni. (Xhakollari et al., 2019).

Egy becslés szerint a világ népességének 1%-a cöliákias, és körülbelül 6%-a nem kimutathatóan cöliákias, de számukra is a glutén elhagyása jelenti a tünetek enyhülését. (Czaja-Bulsa, 2015). A gluténmentes termékek piaca várhatóan 2020-tól 2027-ig 9,2%-kal fog növekedni, ezen belül a sütőipari termékek növekedése lesz a legjelentősebb. (Zorzi et al., 2020).

Gluténmentes pékárukban olyan anyagokat szoktak felhasználni, amelyek hasonló reológiai jellemzőket eredményeznek, mint a sikér szerkezete egy búzakenyér tésztájában. Erre a célra gélképző anyagokat, hidrokolloidokat vagy fehérjéket alkalmaznak. (Naqash et al., 2017). Ezek az anyagok növelik a vízmegkötést és javítják a tészta viszkoelasztikus tulajdonságát. Emellett érzékszervi szempontból is hasonlóbba teszi a kész terméket egy hagyományos, glutént tartalmazó termékhez. (Matos et al., 2014). Továbbá, ezek az sikért helyettesítő anyagok befolyásolják a fermentációs gázvisszatartást, és a tészta emulzióját is (Ziobro et al., 2013).

A gluténmentes termékek fejlesztése jelentős technológiai kihívást jelent a sütőipar számára. A glutén összetett fehérjehálózatának egyedülálló viszkoelasztikus jellemzőit, magas gázvisszatartó képességét és jelentős hatását a tészta összetartására/nyújthatóságára nehéz imitálni. (Zorzi et al., 2020). A gluténmentes kenyereket általában formában szoktak sütni, éppen a megfelelő viszkoelaszticitás hiánya miatt, a gluténmentes kenyerekre jellemző, hogy kiszült állapotban textúrájuk törékenyebb és tömörebbek, mint a búzából készült kenyerek. (Morreale et al., 2018).

3.1. Fontosabb hidrokolloidok

3.1.1. Xantángumi

A xantángumi egy olyan növényi eredetű poliszacharid, amelyet a *Xanthomonas campestris* nevű baktérium fermentációjával állítanak elő. Ez a gumi egyike a leggyakrabban használt adalékanyagoknak a gluténmentes kenyerekben és egyéb gluténmentes termékekben. A xantángumi számos tulajdonsága miatt kiválóan alkalmas a gluténmentes kenyerek szerkezetének javítására és a textúra megfelelő kialakítására.

A xantángumi fontos tulajdonsága a sütőiparban, hogy képes vízzel keveredve egy viszkózus gélt képezni, amely növeli a tészta rugalmasságát és stabilitását. Ez különösen fontos a gluténmentes kenyerek esetében, mivel a glutén felelős a hagyományos kenyerekben a rugalmasságért és a szerkezet megtartásáért. Amikor a glutén hiányzik, a tészta könnyen széteshet és laposabbá válhat. (Arendt & Moroni, 2012)

A xantángumi segít elérni a megfelelő tésztát és emellett javítja a sütési tulajdonságokat is. A nagy molekulái megkötik a vizet, ezáltal növelik a tészta hidratáltságát. Emellett a

xantángumi szerepet játszik a tészta levegő visszatartási képességében, ami megakadályozza a túl sűrű kenyér kialakulását. Ez az adalékanyag abban is segít, hogy a kenyér könnyebb legyen és jobban emelkedjen a sütés során. (Belorio et al., 2020)

A xantángumi használata nem csak a tészta szerkezetét és állagát javítja, hanem segít a termék szavatosságának meghosszabbításában is. A molekulái ugyanis gátolják a víz kiválását a tésztából, ezáltal megakadályozzák annak kiszáradását és keménységét. Ez különösen fontos a gluténmentes termékek esetében, mivel ezek hajlamosak gyorsabb retrogradációra a nagy keményítő tartalom és a kevés enzim aktivitás miatt. (Arendt & Moroni, 2012)

Ha túlzott mennyiségben használják a xantángumi ragacssá teheti a tésztát és kellemetlen textúrát eredményezhet a kisült termékben, tömör lesz.

3.1.2. Guargumi

A guárgumi egy olyan növényi eredetű anyag, amelyet gyakran használnak fel az élelmiszeriparban emulgeálószerként és sűrítőanyagként. A glükomannánnal együtt a guárgumi a guarbab magjából nyerhető ki, amely a *Cyamopsis tetragonolobus* nevű növényben található meg. A guárgumit széles körben alkalmazzák a gluténmentes kenyerekben, mivel segítségével javítható a tészta textúrája és a kenyér stabilitása. (Mudgil et al., 2011)

A guárgumi fontos tulajdonságai közé tartozik a vízkelmezőképesség és a viszkozitás növelése. Amikor a guárgumival kezelt tésztába vizet adnak, a guárgumi gélképző tulajdonsága miatt képes megkötni a vizet, és ezzel viszkozitást is ad a tésztának. Ezáltal a tészta könnyebben kezelhetővé válik, és javul a kenyér szerkezete. A guárgumi segítségével a gluténmentes kenyereknek is javul a gázmegtartó képességük. Ez segít abban, hogy a kenyér ne essen össze vagy laposodjon el a sütés során. Ez adja a kenyérnek a szerkezetét. (Gallagher et al., 2003)

3.1.3. Utifű maghéj

Az utifű maghéj, más néven psylliummaghéj, egy növényi kivonat, amelyet az utifű (*Plantago ovata*) magjából nyernek. Az utifű maghéj hosszú ideje használják az egészségügyben és a konyhában egyaránt. A következő pontokban az utifű maghéj egészségre gyakorolt pozitív és negatív hatásait vizsgálom. (O'Shea et al., 2014)

Az utifű maghéj kiváló forrás bizonyos vízben oldódó rostoknak, például a mucilágnak. A mucilág egy olyan rost, amely képes jelentős mennyiségű vizet felszívni, és egy zselészerű anyagot képezni. Ennek eredményeként az utifű maghéj jelentős vízmegkötő és duzzadási képességgel rendelkezik. Ez a tulajdonság fontos a székrekedés és az emésztési problémák kezelésében, mivel segíthet a széklet lágyításában és a bélműködés serkentésében. (Pejcz et al., 2018)

Az utifű maghéj előnyös hatásaival kapcsolatban számos kutatás és klinikai vizsgálat található. A kutatások azt mutatják, hogy rendszeres fogyasztása csökkentheti a vér koleszterinszintjét, és ezáltal csökkentheti a szív- és érrendszeri betegségek kockázatát. Az utifű maghéj emellett segíthet a vércukorszint stabilizálásában, aminek előnyei lehetnek a diabétesz kezelésében.

Az utifű maghéj hasznos lehet a testsúlycsökkentés során is. Magas rosttartalmának köszönhetően növeli a teltségérzetet és csökkenti az étvágyat, ez segíthet kontrollálni az étrendet, és ezzel hozzájárulhat a fogyáshoz. Emellett az utifű maghéj segíthet az emésztés javításában, ami szintén fontos tényező a testsúlycsökkentésben. (Lazaridou et al., 2007)

Az utifű maghéj nemcsak az emésztéssel kapcsolatos problémákra használható, hanem segíthet az egész test egészségének fenntartásában. Magas antioxidáns tartalmának köszönhetően utifű maghéj bizonyos fokig védheti a sejteket az oxidatív károsodástól, és ezzel hozzájárulhat az öregedési folyamatok lassításához. (Torbica et al., 2010)

Az utifű maghéjnek vannak negatív egészségügyi hatásai is, néhány ember mellékhatásokat is tapasztalhat. Például, ha nem megfelelően fogyasztják, az utifű maghéj okozhat puffadást, hasi fájdalmat és gázképződést. Fontos megfelelő mennyiségű folyadékot inni az utifű maghéj bevétele során.

Az egészségre gyakorolt hatása mellett, a gluténmentes kenyerekben a többi tulajdonságai miatt kedvelt hidrokolloid.

Egy 2019-es kutatás szerint az utifű maghéj, a világ negyedik leggyakrabban használt hidrokolloid a gluténmentes kenyér készítése során a hydroxipropil metilcellulóz (HPMC), xantángumi és guar gumi. (Román et al., 2019).

Ezt a hidrokolloidot korábban javasolták búzakenyér készítéséhez is, hogy puhább kenyeret, magasabb nedvességtartalmat és kevesebb öregedést eredményezzen (Román et al., 2019).

Gluténmentes pékáruk fejlesztésekor fontos, hogy a hozzávalók megfelelően kölcsönhatásba lépjenek a keményítővel, ez a termékek állagában és minőségében kulcsfontosságú (Mahmood et al., 2017).

