

SZAKDOLGOZAT

Makai Béla Szakdolgozat

Makai Béla

2023

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Élelmiszertudományi Kar

Gabona- és Iparinövény Technológiai Tanszék

A mikronizált liszt

Makai Béla Szakdolgozat

Makai Béla

Budapest

2023

**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet**

**Szak neve: BSc Élelmiszermérnöki
Élelmiszerkereskedelem**

Szakedolgozat készítés helye: Gabona- és Iparinövény Technológiai Tanszék

Hallgató: Makai Béla

A szakedolgozat címe: A mikronizált liszt

Konzulens: Badakné dr. Kerti Katalin

Beadás dátuma: 2023. május 9

Badaki dr. K. Kati
szakedolgozat készítés helyének vezetője
(név)

Badaki dr. K. Kati
konzulens
(név)

Dr. Fehér Orsolya
Élelmiszerkereskedelem ismeretkör felelős

Tartalomjegyzék

1. BEVEZETÉS.....	3
2. A MUNKA CÉLJA.....	4
3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	6
4. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK	11
4.1. Mixolab	11
4.2. Extenzográf	12
4.3. Próbacipó	13
4.4. Texture Profile Analysis vagy két harapás teszt	14
4.5. Farinográf	16
5. KÍSÉRLETI EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK.....	17
5.1. Mixolab	17
5.2. Farinográf	24
5.3. Extenzográf	26
5.4. Texture Profile Analysis.....	29
6. ÖSSZEFOGLALÁS	43
7. IRODALMI HIVATKOZÁS	45

1. Bevezetés

Az élelmiszeripar egy folyamatosan fejlődő iparág. Az elmúlt és a mostani időszak történéseinek következtében az élelmiszerek beszerzése az emberek jövedelmének jóval nagyobb részét teszi ki, mint előtte. Ezek a változások összességében negatívak, viszont teret nyithat olyan technológiák számára, amiket eddig a magas fajlagos költségük miatt nem szívesen alkalmazott az élelmiszeripar. A magasabb alapanyagár előre vetítheti azt, hogy jobban megérheti magasabb technológiai költséggel járó folyamatok alkalmazása az ipar bármely területén. Az étel mindig is fontos volt az emberiség számára, rengeteg szükségszerű technológiai fejlesztést kellett tennünk azért, hogy amit ma megeszünk, az biztonságos, elérhető forrásból származzon. Fontos továbbá a megfelelő tápanyag bevitel, amellyel a tudomány folyamatosan foglalkozik, ezzel egy élhetőbb, kényelmesebb világot elhozva nekünk. A fejlesztések kihatnak továbbá a fejlődő országok élelmiszerfogyasztására is, ahol az adott körülmények között kell megtermelni és előállítani az adott élelmiszereket.

Nincs ez másképp a malomiparban sem, ahol a fejlődés egyre fontosabb lesz. Az elmúlt időszakban a gabonák ára szignifikánsan emelkedik, ezzel egy olyan ipari helyzetet hozva létre, ahol a jövőben akár arányosan kevesebb lehet a technológiai költsége a lisztnek az alapanyaghoz képest. Ezt a folyamatot még tetézi a klímaváltozás, ami Magyarországon és az egész világon egy merőben új mezőgazdasági helyzetet fog eredményezni.

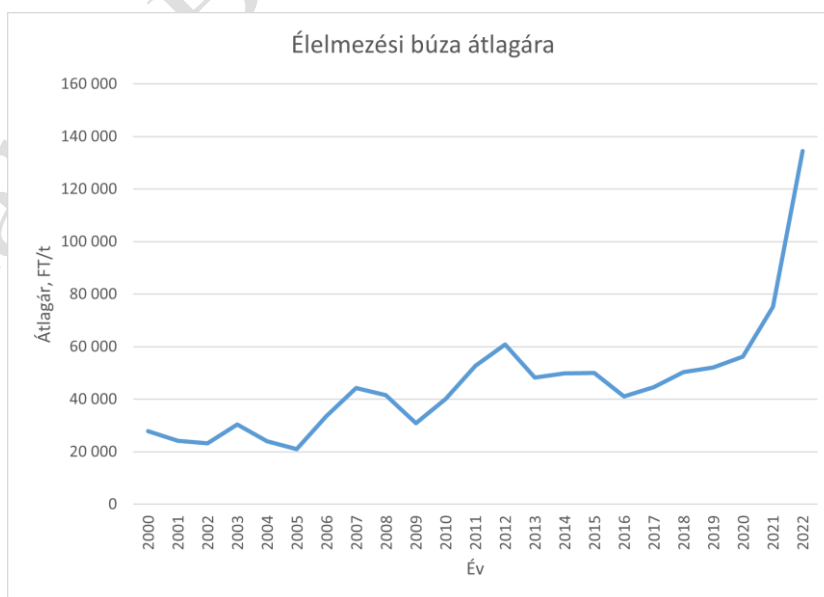
Persze, ezzel együtt az energiaárak is emelkedtek, ami növekedést jelent a technológiai költségekben is, de ez nem ennek a szakdolgozatnak a témája.

Az általam választott téma a mikronizált liszt, amely *Jet mill* technológiával készül, ezzel egy apróbb szemcseméretű terméket létrehozva. A szakdolgozatom célja, hogy ezt a terméket egy kicsit jobban megismerjem, feltárjam az esetleges okait, hogy hazánkban miért nem elterjedt, továbbá megismerjem a jövőbeni lehetőségeket a készítmény mögött.

2. A munka célja

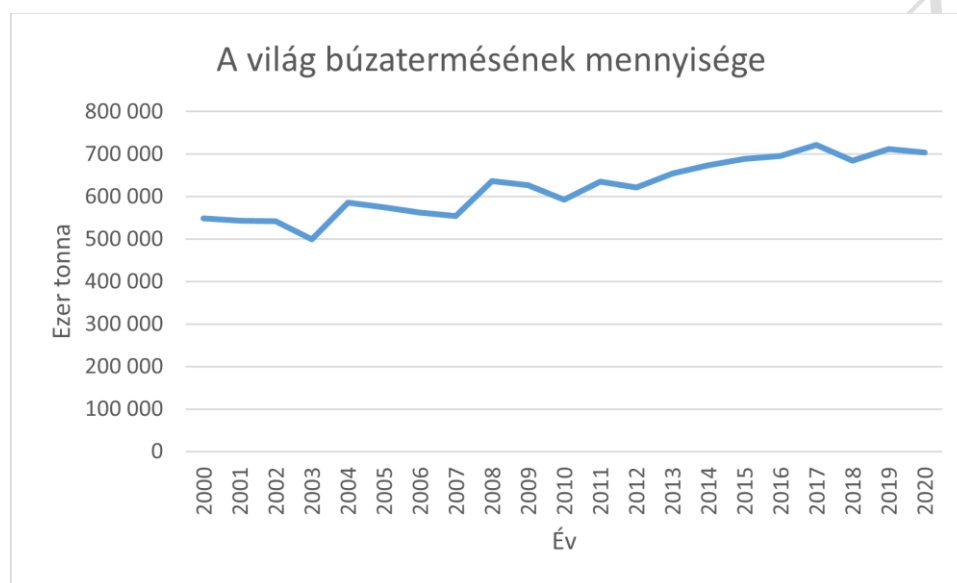
A munka célja, hogy különböző kísérleteken keresztül többet tudjak meg az adott alapanyagról, tágabb képet kapjak annak felhasználásáról és lehetőségeiről. Ennek elérése érdekében a mikronizált lisztet összevettem egy teljes kiőrlésű liszt mintával. Ezzel az volt a célom, hogy megmutassam a két termék közötti különbségeket, feltárjam az előbbi előnyeit a teljes kiőrlésű liszttel szemben, ha van.

Az említett liszt feltételezésem és a szakirodalom szerint magasabb vízfelvevő képességgel rendelkezik, mint a nagyobb szemcseméretű társai. Ez köszönhető a kisebb szemcseméretnek, ami több vizet tud megkötni. Gazdaságilag ez lehet előnyös, hiszen ugyanakkora tömegű terméket tudunk előállítani kevesebb liszt felhasználásával. Ez az állítás viszont veszélyes, hiszen ebben nincs benne az adott liszt magasabb technológiai költsége, amely az eljárás intenzitása okoz. Ez nagyban megdobhatja az adott termék árát, de nem egy feltétlen elvetendő ötlet. Ahogy a bevezetésben is írtam, a világ változik, és ez nagy változásokat fog okozni az élelmiszeriparban is. A Budapesti Értéktőzsde gabona átlagár-kimutatása szerint 2021 szeptemberben az euro búza átlagára 75 688 Ft/tonna volt, a 2022-es szeptemberi érték pedig 134 500 Ft/tonna. Ez közel 78 %-os ár növekedés, amely mellett nehéz elmenni. Ennek megvannak persze a gazdasági, továbbá politikai okai, de nem egy erős feltételezés, hogy az élelmezési búzának nem fog lentebb menni az ára. Ennek a ténynek alátámasztásaként készítettem egy diagramot a KSH adatai szerint, kiegészítve a 2022-es BET adatával, a búzaárak alakulásáról egészen 2000-tól 2022-ig.



1. ábra: Az élelmezési búza átlagára évenkénti leosztással (KSH adatai szerint)

Ezen a diagrammon látható, hogy az árak egyértelműen nőnek, és ez nem a pénz inflációjának szintjén jelentkezik. Az elmúlt 2 évben kifejezetten magas volt ez a növekedés, közel 140 %-os. Ha ezt összevetjük a termésmennyiségekkel a világban, akkor azt tapasztalhatjuk, hogy a mennyiségeknek kicsi a növekedése, de nincs jelentős csökkenése, viszont mégis meggy fel az ára a búzának. Ebből következtetnek arra, hogy ilyen áremelkedések mellett csökkenhet a búza feldolgozásának technológiai költsége, ha arányosítjuk a megnövekedett árhoz.



2. ábra: A világ búzatermésének mennyisége (KSH)

Ez teret adhat energiaigényesebb technológiáknak is, mint a mikronizálás. Viszont ez akkor lehet releváns, ha az alapanyag jobb technológiai paramétereket mutat, vagy olyan előnyt ad a felhasználónak, amely egyedivé teszi az ebből készült terméket. Ezért lehet érdekes vizsgálni ezt a terméket, amely kiaknázatlan előnyöket mutathat nekünk a jövőre nézve.

3. Irodalmi áttekintés

Jet Mill

A *Jet Mill* egy őrlési művelet, ahol nagyon kis szemcseméret elérése a cél. Általában 1 és 10 μm közötti tartomány elérésére használják a gyógyszeriparban és az ásványi iparban.