3.2. Fontosabb gluténmentes lisztek

A gluténmentes kenyerek készítése kihívásokkal teli feladat, mivel a hagyományos búzaliszt helyett olyan alternatív lisztekre van szükség, amelyek nem tartalmazzak glutént. Az ilyen típusú kenyerek textúrájának és minőségének javítása érdekében a hidrokolloidok mellett több alternatív lisztet is használunk, köztük a rizslisztet, hajdinalisztet és tápiókakeményítőt használtam és a kísérletemben. Alább összeszedtem ezen a liszteknek a hatásait a gluténmentes kenyerekre.

3.2.1. Rizsliszt szerepe a gluténmentes kenyerekben

A rizsliszt az egyik leggyakrabban használt alternatív liszt a gluténmentes kenyerek készítésében. Magas vízmegkötő képességgel és alacsony zsírtartalommal rendelkezik, amelyek fontosak a kenyerek textúrájának és frissességének megőrzésében. Emellett a rizsliszt semleges ízű, ami lehetővé teszi, hogy a kenyerek ízét a különböző hozzávalók határozzák meg.

Számos kutatás foglalkozott a rizsliszt használatának előnyeivel a gluténmentes péktermékekben. Például, Sánchez et al. (2002) kimutatta, hogy a rizsliszt hozzájárul a kenyér puhaságához és jó állagához. Emellett a rizsliszt könnyen elérhető és viszonylag olcsó.

3.2.2. Hajdinaliszt hatása a gluténmentes kenyerekben

A hajdinaliszt egy másik gyakran használt alternatív liszt gluténmentes kenyerek készítéséhez. A hajdina alacsony zsírtartalommal rendelkezik, és gazdag tápanyagokban, például rostokban és fehérjékben. Ez az összetétel hozzájárul a kenyerek jobb tápértékéhez és jó állagához. A hajdinalisztet gyakran keverik más alternatív lisztekkel, hogy maximalizálják az előnyeiket.

Haque and Morris (1994) egy tanulmányukban azt találták, hogy a hajdinaliszt használata növeli a kenyér gázmegtartási képességét, és ennek következtében javítja a kenyér állagát. Emellett a hajdinaliszt kellemes ízt adhat a kenyereknek, amely javíthatja az ízélményt, egyeseknek viszont kesernyés ízt ad.

3.2.3. Tápiókakeményítő szerepe a gluténmentes kenyerekben

A tápiókakeményítő egy további fontos összetevő a gluténmentes péktermékekben. Ez a keményítőfajta kiváló vízkötő képességgel rendelkezik, és hozzájárul a sütőipari termékek állagának javításához. A tápiókakeményítő színtelen és íztelen, így ideális választás a gluténmentes kenyerek készítéséhez.

Némely tanulmány, például Anton and Artfield (2008) kimutatta, hogy a tápiókakeményítő hozzájárul a gluténmentes kenyerek jó állagához és emészthetőségéhez. A keményítő összetétele lehetővé teszi a kenyér könnyű sütését, viszont a kenyér öregedésében negatív szerepet játszik.

3.2.4. A Lisztek Kombinálása

Az alternatív lisztek, mint például a rizslisztet, hajdinalisztet és tápiókakeményítőt, kombinálva érdemes használni, én is így tettem a kísérletemben. A lisztek keverése lehetővé teszi a kenyerek jobb állagát és ízét. A különböző lisztek előnyeit lehet kihasználni így.

4. Anyag és módszer

Felhasznált eszközök:

Digitális mérleg

Kelesztő kamra

Légkeveréses kemence

Digitális táramérleg

Edények

Maghőmérséklet mérő

4.1. Kenyér készítése

Összetevők

Kísérletemben gluténmentes kenyereket készítettem 3 különböző hidrokolloiddal.

1.táblázat. Kísérleti kenyerek összetevői grammban

Kenyér tészták összetevői grammban									
Összetevők	Xantángumi			Guargumi			Utifű maghéj liszt		
	X3	X4,5	X6	G3	G4,5	G6	U3	U4,5	U6
Hajdinaliszt	75g	75g	75g	75g	75g	75g	75g	75g	75g
Rizsliszt	75g	75g	75g	75g	75g	75g	75g	75g	75g
Tápiókaliszt	70g	70g	70g	70g	70g	70g	70g	70g	70g
Só	5,5g	5,5g	5,5g	5,5g	5,5g	5,5g	5,5g	5,5g	5,5g
Száraz élesztő	5g	5g	5g	5g	5g	5g	5g	5g	5g
Víz (40°C)	230g	230g	230g	230g	230g	230g	230g	230g	230g
Xantángumi	6,6g	9,9g	13,2g	-	-	-	-	-	-
Guargumi	-	-	-	6,6g	9,9g	13,2g	-	-	-
Utifű maghéj liszt	-	-	-	-	-	-	6,6g	9,9g	13,2g

2.táblázat. Kísérleti kenyerek összetevői százalékban (összes lisztre számolva)

Kenyér tészták összetevői százalékban (összes lisztre számolva)									
Összetevők	Xantángumi			Guargumi			Utifű magháj liszt		
	X3	X4,5	X6	G3	G4,5	G6	U3	U4,5	U6
Hajdinaliszt	34,1%	34,1%	34,1%	34,1%	34,1%	34,1%	34,1%	34,1%	34,1%
Rizsliszt	34,1%	34,1%	34,1%	34,1%	34,1%	34,1%	34,1%	34,1%	34,1%
Tápiókaliszt	31,8%	31,8%	31,8%	31,8%	31,8%	31,8%	31,8%	31,8%	31,8%
Só	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%
Száraz élesztő	2,3%	2,3%	2,3%	2,3%	2,3%	2,3%	2,3%	2,3%	2,3%
Víz (40°C)	104,5%	104,5%	104,5%	104,5%	104,5%	104,5%	104,5%	104,5%	104,5%
Xantángumi	3%	4,50%	6%	-	-	-	-	-	-
Guargumi	-	-	-	3%	4,50%	6%	-	-	-
Utifű magháj liszt	-	-	-	-	-	-	3%	4,50%	6%

3.táblázat. Kísérleti kenyér készítésének paraméterei

Kenyér készítése			
Műveletek	Összes kenyér		
	X3; X4,5; X6	G3; G4,5; G6	U3; U4,5; U6
Dagasztás	5 perc	5 perc	5 perc
Első kelesztés idő	20 perc	20 perc	20 perc
Első kelesztés paraméterek	35°C, 80%	35°C, 80%	35°C, 80%
Második kelesztés idő	20 perc	20 perc	20 perc
Második kelesztés paraméterek	35°C, 80%	35°C, 80%	35°C, 80%
Feladási súly	460	460	460
Kenyerek száma	2db	2db	2db
Sütési hőmérséklet	220°C	220°C	220°C
Sütési idő	45 perc	45 perc	45 perc
Maghőmérséklet	99°C felett	99°C felett	99°C felett

A kenyérkészítés számos lépésből áll. Először a tésztát összeállítással kezdünk. Ehhez a hajdinalisztet, rizslisztet, a tápiókakeményítőt, a sót, a száraz élesztőt és a használt hidrokolloidot kimértem és összekevertem egy edényben, ez azért fontos, hogy csomómentes tésztát kapjak, ha így csinálom, nagyobb valószínűséggel lesz csomós a hidrokolloidunk a később hozzáadott vízzel. Miután összekevertem a száraz hozzávalókat, ráöntöttem a megfelelő mennyiségű és hőmérsékletű vizet.

Miután az összes alapanyagot megfelelően előkészítettem, következik a dagasztás. A dagasztást kézzel végeztem, a tésztát addig kevertem, míg a tészta sima lett, mivel gluténmentes tésztáról van szó, a siker-struktúrát nem kellett erőteljes dagasztással kidolgozni. Az alaposan összekevert tésztában a hidrokolloid megszívta magát vízzel, ezáltal besűrűsödött. A dagasztás 5 percig tartott.

Miután a tésztát megfelelően kidagasztottam/összekevertem, a kelesztés következik. Az edényben lévő tésztát a kelesztőbe helyeztem 80%-os relatív páratartalommal és 35°C-on. Ettől az összekeverés pillanatában elkezdődött fermentációs folyamatok felgyorsultak a tésztában, mivel nem hagytam kihűlni, hanem meleg helyre tettem. Ez az első kelesztés ebben az esetben 20 percig tartott, viszont a meleg víz és a kelesztő használata miatt ez idő alatt 1,5-szeresére nőtt a tésztám.

A kelesztést követően a tésztát formáztam. Ehhez a tésztát 2 részre osztottam és henger alakúra formáztam, ez után behelyeztem egy kenyérformába a megformázott kenyereket, ügyeltem arra, hogy egyenletesen legyenek a tészták a formákban, ezért lenyomkodtam a tésztákat a formában.

Miután a tészta egyenletesen a formában van, következik a második kelesztés. Ezt újra 80% relatív páratartalmú és 35°C-os kelesztő kamrában végeztem, a második kelesztés is csak 20 percig tartott. A második kelesztés lehetőséget ad a tésztának a további fejlődésre és a kenyér ízének és textúrájának kialakulására.

A második kelesztés után következik a sütéshez, amely a kenyér elkészítésének utolsó lépése. A megkelt és formázott tésztát előmelegített sütőbe helyezzük. A sütés során a kenyér még jobban megduzzadt, azonban nem olyan jelentősen, mint például egy hagyományos búzakenyér. A légkeveréses sütőn egy programot állítottam be, ami 220 °C-os volt, a sütés elején 15 másodpercnyi gőzt adagolt a gép, ezt egy tipli nyitásával 25 perc után kiengedte a program, a sütés összesen 45 percig tartott. Ezután lehűtöttem a kenyereket szobahőmérsékleten. 2 db, azaz egy dagasztás kenyér elkészítéséhez 150 g hajdinalisztet, 150 g rizslisztet, 140 g tápiókakeményítőt, 11 g sót, 10 g száraz élesztőt 460 g 40 °C-os vizet használtam, ehhez a különböző sikerhelyettesítőkből 13,2 g, 19,8 g, és 26,4 g-ot használtam, ez az összes lisztre számolva 3%, 4,5% illetve 6%-ot jelent.



1.ábra. G4,5 és G6 kenyerek megkelesztve, sütés előtt



2.ábra. kisült kenyerek (balról jobbra: G3; G4,5; G6; X3; X4,5; X6)



3.ábra. Kisült kenyerek (balról jobbra: U3; U4,5; U6)

A 2. és 3. ábrán mind a 9 fajta kenyérből látunk egyet, a G3 kenyérnek volt a legszabályosabb formája, ez feltehetően a lágyabb tésztának volt köszönhető, mivel azok a tészták, amik nagyobb mennyiségű hidrokolloidot tartalmaztak, domborúbb felső héjjal rendelkeztek. A legszabálytalanabb formája a xantángumival készült kenyereknek volt. Az első ábrán megkelesztett kenyereket látni.

4.2. Állomány vizsgálata

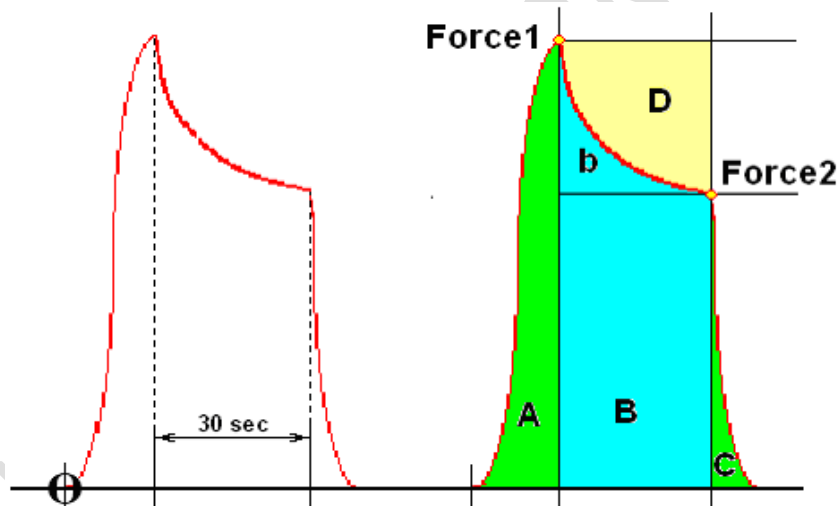
A kenyérbélzet vizsgálatához az SMS (Stable Micro System) TA XT2i típusú univerzális állománymérő készüléket használtam. Ez a készülék méri a bélzet rugalmasságát az idő függvényében. A mérés során egy nyomótestet nyomást gyakorol a mintára, miközben a minta erőt gyakorol a nyomófejre, a mért adatokat a számítógép rögzíti.

Az erőmérő cella az egyik fő eleme ennek a műszernek. Ez egy hídszerkezetben helyezkedik el, amely lefelé és felfelé is mozgatható. A hídszerkezet mozgatását egy villanymotor végzi, az a vázszerkezetben található, a programmal lehet beállítani a nyomófej sebességét. A mérőcella nyomást és húzást is képes érzékelni. A gépet egy számítógépes program vezérli, és a géppel mért adatokat is a számítógépes program rögzítette.

A mérés előtt kiválasztjuk a megfelelő nyomótestet, ami a mi esetünkben egy 20 mm átmérőjű, henger alakú fej volt, ez után megnyitjuk a megfelelő programot. A program elindítása előtt kalibrálni kell a műszert és beállítjuk a megfelelő paramétereit. A vizsgálathoz 25 mm vastagságú szeletet vágtam, és ezeket egyesével a berendezés lapjára helyeztem. Minden kenyérfajtából 6-6 ismétlést végeztem a kisütéstől számítva 12 és 48 órán. A mérés elindítása után a mérőfej elindul a minta felé 10 mm/s sebességgel, majd, amikor eléri a mintát, rögzíti a tényleges távolságot a berendezés lapjától, azaz a kenyérszelet tényleges vastagságát, mert előfordulhat, hogy a szeletek nem pontosan 25 mm vastagságúak. Ezután a mérőfej tovább halad, de már csak 0,5 mm/s sebességgel. Amikor eléri a minta 40%-át, ami kb. 10 mm, a mérőfej megáll és 30 másodpercig nem változtatja a helyzetét, eközben az érzékelt erő jellemzően csökken. A 30 másodperc után a mérőfej felfelé indul azonos (0,5 mm/s) sebességgel, és a rá ható erő tovább csökken, mivel a kifli összenyomódása miatt követi a nyomófejet. Amikor az erő eléri a 0 értéket, a program

rögzíti a minta összenyomás utáni vastagságát és ebből a rugalmatlan alakváltozást számolja. A vizsgálat során a számítógép rögzíti az adatokat, és a kapott eredményeket a program által készített diagramból határozzuk meg. A diagram az idő függvényében ábrázolja a mintákra ható erőt, ebből meghatározhatóak a kenyérbélzet tulajdonságai.

Minden kenyérből 6-6 mérést csináltam 12h és 48h -val a sütés után.



4.ábra. Az SMS műszerrel regisztrált diagram az értékelés előtt, és után. (Szalai., 2007)

4.táblázat. 4. ábrán látható diagram nevezetes pontjai. (Szalai., 2007)

Area 1:2	Az "A" mező területe [gs]
Area 2:3	A „B+b” mező területe [gs]
Area 3:4	A „C” mező területe [gs]
Force 1	A 2. időpontban mért erő [g]
Force 2	A 3. időpontban mért erő [g]
Distance 1	A 40 % mélységbe hatolás távolsága [mm]
Distance 3	A kiindulási magasság és a végső magasság különbsége [mm]
Time 1	A 40 % mélységbe hatolás ideje [s]

5.táblázat. Az értékelésnél használható algoritmusok. (Szalai., 2007)

Jelölés és dimenzió	Algoritmus
h [mm]	A műszer rögzíti a "Product Height" értékét, ennek hiányában a minta valós magasságát a behatolási mélységből számítjuk úgy, hogy $h = \text{Distance 1} / 0,4$
Q	A 40 %-os behatoláskor mért, és azt 30 s-al követően mért erők hányadosa, tehát $Q = \text{Force 1} / \text{Force 2}$
Rugalmasság %	A bélzet visszaalakulásának mértéke a szelet vastagságára vonatkoztatott %-ban, tehát $\text{rug. \%} = 100 * (((2,5 * \text{Distance 1}) - \text{Distance 3}) / (\text{Distance 1} / 0,4))$
Relaxáció [gs]	$\text{Relax} = (30 * \text{Force 1}) - \text{Area 2:3}$, tehát a D mező területét úgy számítjuk, hogy a $30 \text{ s} * \text{Force 1}$ szorzattal meghatározható téglalaphoz kivonjuk az Area 2:3 területét
Kompresszió [gs]	Ez a b mező területe, melyet úgy számítunk, hogy az Area 2:3 területéből kivonjuk a $30 \text{ s} * \text{Force 2}$ szorzatból adódó téglalap területét, azaz $\text{Komp} = \text{Area 2:3} - (30 * \text{Force 2})$
Meredekség [gs⁻¹]	A minta vastagságának 40 %-áig történő behatoláskor mért maximális erő (Force1g), és az ehhez szükséges idő (Time1) hányadosa

Az 5. táblázatban azokat az algoritmusokat találjuk, amikkel értékelhetjük a termékeket különböző szempontok alapján

4.3. Érzékszervi vizsgálat

Végeztem egy érzékszervi vizsgálatot 32 résztvevővel, a résztvevőknek 1-10 pontig kellett pontozniuk a kenyereket 5 szempont alapján, ezek voltak: illat, textúra, íz, ragacsosság, és összbenyomás. Mind a 9 fajta kenyeret értékelniük kellett a laikus, képzettlen bírálóknak. A mintáknak egy véletlenszerű 3 számújegű kódot adtam. Az ISO 11136 kiírja, hogy a termékfejlesztések esetében a bírálók számának legalább 60 főnek kell lennie, hogy megbízható adatokat kaphassunk, az én vizsgálatom a vizsgálatához rendelkezésre álló erőforrás és körülmények miatt ezt nem tudtam betartani, ezért fontos, hogy ezt figyelembe vegyük értelmezéskor. A kenyereket kisütés után 2-6 óráig kóstoltattam, másnap már nem kóstoltattam a kenyereket, hogy azonos minőségű kenyeret értékeljenek a bírálók.