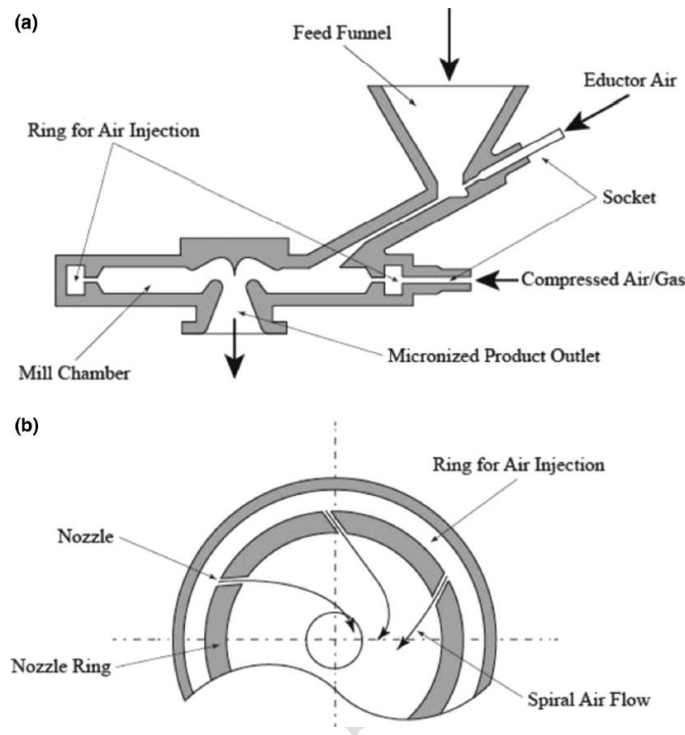
3. ábra: Jet mill (Internet)

Ahogy Wenjie Gao és munkatársai (2020) is leírták, a *Jet milling*, vagy más elnevezést használva a magas sebességű légáram porlasztás, egy olyan őrlési technológia, amelyben sűrített gázok segítségével nagyon apró szemcseméretet hoznak létre.

Az eljárás során a nyersanyag magas sebességgel bepermetezésre kerül az őrlőkamrába a fúvókákon át sűrített levegő segítségével, ami a részecskék egymáshoz való ütközésével és a részecskék falnak való ütközésével méret csökkenést ér el. A Joules Thompson effektus hatására nem történik nagy hőmérsékletnövekedés, ami ezt a technológiát hasznossá teszi olyan anyagoknál, amik kifejezetten érzékenyek a hőre. Az elérhető szemcseméretet nagyban befolyásolja maga a nyersanyag, amelyet őrlünk. Egy ilyen malom a teljesítményt nézve elég széleskörű, 1 g/h kapacitástól megtalálható egészen a 6 mt/h-ig. Sokféle gáz használható hozzá, túlhevített gőz vagy nitrogén, de a leggyakrabban használt az a sűrített levegő. Rengeteg területen használják ezt a technológiát, viszont az élelmiszeriparba is kezd betörni. Hátrányt jelent viszont a magas energiaigény.

A technológia előnyeihez lehet sorolni a finom őrlést és szűk szemcseméret-eloszlást, a konzisztens hőmérsékletet, magas őrlési hatékonyságot, alacsony szennyezettséget a kések

és egyéb eszközök hiányából adódóan, könnyű takarítást, és az aszeptikus használati lehetőséget. Hátrányként kell azonban felsorolni, hogy a magas olaj, víz és rost tartalmú nyersanyagok nehezen őrlhetőek, nagy a berendezés helyigénye továbbá magas az őrlés költsége.



4. ábra: *Jet mill* működési elve (Gao 2020)

Protonotariou(2020) cikke a *Jet milling* technológia hatékonyságáról szól.

A kutatás búzalisztet használva akarja megállapítani, mi a megfelelő módszer az adagolás és a légnyomás tekintetében. Figyelembe veszi a sűrűséget, nedvességet, gluténtartalmat, roncsolódott keményítőt és színt is. Azt a megállapítást teszi, hogy 70 % adagolás alatt nem kifejezetten energiahatékony az őrlés, ezért ezt nem ajánlja. Az ajánlott adagolási ráta vagy 100 %, vagy 90 %, és emellett 8 bar nyomást érdemes használni, hisz így csökkenthetjük az egész őrlés alatt használt energiát.

Josemere Both és munkatársai (2020) azzal foglalkoztak kutatásukban, hogy milyen hatással van a tézta tulajdonságaira, ha mikronizált lisztet használunk és xilanázt adagolunk hozzá.

A cikk alapján kifejezetten nagy az igény a teljes kiőrlésű termékekre a tápanyagbeli tulajdonságaik miatt. A teljes kiőrlésű termékek megfelelő forrást jelentenek különböző makro- és mikrotápanyagok szempontjából, mint a vitaminok, ásványi anyagok, szénhidrátok, rostok és antioxidánsok (Jonnalagadda 2011).

A helyzet viszont az, hogy a teljes kiőrlésű liszt ronthatja az érzékszervi tulajdonságait a terméknek, kavicsos textúrát és alacsony fermentációs térfogatot okozhat, ami növelheti a keménységet és változást okozhat a színben, ízben és aromában, ezzel csökkentheti a vevői elfogadottságot.

Néhány kutatás azt mutatja, hogy a sütési teljesítményt javítja, hogyha a teljes kiőrlésű liszteknek kisebb a mérete (Heiniö 2016, Li 2012, Bressiani 2017). A mikronizálás művelete *jet millel* lehetővé teszi a szemcseméret csökkentését a hőre érzékeny komponensek minőségének csökkenése nélkül. A folyamat viszont kihat a rostokra is, és ezeknek a méretcsökkenését is eredményezi. Ezáltal a keményítő leválik a fehérje mátrixról.

Hogy minimalizálják a rostok roncsolódását, enzimeket lehet használni, mint a xilanáz. Ez segít hidrolizálni a nem rost eredetű poliszacharidokat, ezzel segítve a tészta és kenyér sütési tulajdonságait.

A xilanáz egy olyan hidroláz, amely a xilánt depolimerizálja. Ezt előállítják gombákkal, baktériumokkal, élesztővel, növényi algákkal, de a legfőbb előállítási forrás a *filamentous fungi* gomba segítségével történik.

A kutatásban 116 µm, 158 µm, 261 µm, 364 µm és 406 µm szemcseméretű lisztek voltak használva. Az eredmény azt mutatja, hogy 158 µm és 261 µm-es szemcseméretnél volt alacsony a szilárdság és a rágósság, ehhez pedig 100 és 60 mg kg⁻¹ xilanáz lett adagolva a tésztához. A xilanáz mennyiségének növelése nemkívánatos változásokat idézhetnek elő a tészta minőségében, de a kenyér minősége állandó marad. A nagyon apró és a nagyon nagy szemcseméret is befolyásolja a tészta minőségét. Ezért a mikronizált lisztet és a xilanázt óvatosan kell használni, hogy az egyéb problémákat elkerüljük, amiket nagyrészen a rostok okoznak.

Yujuan Gu és munkatársai (2021) vizsgálták a tápanyag-összetételét és különböző fizikokémiai tulajdonságait a különböző szemcsemérettel rendelkező zabliszteknek. A különböző méretű szemcsék elkülönítését elektromos szitával végezték, ahol 6 különböző mérettartományt állapítottak meg. Az első tartomány a 180 µm-nél nagyobb szemcsék, a második a 150-180 µm közötti szemcsék, a harmadik a 132-150 µm közötti tartomány, a negyedik a 100-132 µm között megtalálható méretek, az ötödik a 74-100 µm-es tartomány, a hatodik pedig a 74 µm-nél kisebb szemcsék. Az eredeti lisztet is vizsgálatba vették, így alakult ki a 7 mintából álló sor. (S₀-S₆)

Többféle vizsgálatot is elvégeztek, többek között lézeres szemcseméret-analízist, elektron mikroszkópos vizsgálatot, különböző tápanyagvizsgálatokat. Vizsgálták továbbá a vízfelvételt, duzzadási teljesítmény indexet (*Swelling power index*), és a vízdoldhatóság indexet.

Az eredmények azt mutatták, hogy a zabliszt az egy keverék, ahol különböző méretű szemcsék találhatóak. Több mint 70% volt, ami átment a 132 μm -es szitán. A legnagyobb mennyiségű szemcse a 100-132 μm -es tartományban volt (33,03%), ezután a 74-100 μm -es tartomány következett (28,05%).

A kísérletek azt is bemutatták, hogy a különböző zabliszt frakcióknak más a tápanyag értékük, és más a fizio-kémiai tulajdonságuk. A kisebb szemcsékben volt található a legtöbb keményítő, fehérje komponens (kivéve az albumin) és a telített zsírsav. A méretbeli különbségeknek köszönhetően a legnagyobb szemcsék mutatták a legnagyobb vízdoldhatósági indexet, a közepes szemcsék (100-132 μm) a legnagyobb gélesedési viszkozitás (*pasting viscosity*), és a legkisebb szemcséknek volt a maximális gélesedési entalpia.