Az 5 szempont pontozása:

Illat: 1-től 10-es skálán értékelje, 1: egyáltalán nem tetszik, 10: nagyon tetszik

Textúra: 1-től 10-es skálán értékelje, 1: egyáltalán nem tetszik, 10: nagyon tetszik

Íz: 1-től 10-es skálán értékelje, 1: egyáltalán nem tetszik, 10: nagyon tetszik

Ragacsosság: 1-től 10-es skálán értékelje, 1: nem ragad, 10: nagyon ragad

Összbenyomás: 1-től 10-es skálán értékelje, 1: egyáltalán nem tetszik, 10: nagyon tetszik

A pontozásnál kiemelném a ragacsosság pontozását, ezt a szempontot azért tettem bele a szempontok közé, mert a teszt sütések alatt megtapasztaltam, hogy ezek a kenyerek érzetre jelentősen ragacsosabbak, mint a hagyományos búzakenyerek.

5. Kísérleti eredmények kiértékelése

5.1. Kenyerek bélzetének vizuális összehasonlítása



5.ábra. U3 kenyérszeletek



6.ábra. X3 kenyérszeletek



7.ábra. G3 kenyérszeletek

Az 5., 6. és 7. ábra a azoknak a kenyereknek a bélzetét mutatja, melyekben 3% hidrokolloid van, első ránézésre az utifű maghéj liszttel készült kenyérnek van a legszebb bélzete, a vágáskor a kés nem sértette meg a szerkezetet, mint ahogy a 6. ábrán látható X3 mintában, itt azt tapasztaltam, hogy a késen elkenődött a kenyér bélzete. A 7. ábrán látható G3 mintának a teteje elvált a bélzettől, ezt a felszeletelt kenyereken jól látni a fényképen

5.2. Érzékszervi kísérlet kiértékelése

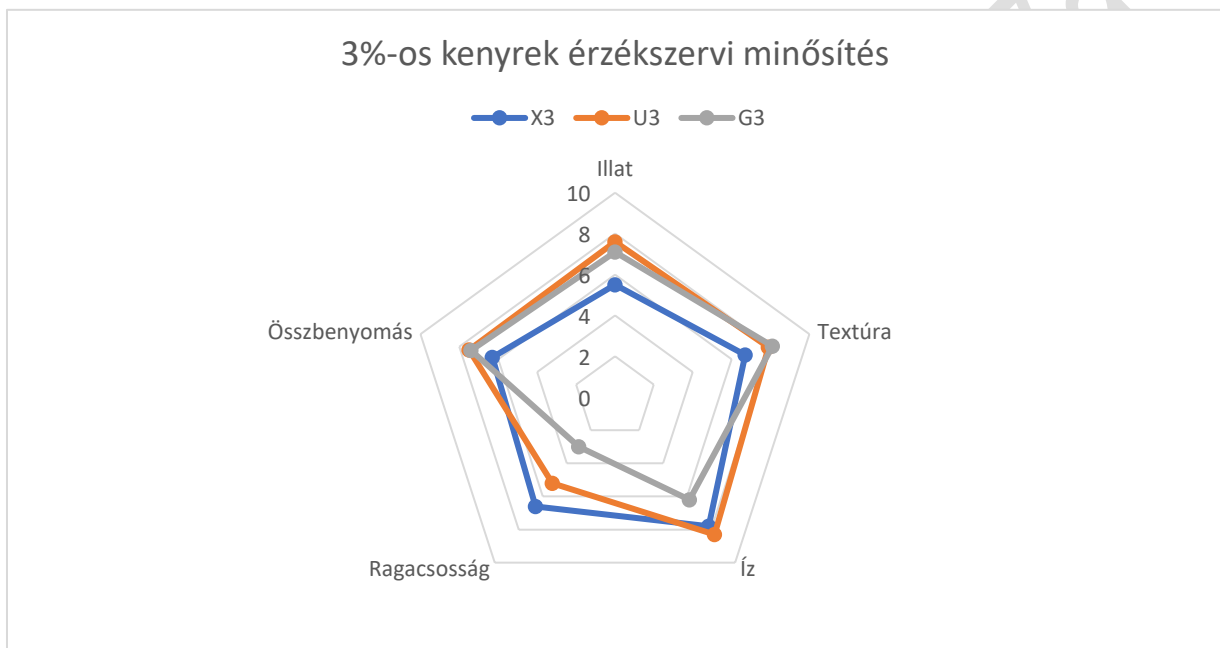
6.táblázat. Érzékszervi minősítés eredményeinek átlagai szórással feltüntetve

Termékek rövidítései	Szempontok					Illat+Textúra+Íz Összesen
	Illat	Textúra	Íz	Ragacsság	Összbenyomás	
X3	5,5 ± 1,9	6,7 ± 1,7	7,8 ± 1,9	6,6 ± 1,5	6,3 ± 1,7	20 ± 5,5
X4,5	4,8 ± 1,3	4,3 ± 1,2	6,9 ± 12,1	7,2 ± 1,7	4,4 ± 1,5	16 ± 4,6
X6	5,8 ± 1,5	3,2 ± 1,3	5,2 ± 1,6	6,9 ± 2	5,3 ± 1,8	14,2 ± 4,4
U3	7,6 ± 2,1	7,9 ± 2,1	8,3 ± 0,9	5,2 ± 1,5	7,5 ± 1,3	23,8 ± 5,1
U4,5	6,8 ± 2	6 ± 1,9	7,9 ± 1,8	6 ± 1,4	5 ± 1,8	20,7 ± 5,7
U6	6,2 ± 1,9	5,3 ± 1,7	4,2 ± 1,3	6,3 ± 2,1	4,3 ± 1,5	15,7 ± 4,9
G3	7,1 ± 1,7	8,1 ± 1,6	6,2 ± 2	3 ± 2	7,4 ± 1,9	21,4 ± 5,3
G4,5	6,7 ± 2,1	7,4 ± 1,9	7,3 ± 1,9	3,8 ± 2,2	6,8 ± 1,1	21,4 ± 5,9
G6	6,1 ± 1,9	5,9 ± 2,1	7,4 ± 1,3	5 ± 1,6	5,2 ± 1	19,4 ± 5,3

Az érzékszervi minősítésen résztvevő bírálóknak 5 szempont alapján kellett pontozniuk a termékeket, a 3. táblázatban láthatók az eredmények átlagai a szórással együtt. Kiemelném, hogy a szórás mindegyiknél nagy mértékű, ez azt jelenti, hogy a bírálók pontozásai nem egyenletesek. A sötétebb zöld kiemelés az adott szempont legjobb eredményét mutatja (Ragacsság szempont alapján az a jobbnak számító kenyér, ami minél kevésbé ragacsos.), a világosabb zöld a második legjobb eredményt. Hasonlóan, a sötétebb narancssárga a legrosszabb pontszámot, míg a világosabb narancssárga a második legrosszabb pontszámot mutatja. A jobb oldalon lévő oszlop az illat, íz és textúra átlagpontszámainak összege, ez megmutatja, hogy e három szempont alapján melyik kenyér kapta a legjobb értékelést.

A 3% hidrokolloidot tartalmazó kenyereknek 11 eredménye van zöld mezőben, míg a 6%-ot tartalmazó kenyereknek 7 eredménye van narancssárga mezőben. Ebből azt a következtetést vonhatjuk le, hogy a bírálóknak a 3%-os kenyerek voltak a legvonzóbbak, míg a 6%-os kenyerek a legkevésbé vonzóak.

Az érzékszervi bírálaton kitűnően jó eredményeket kapott az U3 és G3 kenyér, míg a legrosszabb eredményeket az X6, az U6 és az X4,5 kenyerek kapták.



7.ábra. X3, U3 és G3 kenyerek érzékszervi minősítésének megjelenítése sugár diagrammon

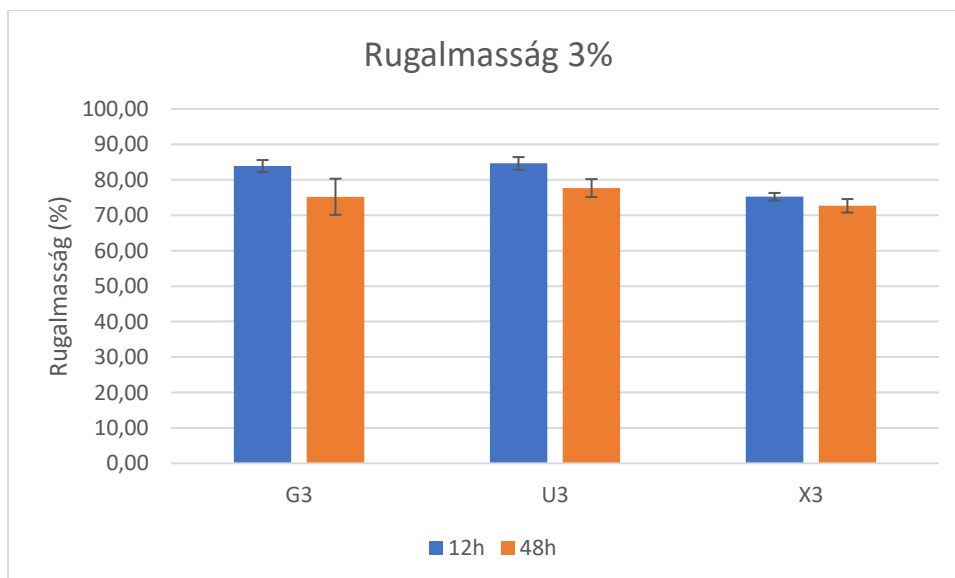
A sugár diagrammról (7. ábra) leolvashatjuk, hogy az U3 kenyér kapta a legjobb értékelést, az X3 meg a leggyengébb értékelést ez a három kenyér közül. (A ragacsoságnál minél kisebb az érték annál kevésbé ragacsos a kenyér béléte, és annál jobba kenyér.)

5.3. Állományvizsgálat eredmények és kiértékelés

7.táblázat. SMS műszerrel mért eredményekből számolt paraméterek átlagai és szórásai a 3%-os kenyerekre

		h (mm)	Q	Rugalmasság (%)	Relaxáció (gs)	Kompresszió (gs)	Merekség (1/gs)
G3	12h	27,5 ± 0,6	1,6 ± 0,1	83,9 ± 1,7	4605 ± 618	1414 ± 177	24,8 ± 2,6
	48h	27,1 ± 1,1	1,9 ± 0,1	75,2 ± 5,1	11360 ± 1788	2966 ± 391	45,6 ± 6,6
U3	12h	26,4 ± 0,6	1,5 ± 0,05	84,6 ± 1,8	8515 ± 1292	2527 ± 400	49,7 ± 5,7
	48h	26,7 ± 1,2	1,9 ± 0,05	77,7 ± 2,5	20954 ± 2119	5246 ± 488	88 ± 8,4
X3	12h	26,6 ± 0,4	1,5 ± 0,04	75,2 ± 1,1	6974 ± 849	1790 ± 198	39,2 ± 4,5
	48h	24,6 ± 0,8	1,6 ± 0,02	72,7 ± 1,9	11154 ± 1760	2508 ± 387	58,9 ± 8,3

A 4. táblázatban az egyes minták átlagértékeit 1 tizedesjegyre rögzítettem, mellettük pedig láthatóak a szórásértékek. A Q értékek, azaz a Force 1 és Force 2 értékek hányadosai a termék öregségét, keménységét mutatja meg, ez azt jelenti, hogy amelyik kenyérnek nagyobb a Q értéke, azt nehezebb pl. ujjal benyomni. A mért mintáimban azonban nem volt nagy különbség. A Force 2 érték kiemelkedően fontos paraméter, hiszen minél kisebb, annál nagyobb a két erő különbsége és hányadosuk értéke, valamint a "D" mező területe, ami a relaxáció értékét jelenti. Ha ez az érték az idő múlásával növekszik, akkor a termék összenyomásához egyre több erőt kell kifejteni, ami arra utal, hogy a termék kemény és nehezebben rágható. A 4. táblázatban látható h érték a minta valós magasságát mutatja, ez a magasság a kenyerek nagy részénél több, mint a kívánt 25 mm.



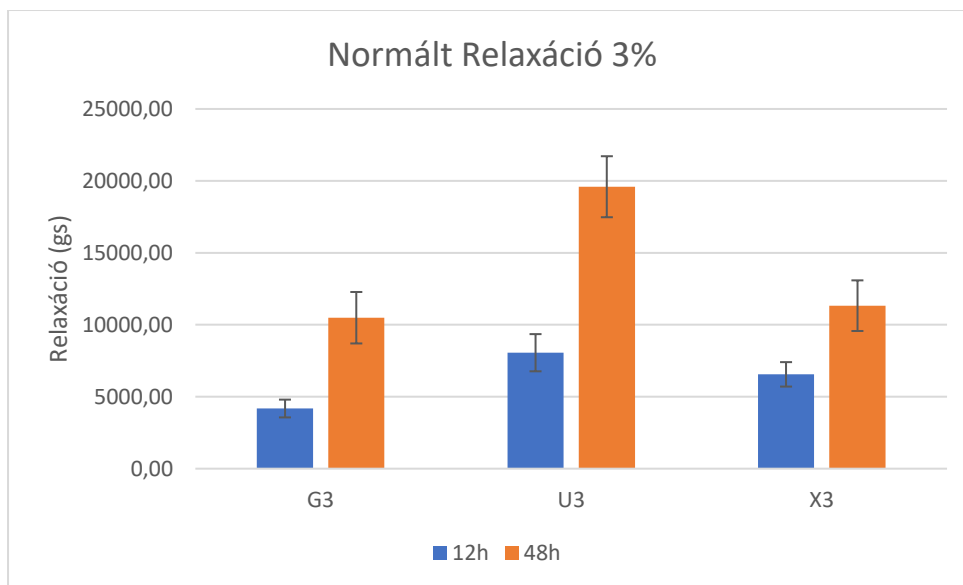
8.ábra. X3, U3 és G3 rugalmasságának átlagértékei és szórásai diagrammon

Egy kenyér annál jobb minőségűnek mondható, minél nagyobb a rugalmasság %-os értéke. Fontos hozzátenni, hogy gluténmentes kenyerek esetében a rugalmasságot nem lehet egyértelműen összehasonlítani a fehér kenyérral. A 8. ábráról leolvasható, hogy az első napon az U3 és G3 kenyér mutatta a legmagasabb rugalmasságot, míg az X3 kenyéré a legalacsonyabb. A második napon mind a három kenyér rugalmassága csökkent, azonban a X3 kenyérnek kisebb mértékben, ennek ellenére, a 48h-ás mérésnél is ennek a kenyérnek volt a legrosszabb eredménye. Összességében, az U3 kenyér rendelkezik a legmagasabb rugalmassági értékekkel, ezt követi szorosan a G3.

8.táblázat. Rugalmasság táblázat kenyér bélzetre nézve (Forrás: Dr. Szalai, 2007)

Rugalmasság %	95 felett Kitűnő
	95 - 90 Rugalmas
	90 -85 Gyenge
	85 - 80 Még elfogadható
	80 alatt Nem forgalmazható

Az 5. táblázatban látható értékek búzakenyér bélzetre vonatkozó értékek. A 8. ábrán láthatjuk, hogy a mintáim rosszabb rugalmassággal rendelkeznek, mint az 5. táblázatban feltüntetett értékek.