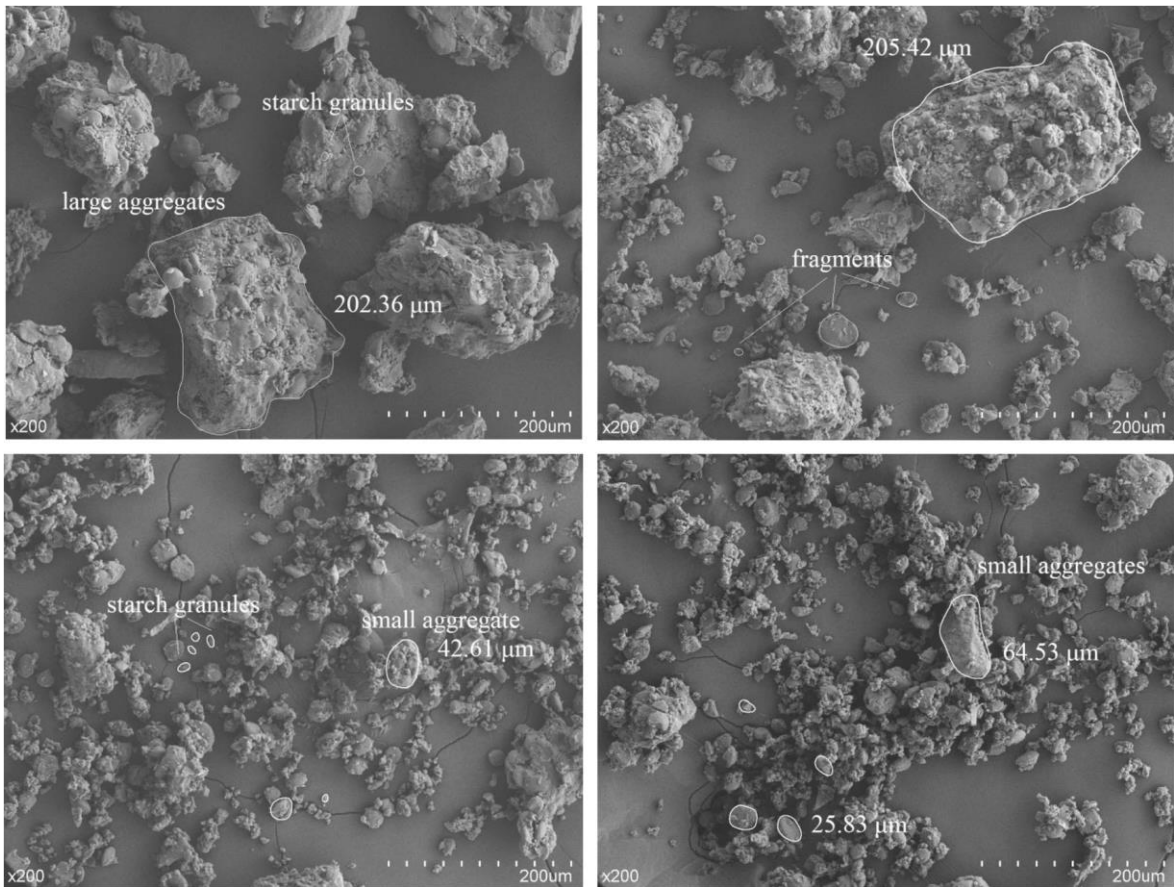
Egy másik kutatásban Angelidis és csapata (2015) foglalkozott a témával. Cikkükben a *jet milling* hatásait vizsgálták a búzaliszt karakterisztikájára és a keményítő hidrolízisére. A vizsgálatokhoz 3 különböző őrlésből származó lisztet használtak, amelyek más légnyomással, adagolási sebességgel és vibrációval lettek leőrölve.

1. táblázat: A *jet mill*el őrlött liszt szemcseméretei különböző beállítások alapján (Angelidis, 2015)

Liszt kódja	Légnyomás(bar)	Adagolás sebessége(kg/h)	Vibrációs ráta(%)	Szemcseméret(μm)
Kontrol	-	-	-	127.45
F1	4	2.71	100	62.30
F2	8	4.08	100	22.94
F3	8	1.93	100	11.44

Azt vették észre, hogy ahogy növelték az őrlés intenzitását, úgy csökkent a liszt szemcsemérete. Az őrlés 4 bar nyomáson 62.3 μm -es szemcseméretet, 8 bar nyomáson pedig

22.94 μm -es méretet eredményezett. Ezt tovább lehetett csökkenteni, ha az adagolás sebessége lassabb volt.



5. ábra: A lisztek elektronmikroszkópos vizsgálat eredménye a különböző mintákon 200x nagyításnál (Angelidis 2015)

Ahogy az elektronmikroszkópos vizsgálaton látszik, hogy a kontrol csoportnál nagyobb szemcsék vannak, amelyek egyben maradtak. Az F1-es mintában is találhatóak nagyobb szemcsék, viszont az F2-nek és az F3-nak sokkal hasonlóbb a szemcseméret eloszlása. Ez köszönhető a nagyobb őrlési intenzitásnak.

4. Anyagok és módszerek

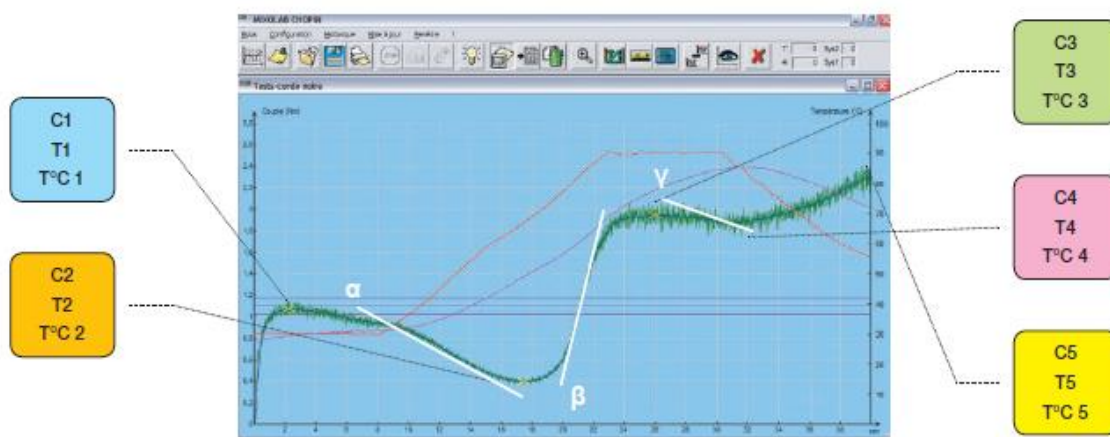
4.1. Mixolab

A Mixolab egy olyan mérőeszköz, amely keverés közben méri a tészta reológiai tulajdonságait a keverés és a hőmérsékletváltozások hatására. Méri továbbá a tésztára ható nyomatékot a két keverőkar között.

A kísérlet menete:

1. Kiválasztjuk a kívánt programot
2. Megszabjuk a minta nedvességtartalmát és a közelítőleges vízfelvételt
3. Kimérjük a Mixolab szoftver alapján meghatározott mennyiségű mintát.
4. Becsukjuk a mérőeszköz fedelét, elindítjuk a tesztet.
5. Belehelyezzük a kimért lisztet.
6. Rácsatlakoztatjuk a vízcsapot.

Kiértékelés



6. ábra: A mixolab által rajzolt diagram (Chopin, 2012)

C1-Meghatározható a vízfelvétel

C2- Mérhető a fehérje gyengülése a mechanikai munka és a hőmérséklet függvényében

C3- Mérhető a keményítő zselatinizáció

C4-Mérhető a meleg gél stabilitása

C5-Mérhető a keményítő retrogradáció a lehülő szakaszban

T°C 1-5 és T1-T5- A tészta hőmérséklete és a különböző nyomatékok előfordulásának megfelelő idő

A kísérlettel meghatározható:

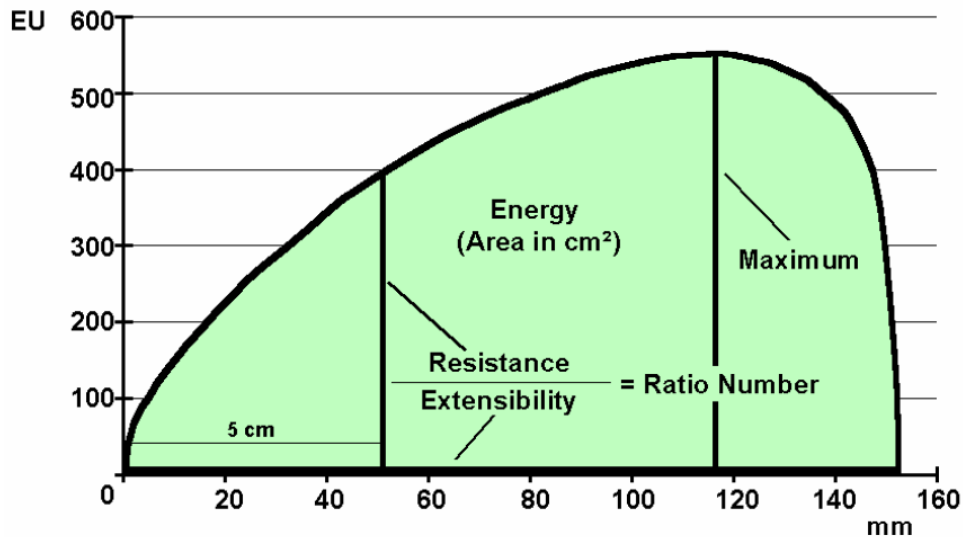
- Vízfelvétel
- Tésztakialakulási idő
- Stabilitás
- Az összes nyomaték érték
- A tészta hőmérséklete az adott szakaszokban

4.2. Extenzográf

Az extenzográf egy olyan mérőeszköz, amely a lisztek minősítésére és értékelésére alkalmazható, meghatározhatóak vele a tészta különböző fizikai jellemzői, kifejezetten a tészta erőssége.

A malom és sütőipar területén meglehetősen fontos az állandó minőségű liszt alkalmazása. Ezen igényt legmegfelelőbben objektív vizsgálatokkal lehet kielégíteni, amelyek a tészta viselkedését mutatják be a sütési eljárás különböző részeiben. Az extenzográffal meghatározhatóak a tészta nyújtási tulajdonságai, ezek között a nyújttással szembeni ellenállás (rezisztencia), továbbá a nyújthatóság.

Mivel ez egy hosszú idejű vizsgálat, ezért kiválóan alkalmas adalékolt lisztek vizsgálatára, ahol aszkorbinsavat, enzimeket és emulgeálószeret adagolunk a liszthez, és ennek vizsgáljuk a reológiai tulajdonságait.



7. ábra: Extenzográf grafikonja (Boros, 2011)

A méréssel a következő tulajdonságok határozhatóak meg:

- 5 cm-rel való megnyúláskor mért ellenállás (R_5)
- Nyújthatóság (E)
- Görbe alatti terület (A)
- Nyújtással szembeni legnagyobb ellenállás (R_{max})

4.3. Próbacipó

A TPA vizsgálathoz el kellett készíteni 3 db próbacipót. Egyet a teljes kiőrlésű mintából, egyet a mikronizált lisztből és a mixolabbal meghatározott vízfelvevő képességgel, az utolsót pedig a mikronizált liszt gyártója által felvetett 70 %-os vízfelvétellel.