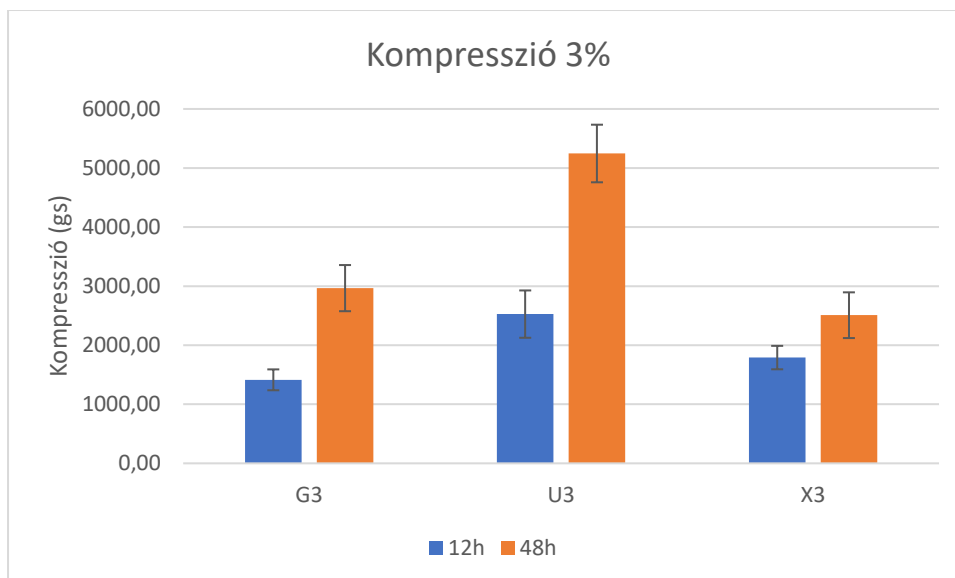
9.ábra. X3, U3 és G3 normált relaxáció átlagértékei és szórásai diagrammon

A D mező területe megegyezik a relaxáció értékével, ami képes nyomon követni a bélzet öregedését (lásd 4. ábra). A relaxációt a Force 1 értékkel számolhatjuk ki, és ha ez az érték az idő múlásával növekszik, azt jelenti, hogy egyre nagyobb erőt kell kifejteni a bélzet összenyomásához (Szalai, 2007).

A 9. ábrán láthatjuk, hogy a 12 órás mérésen a G3 mintának van a legfrissebbnek mondható, puha bélzete, amelynek 5000 gs alatt van az értéke, ez az érték azt jelenti, hogy lágy, puha a bélzet. A második legpuhább az X3, ez normál tulajdonságúnak mondható. A legkeményebb bélzete az U3 kenyérnek volt, a 6. táblázat alapján ez még normál tulajdonságú bélzetnek számít. A 48 órás mérés eredményei alapján a G3 és az X3 is öregedett bélzetnek számítottak, míg az U3 minta értéke majdnem elérte a 20000 gs értéket, ez volt a legmagasabb a 3 kenyér közül.

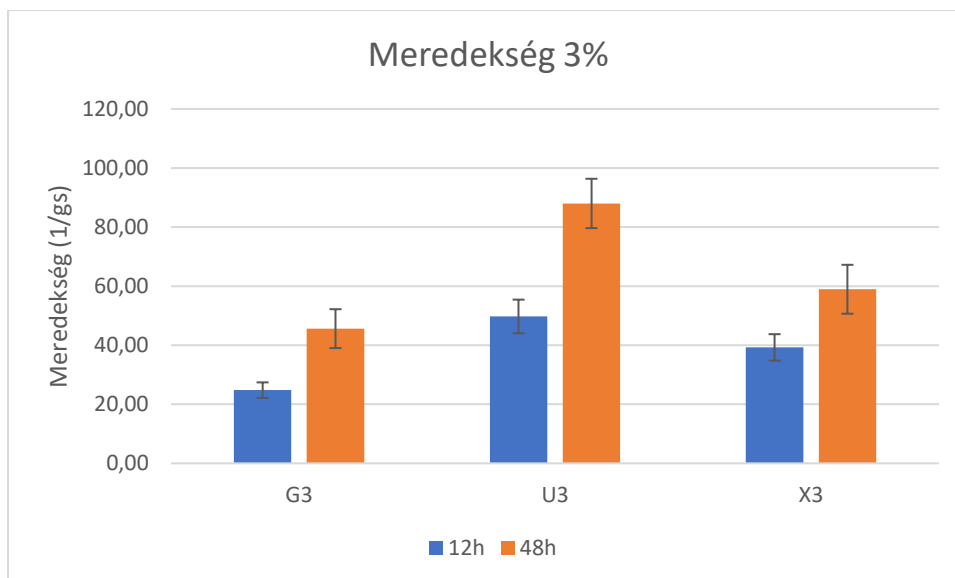
9.táblázat. Normált relaxáció táblázat kenyér bélzetre nézve (Forrás: Dr. Szalai, 2007)

Normált relaxáció	5000 alatt Lágy (adalék?)
	5000 - 10000 Normál tulajdonságú
	10000 felett Öregedett bélzet



10.ábra. X3, U3 és G3 kompresszió átlagértékei és szórásai diagrammon

A kompresszió vagy összenyomhatóság szintén összefügg a bélzet öregedésével és minőségével, melyet a 4. ábrán a "b" mező területe mutat be. Minél magasabb az érték, annál több erő szükséges a termékek összenyomásához. Az eredményekből közel ugyan azt vonhatjuk le, mint a normált relaxációból, hogy az U3-nak a leg „öregebb” a bélzete, míg a G3-nak a legjobb az első nap, azonban a 10. ábra alapján a második nap az X3-nak vannak a legjobb értékei.



11.ábra. X3, U3 és G3 merekség átlagértékei és szórásai diagrammon

A 11. ábrán látható merekség értékek is az öregedéssel vannak kapcsolatban, a 7. táblázat alapján a 12 órás mérésnél mind a három kenyérnek friss jellegű bélzete volt, a G3 volt a legjobb, míg az U3 a legkevésbé jó, viszont még az U3 is a friss jellegű bélzet kategóriába esett. A 48 órás mérésnél is a G3 mutat a legjobb eredményt, utána az X3. Ez a kettő minta 48 óra után is friss jellegű bélzet besorolást kap. Az U3 minta a 48 órás mérésen 88 1/gs értéket mutatott, így a normál bélzet kategóriába esik ezen értékelés alapján.

10.táblázat: Kenyerek bélzetének besorolása a merekség értékek alapján (Dr. Szalai, 2007)

Merekség	60 alatt Friss jellegű bélzet
	60 - 120 Normál bélzet
	120 felett Öregedett bélzet

ANOVA vizsgálat szignifikáns különbség?

11.táblázat: ANOVA vizsgálat meredekségre

ANOVA vizsgálat 95%-os szignifikancia szinten G3, U3, X3 Meredekség között				
	F érték	F kritikus érték	p-érték	Eredmény
G3 és U3 között	95,61	4,96	0,00	Szignifikáns a különbség
U3 és X3 között	37,03	4,96	0,00	Szignifikáns a különbség
X3 és G3 között	9,39	4,96	0,01	Szignifikáns a különbség

A 8 táblázatban az egytényezős varianciaanalízis azaz ANOVA vizsgálat eredményeit látni a G3, X3 és U3 minták között, mind a három kenyér eredményei között szignifikáns a különbség meredekségre nézve. Ezt úgy állapítjuk meg, hogy a p-érték kisebb, mint 0,05. Másik mód az, hogy F kritikus értéke kisebb, mint az F próbában kapott érték.

6. Összefoglalás

Szakdolgozatom során gluténmentes formában sült kenyerek fejlesztését végeztem, a fontosabb hidrokolloidokat hasonlítottam össze glutén helyettesítésére alkalmas képességük szerint. Állomány és érzékszervi tulajdonságokat vizsgáltam. A termékfejlesztés során fontos volt számomra a magas tápérték tartalom és természetes hidrokolloidok használata.

A kenyérbélzet állományvizsgálata során a késztermékek bélzetét elemeztem, melyek a felhasznált hidrokolloidtól függően eltérő tulajdonságokkal rendelkeznek. Eredményeim szerint a 3%-os minták rendelkeztek a legpuhább, legjobb minőségű bélzettel, azon belül is a 3%-os guar gumis kenyér volt a legjobb, míg az utifű maggal készült a legrosszabb minőségű termék az SMS műszer adatainak kiértékelései szerint.

Az érzékszervi vizsgálatok nagy szórást mutattak, de még így is ki lehetett mutatni, hogy itt is a 3%-os hidrokolloid tartalommal rendelkező kenyerek a legjobbak, azon belül is a legjobb a utifű maghéj liszttel készült kenyérnek volt a legjobb eredménye.

Ez azt jelenti, hogy az állomány és érzékszervi vizsgálatok eltérő eredményeket mutattak. Mivel a G3 kenyér a rendelkezett a legpuhább bélzettel, a bírálók a U3 kenyeret preferálták.

Mind a két vizsgálatban a 3%-os kenyerek lettek a legjobbak, és a 6%-os kenyerek a legrosszabbak, ebben a két vizsgálatban megegyezés volt.

További fejlesztési javaslatom: a hidrokolloidok keverése különböző arányban, a cél az lenne, hogy érzékszervileg az utifű maghéjjal készült kenyérré hasonlítson, míg a bélzet puhasága a guar gumis kenyérré hasonlítson.