8. ábra: A három cipó sütés után

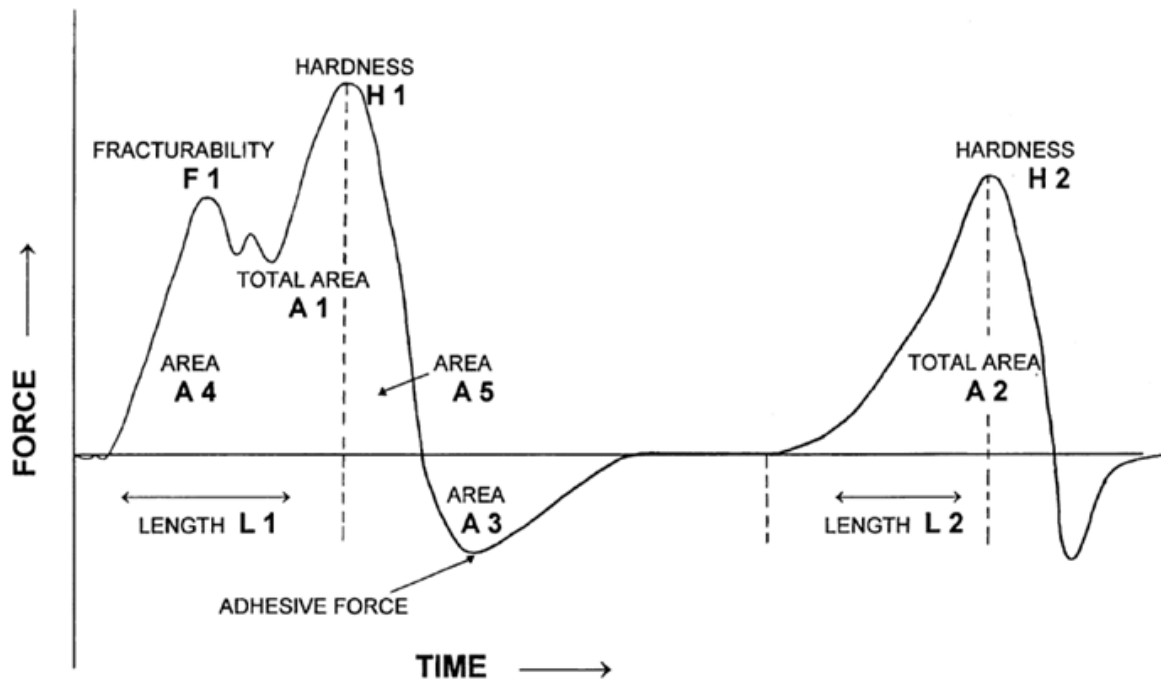
A próbacipó receptje lisztre vonatkoztatva (Dr. Szabó P. Balázs):

- 3% élesztő
- 2 % só
- 0,5 % cukor
- Megfelelő mennyiségű víz

1 db próbacipóhoz 300 g lisztet mértem ki, 9 g élesztőt, 6 g sót, 1,5 g cukrot és a lisztekhez tartozó megfelelő mennyiségű vizet. Külön feloldottam az élesztőt, a sót és a cukrot. 5 perces dagasztási műveletet hajtottam végre egy ipari dagasztógéppel, majd hagytam a tésztát érni 30 percig. Ezután 400 g-ot kimértem a tésztából, és kelesztettem. A sütés a lehetőségek szerint 260 °C helyett csupán 230 °C-on történt, viszont 32 perc alatt így is megfelelően megsültek a kenyerek.

4.4. Texture Profile Analysis vagy két harapás teszt

A TPA módszer az emberi harapást hivatott modellezni, amely során a mintát két alkalommal ugyanolyan erejű deformációnak tesszük ki. A két erőhatás között kifejezetten rövid idő telik el, amely miatt alkalmas az emberi rágás imitálására. Ahogy Meretei (2012) munkájában olvasható, az erő deformációs görbét a mérés során körülményes értékelni a kettős terhelés következtében. Ebből az információból, továbbá abból, hogy a mérőfej sebessége az egész mérés alatt egyenletes, az következik, hogy az eltelt idő arányos a deformáció mértékével.



9.ábra: A TPA erő-idő diagramja (Meretei, 2012)

A mérés során 5 fontos paraméter válik ismerté számunkra:

1. Keménység: A deformáció eléréséhez szükséges erő. A keménységet a grafikon első csúcsa adja meg, mértékegysége: N
2. Rugalmasság: A mért minta visszaalakulását jellemzi, amely a terhelés után bekövetkezik, százalékban adjuk meg
3. Kohézió: A belső kötőerőt írja le, ami a mintában uralkodik, mértékegysége nincs
4. Rágási ellenállás: A minta rágásához szükséges erő. A rágási ellenállás felírható a keménység és a kohézió szorzataként, mértékegysége: N
5. Rágáshoz szükséges energia: A minta lenyelhetővé tételéhez szükséges rágási energia. Felírható a rágási ellenállás és a rugalmasság szorzataként, mértékegysége: N*mm (mJ)

4.5. Farinográf

A farinográf egy Hankóczy Jenő által szerkesztett lisztminősítő műszer. A keverő dagasztóberendezés két egymással szemben és más sebességgel forgó Z-karból áll, amelyre ható nyomatókat mér a műszer, és ezt egy diagrammon rögzíti. Az eszközzel mérni lehet a vízfelvevő képességet, a tésztakialakulás időtartamát, a tészta stabilitását és a tészta ellágyulását.

A mérés a liszt nedvességtartalmának meghatározásával kezdődik, amely gyorsnedvességmérővel határozható meg. Ezt követően a farinográf lombikját vízzel, majd be kell kapcsolni a fűtést, ami a 30 °C-ot biztosítja. A bürettába desztillált vizet töltünk. Ezután bemérjük a csészének megfelelő, továbbá a szoftver által meghatározott mennyiségű lisztet, majd a programot elindítjuk. Ehhez be kell táplálni a gépbe a liszt nedvességtartalmát, továbbá a becsült vízfelvevő képességet. Ha ezekkel a paraméterekkel a konzisztencia 480 és 520 FE közé esik, akkor megfelelő a mérés. Ha nem, akkor a szoftver által ajánlott vízfelvevő képességgel újra kell indítani a mérést.

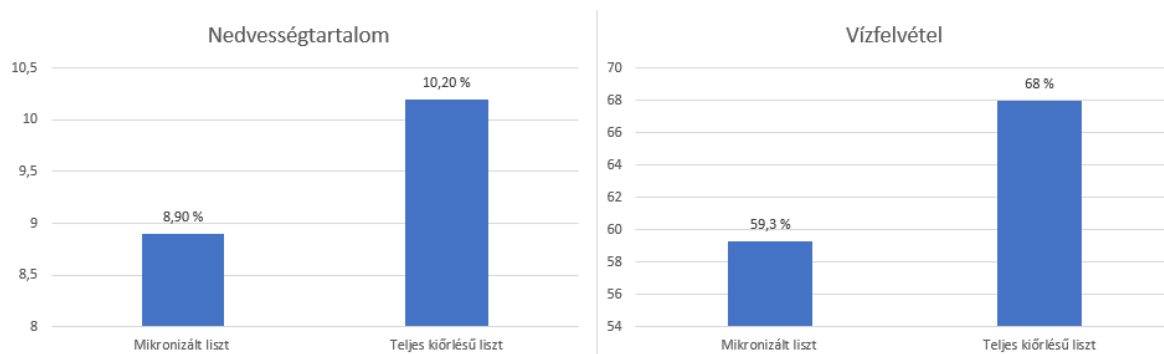


10. ábra: Farinográf (Internet)

A kísérletekben 2 mintát használtam, a mikronizált lisztet, és egy hazai boltokban kapható teljes kiőrlésű lisztet. A célom ezzel az volt, hogy legyen egy kontroll-mintám, amelyhez tudom hasonlítani a szakdolgozat témáját adó lisztet.

5. Kísérleti eredmények és értékelésük

5.1. Mixolab

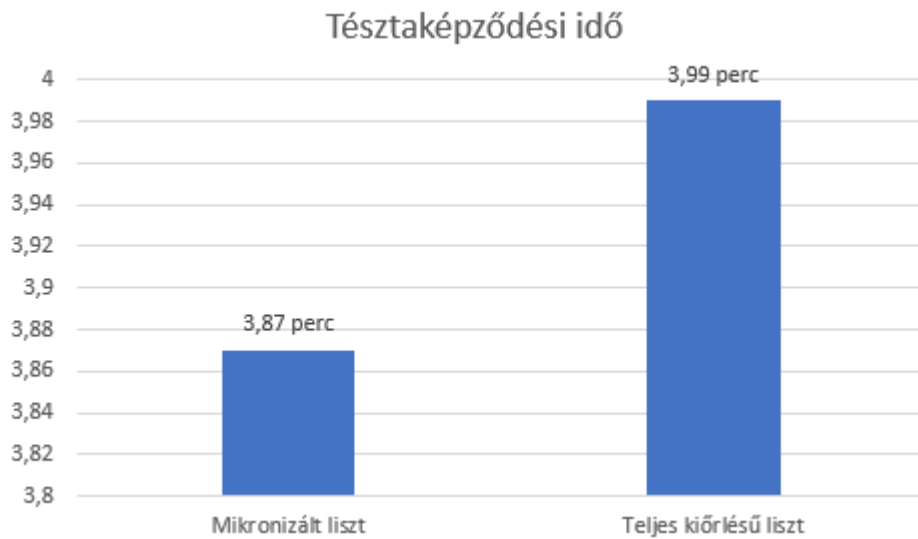


11.ábra: A gyorsnedvességmérővel meghatározott nedvességtartalom és a mixolabbal mért vízfelvétel

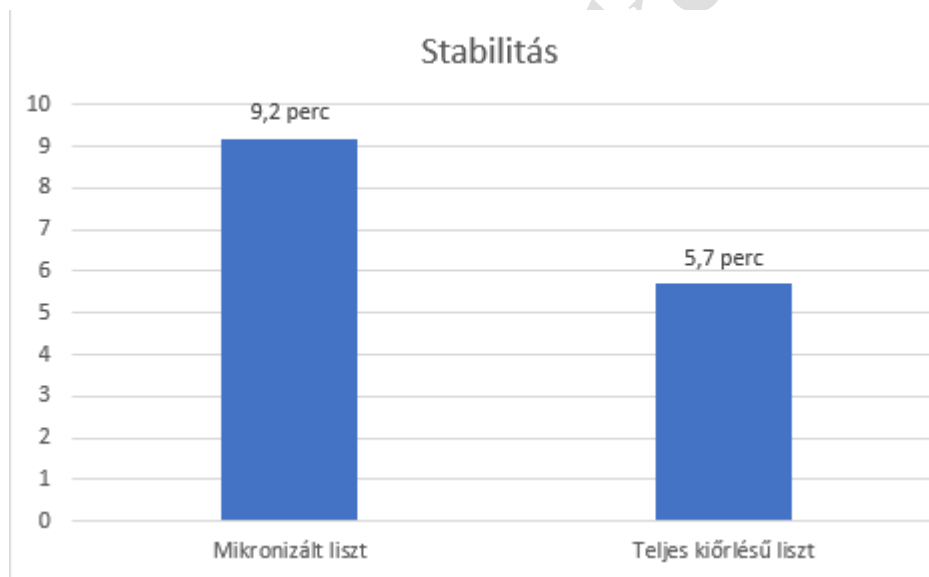
Az első fontos tényező a nedvességtartalom, amelyet gyorsnedvességmérővel határoztam meg a kísérlet előtt. A nedvességtartalom befolyásolja a minta vízfelvételét, hiszen amelyik mintának nagyobb a nedvességtartalma, az kevesebb vizet képes felvenni. Itt is látszik a két minta között egy erős különbség, amelyet okozhat a tárolás helyszíne, az őrlés óta eltelt idő és a szállítási módszerek. A következő fontos érték a vízfelvétel. A mérés előtt az volt a preconcepcióm, hogy a mikronizált lisztnek nagyobb lesz a vízfelvétele, hiszen a gyártó oldalán 70 %-os vízfelvételtől beszéltek. Ettől eltérően alakult a mérés, ahol a teljes kiőrlésű lisztnek nagyobb lett a vízfelvétele eszerint a mérés szerint. Ez sok tényezőtől alakulhatott így, az én elképzelésem a búza minőségére vezethető vissza. A mintát a Júlia malomtól kapott forrásból szereztem, akik egy cseh malom, a Perner. A szakmai gyakorlatomat is a Júlia malomban végeztem, ahol mutattak nekem olyan mérést, ahol ugyanettől a malomtól még régebben kapott mikronizált lisztnél 85 %-os vízfelvételt mértek farinográfus műszerrel. Ezért tartom elképzelhetőnek, hogy ez egy gyengébb minőségű liszt lehetett. A nedvességtartalom és a vízfelvétel a 11. ábrán látható.