7. Irodalomjegyzék

- Anton, A. A., & Artfield, S. D. (2008). Hydrocolloids in gluten-free breads: A review. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 59(1), 11–23.
<https://doi.org/10.1080/09637480701625630>
- Arendt, E. K., & Moroni, A. (2012). Sourdough and Gluten-Free products. In *Springer eBooks* (pp. 245–264). https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5425-0_10
- Belorio, M., Marcondes, G., & Gómez, M. (2020). Influence of psyllium versus xanthan gum in starch properties. *Food Hydrocolloids*, 105, 105843.
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.105843>
- Capriles, V. D., & Áreas, J. a. G. (2014). Novel Approaches in Gluten-Free Breadmaking: Interface between Food Science, Nutrition, and Health. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13(5), 871–890. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12091>
- Gallagher, E., Gormley, T. R., & Arendt, E. K. (2003). Crust and crumb characteristics of gluten free breads. *Journal of Food Engineering*, 56(2–3), 153–161.
[https://doi.org/10.1016/s0260-8774\(02\)00244-3](https://doi.org/10.1016/s0260-8774(02)00244-3)
- Györgyi, G. (2009). Examination of French bean on organic and conventional farming of Research Centre of Nyíregyháza. *Acta Agraria Debreceniensis*, 34, 87–98.
<https://doi.org/10.34101/actaagrar/34/2825>
- Haque, A., & Morris, E. R. (1994). Combined use of ispaghula and HPMC to replace or augment gluten in breadmaking. *Food Research International*, 27(4), 379–393.
[https://doi.org/10.1016/0963-9969\(94\)90194-5](https://doi.org/10.1016/0963-9969(94)90194-5)
- Lazaridou, A., Duță, D. E., Παπαγεωργίου, M., Belc, N., & Biliaderis, C. G. (2007). Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free

- formulations. *Journal of Food Engineering*, 79(3), 1033–1047.
<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.03.032>
- Mahmood, K., Kamilah, H., Shang, P. L., Sulaiman, S., Ariffin, F., & Alias, A. K. (2017). A review: Interaction of starch/non-starch hydrocolloid blending and the recent food applications. *Food Bioscience*, 19, 110–120.
<https://doi.org/10.1016/j.fbio.2017.05.006>
- Matos, M. E., Sanz, T., & Rosell, C. M. (2014). Establishing the function of proteins on the rheological and quality properties of rice based gluten free muffins. *Food Hydrocolloids*, 35, 150–158. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.05.007>
- Morreale, F., Garzón, R., & Rosell, C. M. (2018). Understanding the role of hydrocolloids viscosity and hydration in developing gluten-free bread. A study with hydroxypropylmethylcellulose. *Food Hydrocolloids*, 77, 629–635.
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.11.004>
- Mudgil, D., Barak, S., & Khatkar, B. S. (2011). Guar gum: processing, properties and food applications—A Review. *Journal of Food Science and Technology*, 51(3), 409–418.
<https://doi.org/10.1007/s13197-011-0522-x>
- Naqash, F., Gani, A., Gani, A., & Masoodi, F. A. (2017). Gluten-free baking: Combating the challenges - A review. *Trends in Food Science and Technology*, 66, 98–107.
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.06.004>
- Nékám K., Szemere P. (szerk.) (1994): Táplálkozási allergiák, Springer
Hungarica Kiadó, Budapest, 197-202
- O’Shea, N., Arendt, E. K., & Gallagher, E. (2014). State of the art in Gluten-Free research. *Journal of Food Science*, 79(6). <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12479>

- Pejcz, E., Szychaj, R., Wojciechowicz-Budzisz, A., & Gil, Z. (2018). The effect of *Plantago* seeds and husk on wheat dough and bread functional properties. *LWT*, *96*, 371–377. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.05.060>
- Polgár M. (2005): A coeliakia és gabonaallergia jellegzetességei, diagnosztikus és étrendi konzekvenciái gyermek és felnőtt korban, In: Bánáti D., Molnár I.(szerk), *Gluténmentes élelmiszerek, Élelmiszer -biztonsági közlemények II.* Központi Élelmiszer-tudományi Kutatóintézet, Budapest, 14-18
- Rai, S., Kaur, A., & Chopra, C. S. (2018). Gluten-Free products for celiac susceptible people. *Frontiers in Nutrition*, *5*. <https://doi.org/10.3389/fnut.2018.00116>
- Román, L., Belorio, M., & Gómez, M. (2019). Gluten-Free Breads: The gap between research and commercial reality. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, *18*(3), 690–702. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12437>
- Sánchez, H. D., Osella, C. A., & De La Torre, M. A. (2002). Optimization of Gluten-Free Bread Prepared from Cornstarch, Rice Flour, and Cassava Starch. *Journal of Food Science*, *67*(1), 416–419. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb11420.x>
- Szalai, L. (1990). *A sütőipar technológiája*. Budapest.
- Szalai, L. (2007). *A sütőipar technológiája*. Budapest.
- Torbica, A., Hadnadev, M., & Dapčević, T. (2010). Rheological, textural and sensory properties of gluten-free bread formulations based on rice and buckwheat flour. *Food Hydrocolloids*, *24*(6–7), 626–632. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2010.03.004>
- Khakollari, V., Canavari, M., & Osman, M. (2019). Factors affecting consumers' adherence to gluten-free diet, a systematic review. *Trends in Food Science and Technology*, *85*, 23–33. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.12.005>
- Ziobro, R., Witczak, T., Juszcak, L., & Korus, J. (2013). Supplementation of gluten-free bread with non-gluten proteins. Effect on dough rheological properties and bread

characteristic. *Food Hydrocolloids*, 32(2), 213–220.