A következő fontos paraméter a tésztaképződési idő. Ez azt mutatja meg, hogy mennyi idő alatt éri el a tésztában fellépő forgatónyomaték a maximális értékét, 30 C°-on. A 12. ábrán látható, hogy a tésztaképződési idő kevesebb a mikronizált lisztnél, tehát hamarabb éri el a maximálisan fellépő forgatónyomatékot.

Érdemes kiemelni még a stabilitást. Ez az az érték, amíg a tésztában fellépő forgatónyomaték 1,1 Nm-en marad. Ebben a paraméterben is erősebb a mikronizált liszt a teljes kiőrlésű liszttel szemben, tovább marad a tészta stabil, ahogy ez a 13.ábráról leolvasható.

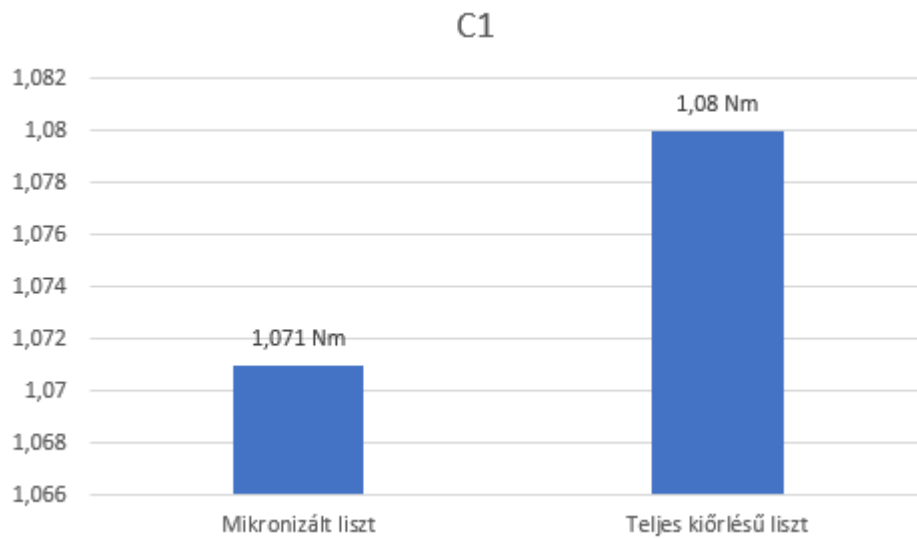


12. ábra: Mixolabban mért téstaképződési idő percben

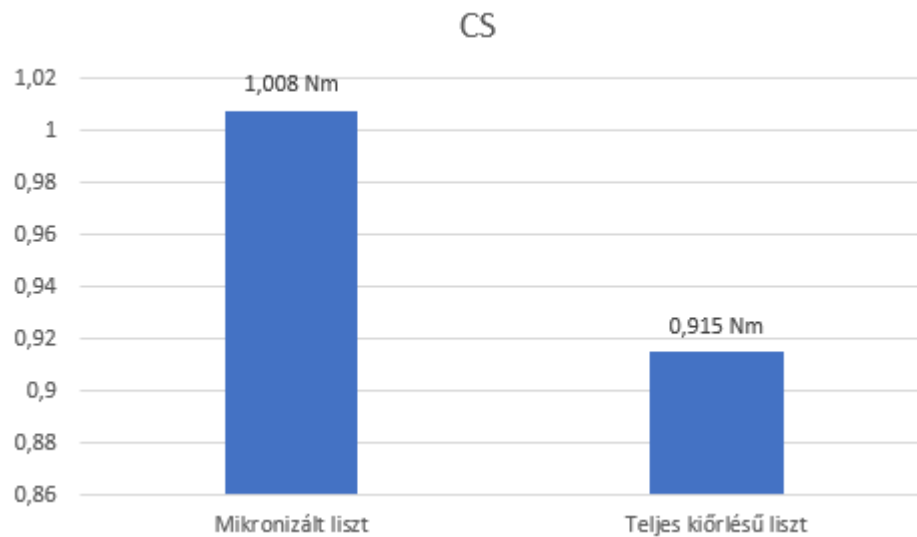


13. ábra: Mixolabban mért stabilitás percben

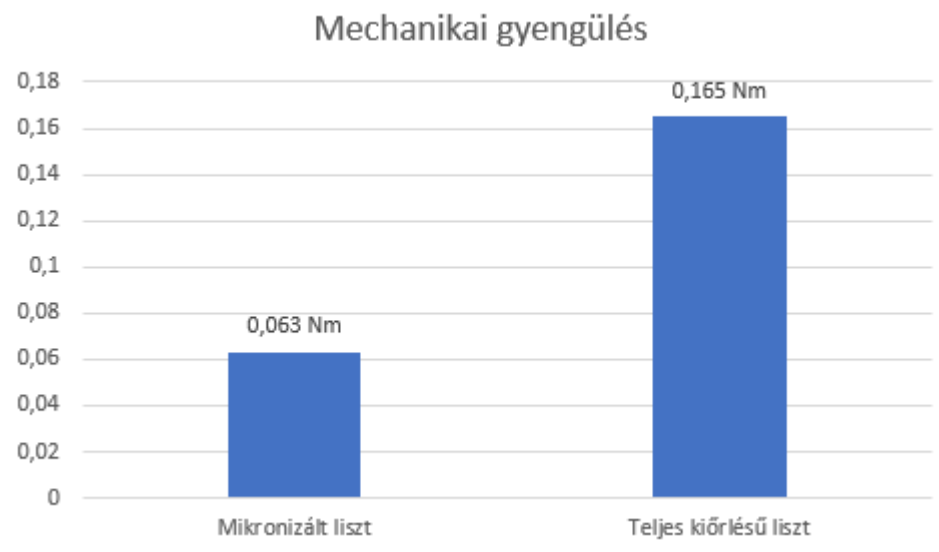
A következő mérőszámunk a mechanikai gyengülés, amely a 30 °C-on mért maximális forgatónyomatéknak (C1) és a 30 °C-os tartási szakasznak a végén fellépő forgatónyomaték (CS) értéknek a különbsége, és a 16. ábrán található. Itt is azt láthatjuk, hogy a mechanikai elgyengülés kisebb a mikronizált liszt esetében.



14. ábra: A 30 °C-on mért maximális forgatónyomaték (Nm) a mixolab mérés alapján

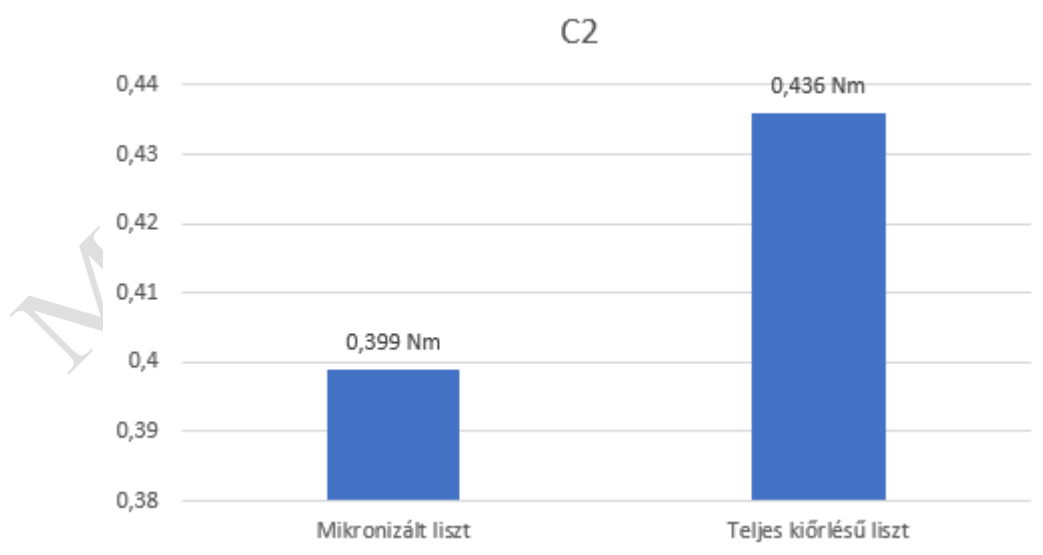


15. ábra: A 30 °C-os tartási szakasznak a végén fellépő forgatónyomaték (Nm) a mixolab mérés alapján



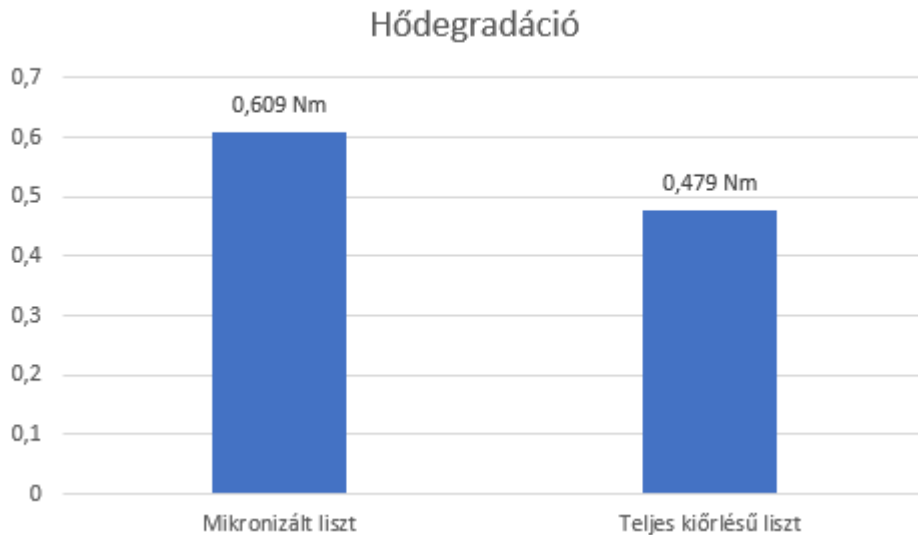
16. ábra: A mechanikai elgyengülés (Nm) a mixolab mérés alapján

Másik fontos tényező továbbá a minimális forgatónyomaték (C2), ami a mechanikai- és hőhatásnak kitett tészta keverés közbeni forgatónyomatéka. Ahogy az 17. ábráról leolvasható, a teljes kiőrlésű lisztnek nagyobb ez az érték.



17. ábra: Minimális forgatónyomaték (Nm) a mixolab mérés alapján

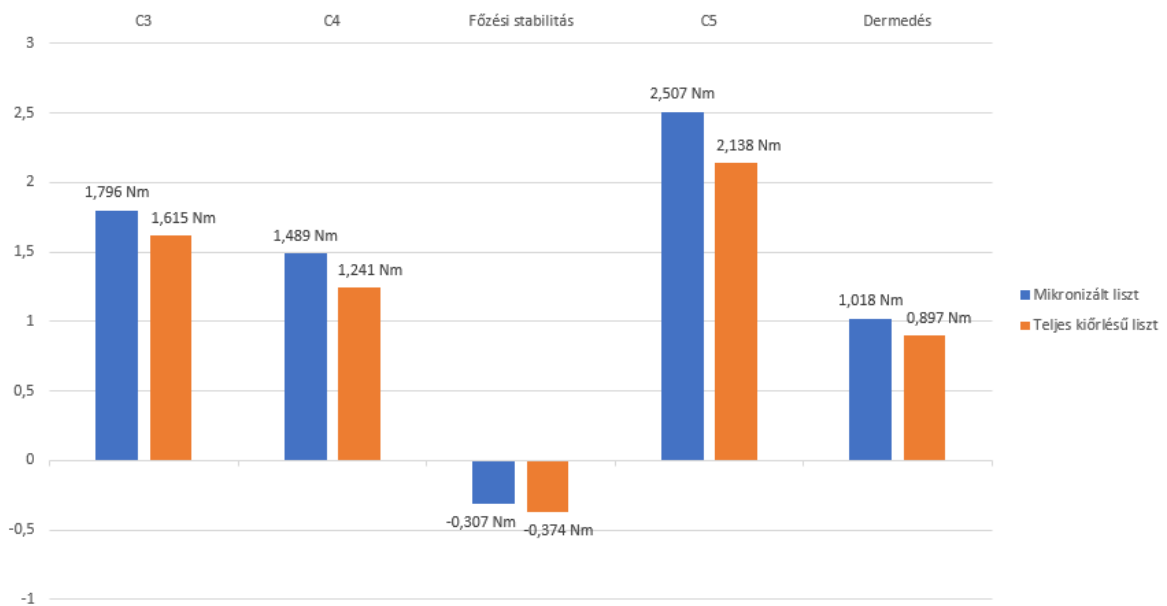
Fontos még a hődegradáció, amely a 30 °C-os tartási szakasz végén jellemző forgatónyomatéknak (CS) és a minimális forgatónyomatéknak (C2) a különbsége. Ez a 18. ábrán található, ahol a mikronizált lisztnak nagyobb a hődegradációja, mint a teljes kiőrlésű lisztnak.



18. ábra: Hődegradáció (Nm) a mixolabos mérés alapján

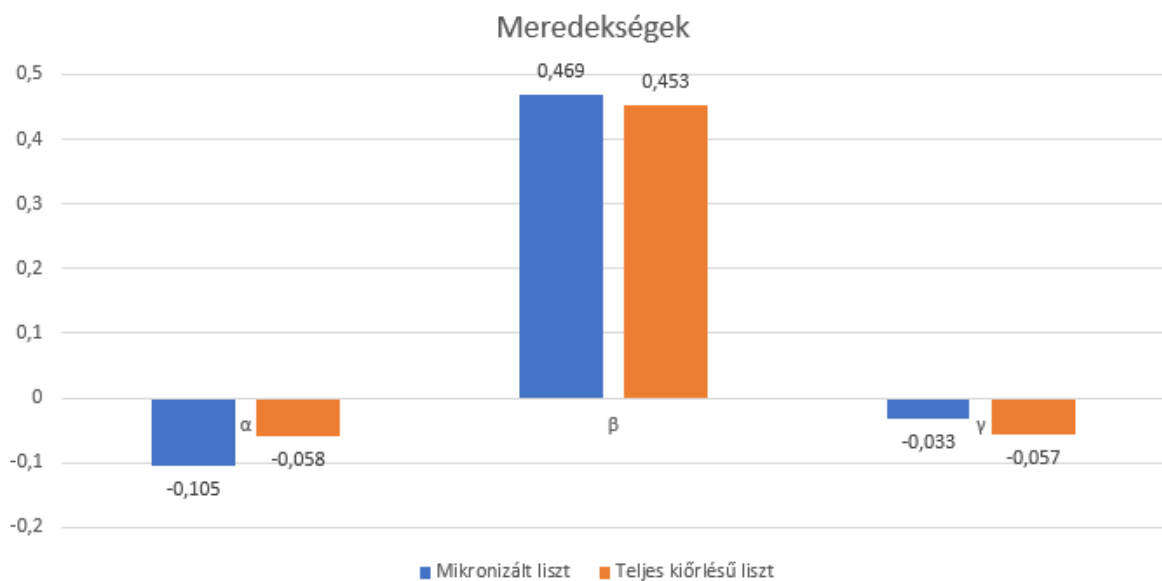
Ha a 19. ábrát figyeljük, felmérhetjük még a csúcs forgatónyomatékot (C3), amely a fűtési szakasz végén mért maximális forgatónyomaték érték. Ez az érték alacsonyabb a teljes kiőrlésű lisztnél, mint a mikronizáltnál. A főzési stabilitás a 90°C-os tartási szakasz végénél levő nyomaték (C4) és a csúcs forgatónyomaték (C3) különbsége.

Lényeges érték még a dermedés, amely az 50 °C-ra való lehűtés utáni forgatónyomaték érték (C5) és a 90 °C-os tartási szakasz végén mért forgatónyomaték érték (C4) különbségeként határozható meg. Ebben a paraméterben erősebb a mikronizált liszt a teljes kiőrlésű mintánál.



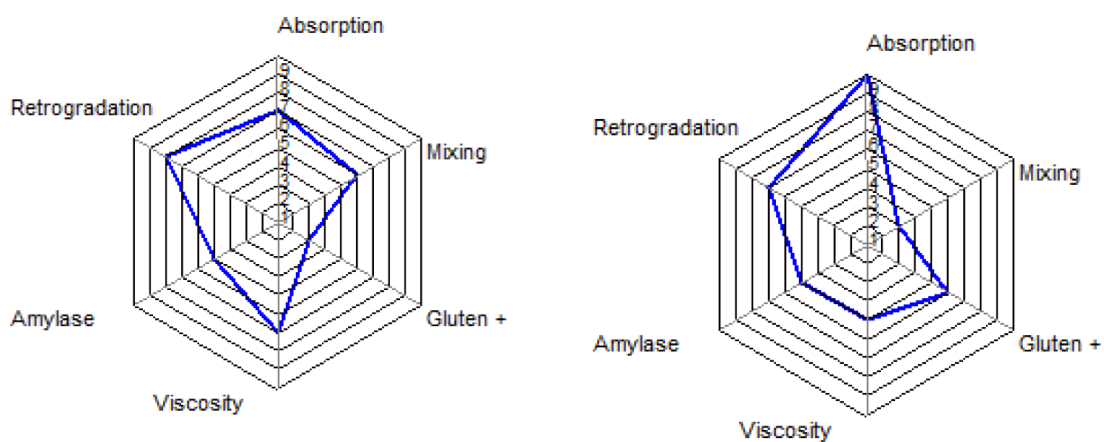
19. ábra: A csúcs forgatónyomaték (C3, Nm), 90°C-os tartási szakasz végén mért forgatónyomaték (C4, Nm), főzési stabilitás (Nm), 50 °C-ra való lehűlés utáni forgatónyomaték (C5, Nm) és a dermedés (Nm) a mixolabos mérés alapján

A görbéről még leolvasható azok meredeksége, melyek további eredményt szolgáltatnak nekünk. A 20. ábrán látható α érték a CS-C2 szakasz meredeksége, ez a hő hatására bekövetkező fehérjehálózat gyengülést mutatja meg. A β meredekség a C2-C3 szakasz meredeksége, mely a keményítő gélesedés sebességét mutatja. A γ meredekség a keményítő enzim lebontottságának a mértékére utal.



20. ábra: Meredekségek a mixolabos mérés alapján

A mixolabos mérések szolgáltatnak még egy pókháló-diagrammot, amely 6 tulajdonságot sorol fel, mindezt egy 9 fokú skálán szemléltetve.



21. ábra: A mixolabos mérések pókháló-diagrammja, balra a mikronizált mintáé, jobbra a teljes kiőrlésű mintáé

Az első tulajdonság a Vízfelvételi Index (Water Absorption Index), amely a vízfelvételt hivatott mutatni. Minél magasabb ez az érték, annál több vizet tud felvenni az adott minta. Ebben a paraméterben a teljes kiőrlésű liszt nagyban a mikronizált előtt jár.

A második tulajdonság a Keverési Index (Mixing Index). Ez az érték minél magasabb, annál stabilabb a liszt a dagasztási folyamat közben. Ez az érték a mikronizált lisztnél volt magasabb.

A következő paraméter a Gluten+ Index, ahol a magasabb érték magasabb ellenállást jelent a gluténak a hővel szemben. Ebben az értékben a teljes kiőrlésű liszt teljesít jobban.

A következő a Viszkózitási Index (Viscosity Index), amely azt mutatja, melyik mintának magasabb a viszkózitása, amikor meleg. A mikronizált liszt magasabb értéket produkál ennél az értéknél.

Az ötödik tulajdonság az Amiláz Index (Amylase Index). Minél magasabb ez az érték, annál kisebb az amiláz aktivitás. Ezen tulajdonság alapján a két minta ugyanúgy teljesített.