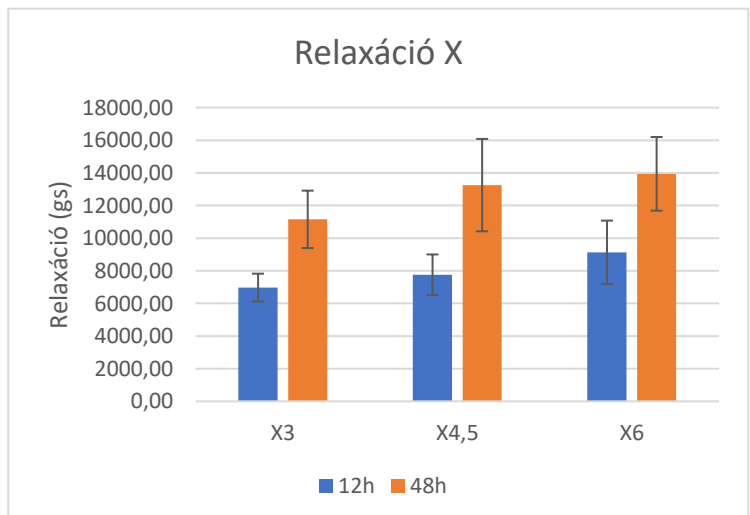
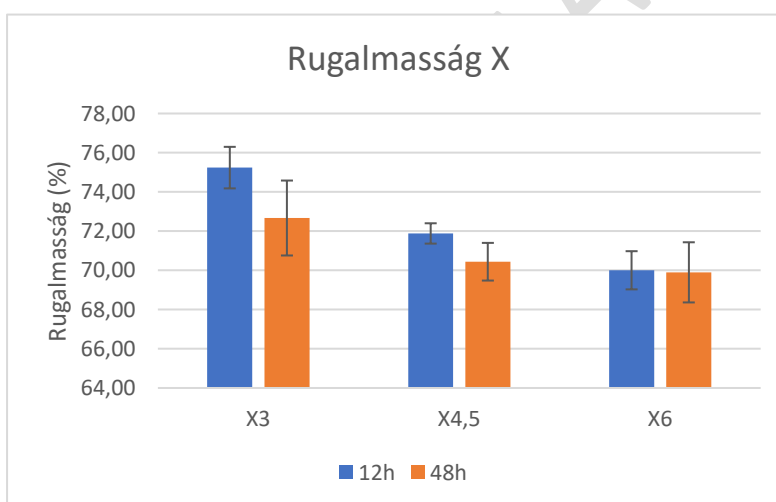
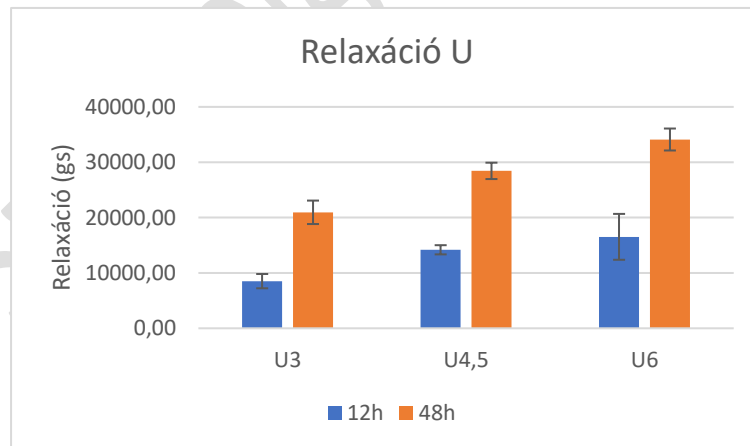
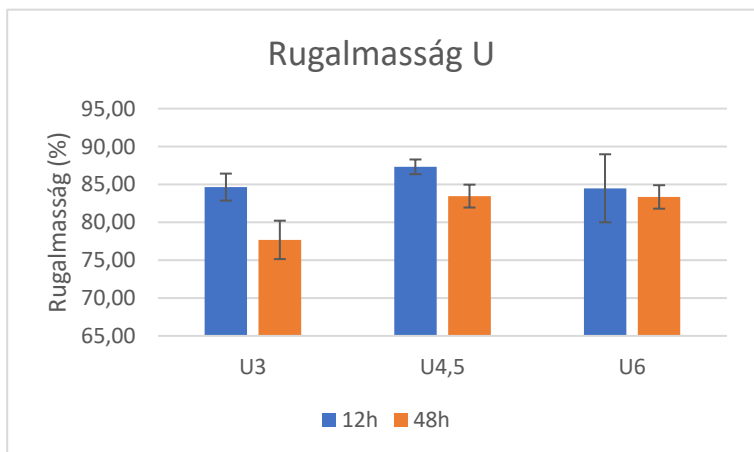
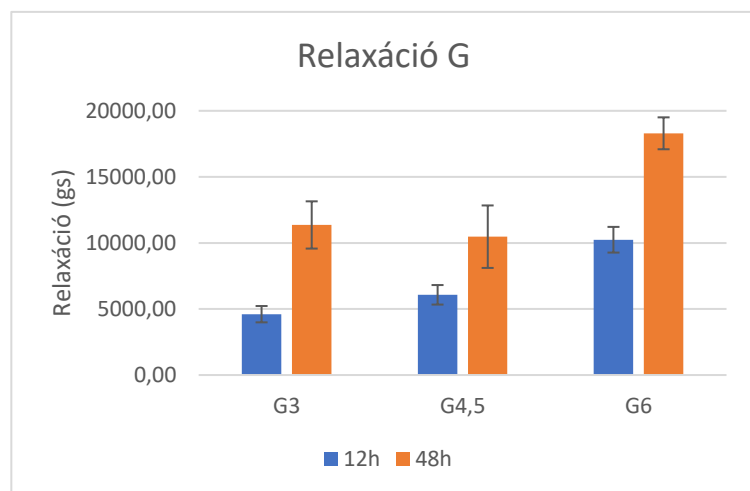
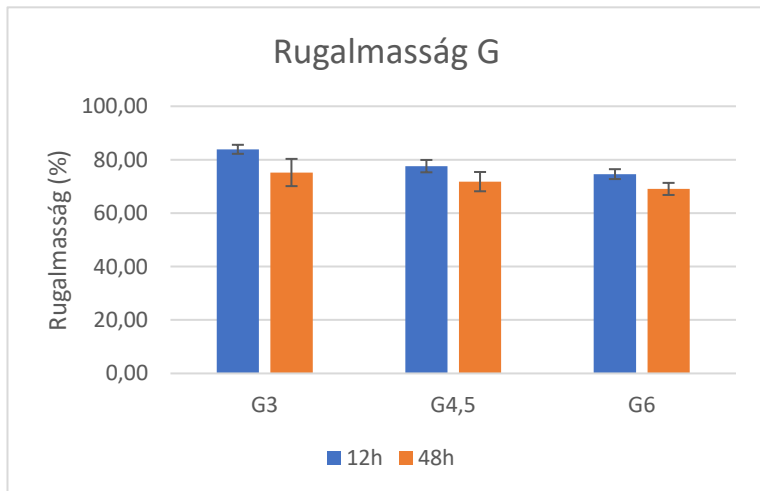
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.01.006>

Zorzi, C. Z., Garske, R. P., Flôres, S. H., & Thys, R. C. S. (2020). Sunflower protein concentrate: A possible and beneficial ingredient for gluten-free bread. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 66, 102539.

<https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102539>

Ludwig Áron Szakdolgozat

8. Melléklet



		h (mm)	Q	Rugalmasság (%)	Relaxáció (gs)	Kompresszió (gs)	Merekség (1/gs)
G3 12h	Átlag	27,54	1,58	83,89	4605,20	1413,94	24,78
G3 12h	Szórás	0,60	0,05	1,69	618,13	176,94	2,64
G3 48h	Átlag	27,07	1,94	75,21	11360,15	2966,43	45,61
G3 48h	Szórás	1,09	0,08	5,10	1788,10	390,62	6,58
G4,5 12h	Átlag	26,55	1,72	77,60	6072,13	1758,17	29,37
G4,5 12h	Szórás	1,13	0,06	2,31	739,83	199,55	2,55
G4,5 48h	Átlag	25,48	1,95	71,79	10472,86	2668,60	44,05
G4,5 48h	Szórás	1,30	0,05	3,61	2365,03	539,28	8,21
G6 12h	Átlag	27,23	1,72	74,60	10240,78	2946,28	48,32
G6 12h	Szórás	0,80	0,04	1,85	971,93	230,97	3,64
G6 48h	Átlag	24,78	1,94	69,07	18297,00	4530,50	79,02
G6 48h	Szórás	0,68	0,02	2,26	1207,32	310,87	5,08
U3 12h	Átlag	26,41	1,54	84,64	8515,27	2526,54	49,74
U3 12h	Szórás	0,63	0,04	1,78	1292,18	400,46	5,70
U3 48h	Átlag	26,74	1,87	77,67	20954,32	5245,96	88,00
U3 48h	Szórás	1,17	0,05	2,54	2119,37	487,76	8,35
U4,5 12h	Átlag	27,13	1,52	87,32	14182,88	4187,23	82,40
U4,5 12h	Szórás	0,23	0,01	0,97	831,23	245,59	4,99
U4,5 48h	Átlag	27,24	1,73	83,45	28440,92	7419,22	130,37
U4,5 48h	Szórás	0,96	0,02	1,51	1479,69	319,92	8,01
U6 12h	Átlag	27,52	1,52	84,48	16521,49	4906,23	95,03
U6 12h	Szórás	1,31	0,03	4,49	4145,65	1267,98	24,85
U6 48h	Átlag	27,39	1,69	83,34	34108,52	8974,68	160,37
U6 48h	Szórás	1,09	0,02	1,55	1984,71	623,20	5,95
X3 12h	Átlag	26,60	1,54	75,24	6974,01	1790,40	39,24
X3 12h	Szórás	0,36	0,04	1,06	849,18	198,48	4,49
X3 48h	Átlag	24,62	1,65	72,67	11153,58	2508,20	58,94
X3 48h	Szórás	0,81	0,02	1,91	1759,88	387,13	8,28
X4,5 12h	Átlag	25,92	1,56	71,88	7756,60	1913,39	43,07
X4,5 12h	Szórás	0,82	0,03	0,52	1245,62	265,05	5,72
X4,5 48h	Átlag	25,42	1,64	70,44	13252,86	2964,66	67,85
X4,5 48h	Szórás	0,61	0,04	0,96	2831,31	596,96	10,16
X6 12h	Átlag	26,16	1,60	70,00	9133,07	2260,75	48,27
X6 12h	Szórás	1,44	0,05	0,97	1943,78	365,17	9,94
X6 48h	Átlag	26,49	1,65	69,90	13940,91	3262,52	69,00
X6 48h	Szórás	0,76	0,03	1,53	2259,42	487,82	8,18



NYILATKOZAT

Ludwig Áron (név) (hallgató Neptun azonosítója: DYU304)
konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot¹ hogv a
áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és
etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő
védésre javaslom/² nem javaslom²

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

Kelt: 2023. év november hó 02 nap

K. Gy. L.
belső konzulens

¹A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

²A megfelelő aláhúzendó. ³

A megfelelő aláhúzendó.

NYILATKOZAT

A szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Ludwig Áron
A Hallgató Neptun kódja: DYU304
A dolgozat címe: Sikérhelyettesítők összehasonlítása
gluténmentes kenyereknél
A megjelenés éve: 2023
A konzulens intézetének neve: Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
A konzulens tanszékének a neve: Gabona és Iparnövény Technológia Tanszék

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

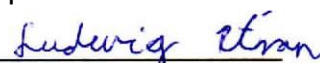
Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

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

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

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és - nem titkosított dolgozat a védést követően - titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelté után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: 2023 év 11 hó —10— nap



Hallgató aláírása