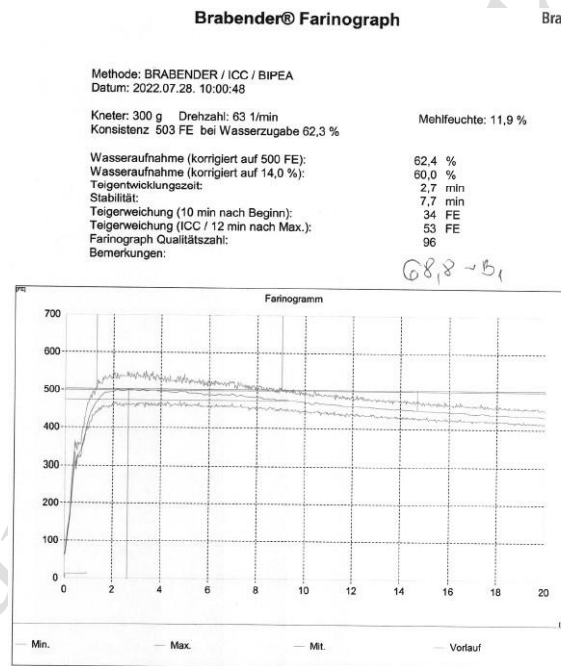
Az utolsó pedig a Retrogradációs Index (Retrogradation Index), amely a termékek eltarthatóságát szemlélteti. A magasabb érték rövidebb eltarthatóságot mutat. Ebben az

összehasonlításban a mikronizált lisztnek egy értékkel magasabb az indexe, ezáltal rövidebb az eltarthatósága, mint a teljes kiőrlésű mintának.

5.2. Farinográf

A következő mérés a farinográfos mérés volt, amit a szakmai gyakorlatom alatt végeztem.

A farinográfos vízabszorpciónak a 14 %-os nedvességtartalmú liszt 500 FE maximális konzisztenciája felel meg. A maximális keverési ellenállás érték és a vízabszorpció értéke között negatív, lineáris korreláció van, amelyből a megfelelő vízmennyiség meghatározható. A tészta kialakulási idő a víz hozzáadásától az optimális konzisztenciáig mérjük. A stabilitásként azt az időmennyiséget határozzuk meg, ameddig a tészta a maximális konzisztencia értéken tartózkodik.



22. ábra: Farinográfos vizsgálat, mikronizált

Methode: BRABENDER / ICC / BIPEA
Datum: 2022.07.28. 11:33:46

Knetter: 300 g Drehzahl: 63 1/min
Konsistenz: 515 FE bei Wasserzugabe 71,0 %

Mehlfeuchte: 11,6 %

Wasseraufnahme (korrigiert auf 500 FE):
Wasseraufnahme (korrigiert auf 14,0 %):

71,4 %
68,7 %

Teigentwicklungszeit:

5,5 min

Stabilität:

4,3 min

Teigerweichung (10 min nach Beginn):

26 FE

Teigerweichung (ICC / 12 min nach Max.):

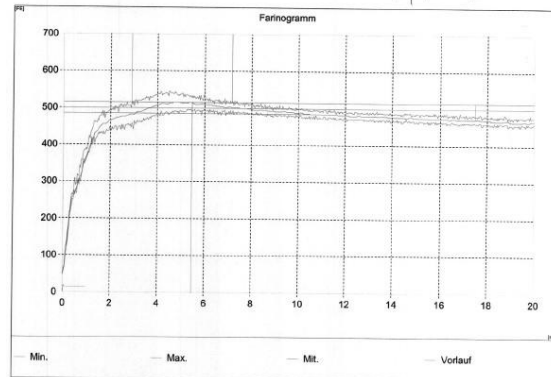
43 FE

Farinograph Qualitätszahl:

110

Bemerkungen:

FS4 ~ A2



23. ábra: Farinográfus vizsgálat, Teljes kiőrlésű liszt

A két mérés közötti különbséget a következő táblázat tartalmazza:

2.táblázat: Farinográfus mérések

	Mikronizált	Teljes kiőrlésű
Nedvességtartalom	11,9 %	11,6 %
Vízfelvevő képesség	62,4 %	71,4 %
Tésztaképződés időtartama	2,7 perc	5,5 perc
Stabilitás	7,7 perc	4,3 perc
Tésztaellágyulás	53 FE	43 FE
Planimetrált terület	68,8	73,4
Sütőipari értékcsoport	B 1	A 2

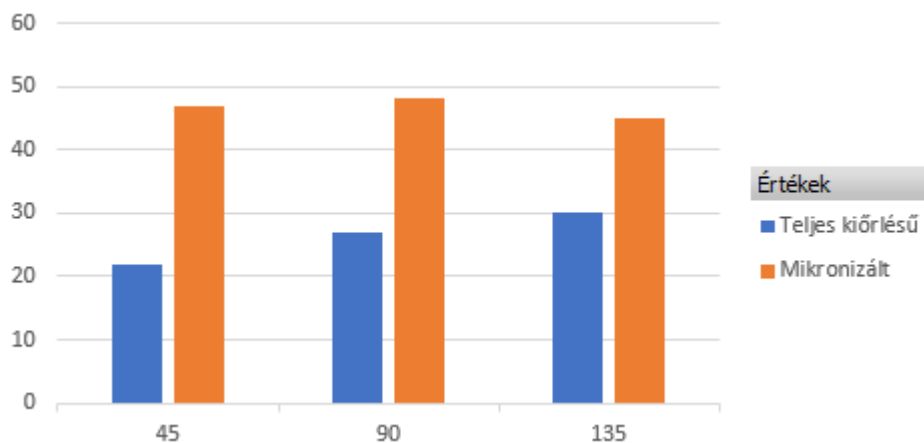
Ahogy a táblázatban látható, az itt mért mikronizált lisztnek nagyobb a nedvességtartalma, mint a Mixolab kísérletnél használnak. Ez azért érdekes, mivel az idő múlásával ideális esetben a liszt nedvességtartalma csökken, hiszen a benne lévő nedvesség párolog. Ezt okozhatta a párás környezetben való tárolás, amiben a két mérés közötti időben tároltam a mintát. Ugyanez elmondható a teljes kiőrlésű mintáról is, az előbbinél 3 % a különbség, az utóbbinál 1,4 %, tehát a teljes kiőrlésű liszt kevesebb nedvességet vett fel.

A vízfelvevő képesség is változott, viszont a kettő közül még mindig a teljes kiőrlésű minta képes több vizet felvenni. A tésztaképződés időtartama a mikronizálnál kevesebb, a stabilitás pedig hosszabb ideig van meg, mint a teljes kiőrlésű lisztnél. A tésztaellágyulás nagyobb a mikronizálnál, viszont a teljes kiőrlésű lisztnek nagyobb a planimetrált területe, ezáltal jobb a sütőipari értékcsoportja.

5.3. Extenzográf

Közvetlenül a farinográfos mérések után az extenzográfos mérésorozat következett. Ahogy Pongráczné (2010) tanulmányában olvasható, az extenzográfal leggyakrabban vizsgált paraméterek az energia cm^2 -ben megadva, az 5 cm-el való megnyúláskor keletkező ellenálló képesség (R_5), a nyújthatóság (E) és a maximális ellenállás (R_m). A mérés a dagasztástól számított 45 percenél, 90 percenél és 135 percenél is el lett végezve.

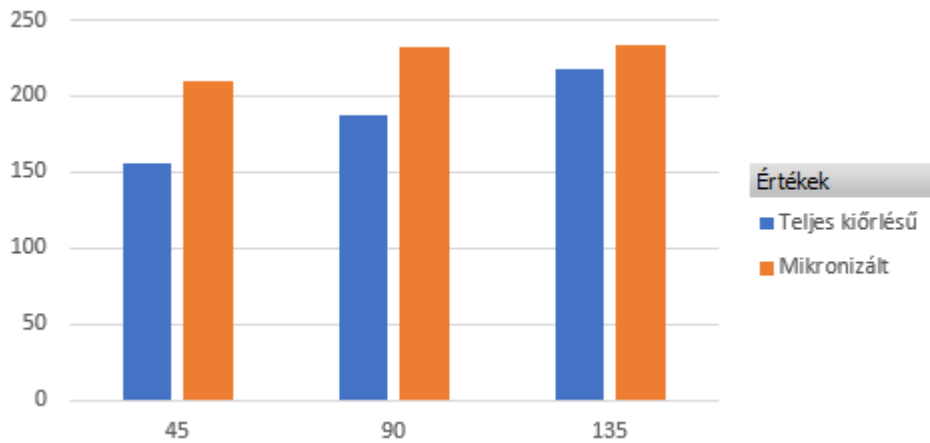
A mérések eredményeit oszlopdiagrammokon ábrázolom. Először az energiájukat hasonlítottam össze.



24. ábra: Az extenzográfos mérés energia értékei, idő szerint(perc)

Az oszlopdiagrammról meg lehet állapítani, hogy a mikronizált lisztből készült minta magasabb energiaértéket mutatott, mint a teljes kiőrlésű lisztből készült.

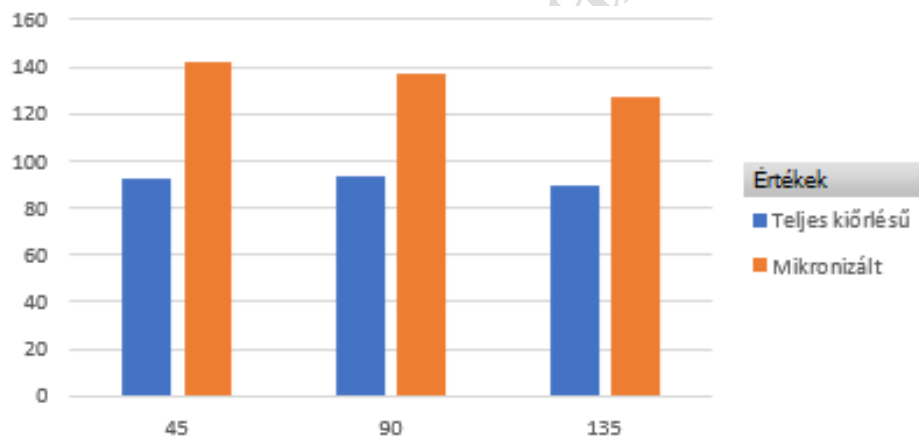
A következő érték az 5 cm-el való megnyúláskor keletkező ellenálló képesség (R_5).



25. ábra: Az extenzográfus mérés 5 cm-rel való megnyúláskor keletkező ellenállás értékei, idő szerint (perc)

A mikronizált liszt mérésénél magasabb értékeket kaptunk, amely egy nagyobb ellenállásra utal ennél a mintánál, mint a teljes kiőrlésű lisztnél.

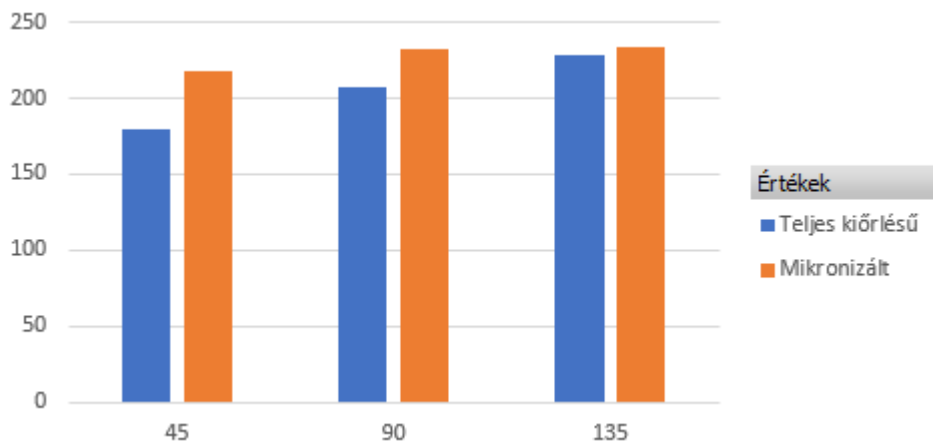
A következő érték a nyújthatóság, amelyet szintén oszlopdigrammon ábrázoltam.



26. ábra: Az extenzográfus mérés nyújthatóság értékei, idő szerint (perc)

Az oszlopdigramm megfelelően mutatja, hogy mind a három időpontban a mikronizált liszttel végzett mérés magasabb nyújthatósági értéket mutatott.

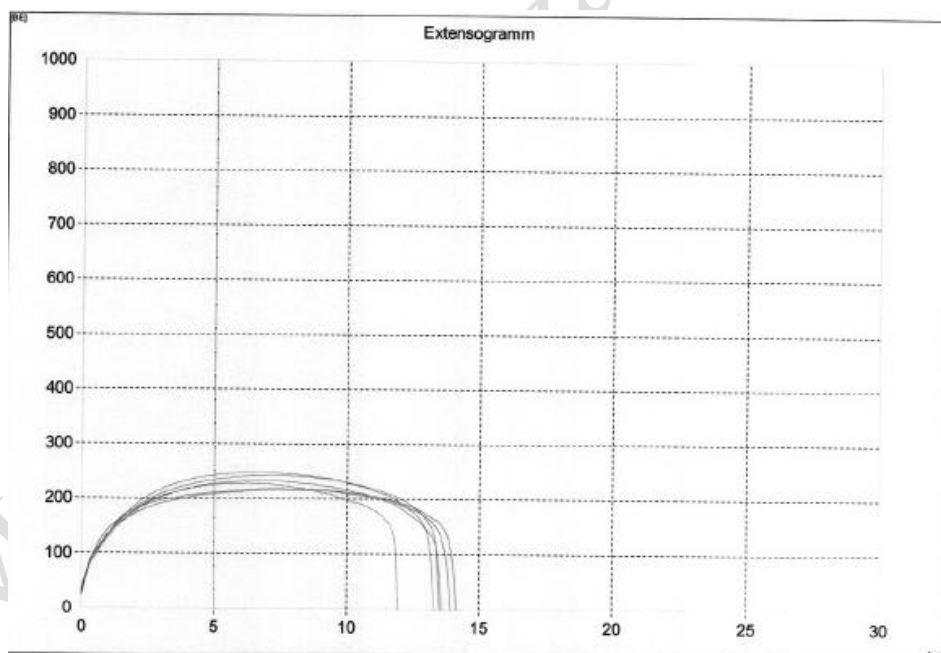
A következő vizsgált paraméter a maximális ellenállás.



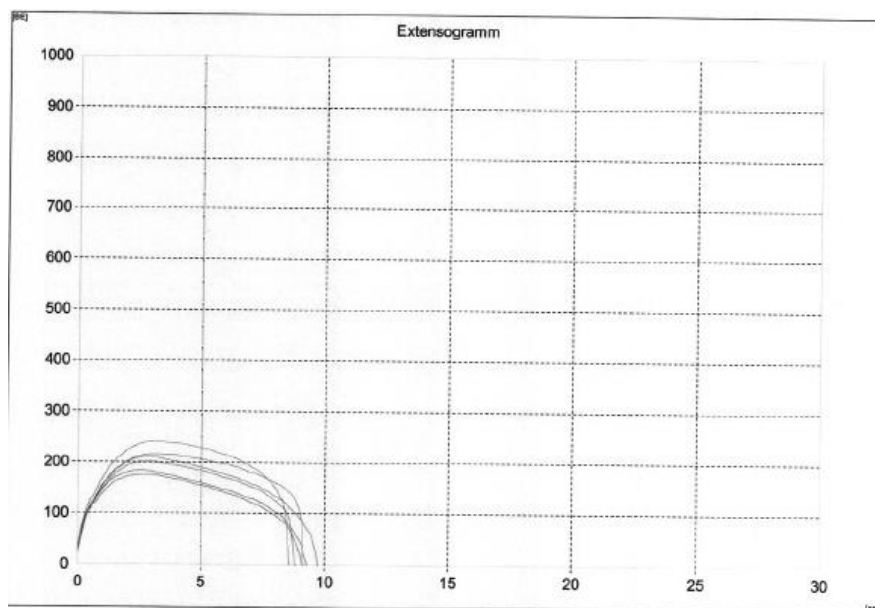
27. ábra: Az extenzográfós mérés maximális ellenállás értékei, idő szerint (perc)

A mikronizált liszt ezen érték alapján is jobban teljesített, mint a teljes kiőrlésű minta.

A kísérlet jobb értékeléséért érdemes megnéznünk a grafikonokat is, amelyeket a műszer rajzolt.



28. ábra: Extenzográfós mérés grafikonja, mikronizált minta



29. ábra: Extenzográfós mérés grafikonja, teljes kiőrlésű minta

A grafikonok alapján az mondható, hogy a mikronizált mintának a nagyobb nyújthatósága miatt van nagyobb energiája, hiszen a maximális ellenállása nem sokkal nagyobb, mint a teljes kiőrlésű mintáé.

A következőkben az eddig összehasonlított értékeket szedtem táblázatba.

3.táblázat: Extenzográfós paraméterek

	Mikronizált			Teljes kiőrlésű		
Mérés ideje, perc	45	90	135	45	90	135
Energia, cm ²	47	48	45	22	27	30
R5, BE	210	232	234	156	187	218
E, mm	142	137	127	92	93	90
Rm, BE	218	232	234	180	207	228

A 3. táblázat adatait nézve mindhárom mérési időpontban elvégzett mérésnél a mikronizált lisztnél nagyobb volt az energiája. Az 5 cm-el való megnyúlás esetén is kedvezőbbek az értékek a mikronizált lisztnél, nagyobb megnyúlást produkáltak a mérés alatt. A nyújthatóság is minden esetben a mikronizált lisztnél volt jobb, továbbá a maximális ellenállásnál is elmondható ez.

5.4. Texture Profile Analysis

A TPA méréseket 3 különböző terméken végeztem el, az első egy teljes kiőrlésű lisztből készült termék volt, amelyet a mixolabbal meghatározott vízfelvétellel készítettem, a

második a mikronizált lisztből készült cipó volt, amelyet szintén a mixolabbal meghatározott vízfelvétellel készítettem el, a harmadik pedig szintén a mikronizált lisztből készült, viszont 70 % vizet adtam hozzá. Az eredményeket kétmintás t-próbával elemeztem, ahol az $\alpha=0,05$ először összehasonlítva a teljes kiőrlésű lisztből készült kenyeret a kisebb vízfelvételű mikronizált lisztből készült kenyérral, majd a teljes kiőrlésű lisztből készült kenyeret a több víz hozzáadásával készült kenyérral.

Teljes kiőrlésű lisztből készült minta és 59,3% víz hozzáadásával készült mikronizált lisztből készült minta összehasonlítása

Először a teljes kiőrlésű lisztből készült kenyeret hasonlítom össze az 59,3 % víz hozzáadásával készült mikronizált lisztből készült kenyérral.

Keményiség

A kétmintás t-próba előtt az F-próbával megállapítottam, hogy $F > F_{kr}$, ezért a szórásnégyzetek egyenlősége nem feltételezhető. Így a t-próbát nem egyenlő szórásnégyzettel néztem.

Kétmintás t-próba nem-egyenlő szórásnégyzeteknél		
	Teljes kiőrlésű	Mikronizált
Várható érték	770,5756	817,894
Variancia	12048,03794	12332,89771
Megfigyelések	15	15
Feltételezett átlagos eltérés	0	
df	28	
t érték	-1,173682142	
P(T<=t) egyszélű	0,125204754	
t kritikus egyszélű	1,701130934	
P(T<=t) kétszélű	0,250409509	
t kritikus kétszélű	2,048407142	

30. ábra: Kétmintás t-próba nem egyenlő szórásnégyzettel a keménységre

Mivel a t érték abszolút értéke kisebb, mint a t kritikus, ezért a nullhipotézist elfogadjuk, azaz a két érték nem különbözik egymástól lényegesen. Továbbá a P értéket vizsgálva láthatjuk, hogy nem kisebb az α értéknél, tehát a két minta keménysége közti eltérés statisztikailag nem szignifikáns.

Rugalmasság

Az F próba alapján a szórásnégyzetek egyenlősége nem feltételezhető, ezáltal a t-próba nem egyenlő szórásnégyzettel:

Kétmintás t-próba nem-egyenlő szórásnégyzeteknél		
	<i>Teljes kiőrlésű</i>	<i>Mikronizált</i>
Várható érték	95,12266667	92,8176
Variancia	7,491671095	2,783520686
Megfigyelések	15	15
Feltételezett átlagos eltérés	0	
df	23	
t érték	2,785057409	
P(T<=t) egyszélű	0,005262465	
t kritikus egyszélű	1,713871528	
P(T<=t) kétszélű	0,01052493	
t kritikus kétszélű	2,06865761	

31. ábra: Kétmintás t-próba nem egyenlő szórásnégyzettel a rugalmasságra

Mivel a t érték abszolút értéke nagyobb, mint a t kritikus, ezért nem fogadjuk el a nullhipotézist, azaz a két érték lényegesen különbözik egymástól. A P értéket figyelembe véve, amely kisebb, mint az α érték, ez az eltérés statisztikailag is szignifikáns.

A teljes kiőrlésű lisztből készült termék rugalmasság szempontjából jóval jobb, mint az 59,3% víz hozzáadásával készült mikronizált lisztből készült kenyér.

Kohézió

Az F próba alapján nem feltételezhető a szórásnégyzetek egyenlősége, így a t-próba:

Kétmintás t-próba nem-egyenlő szórásnégyzeteknél		
	Teljes kiőrlésű	Mikronizált
Várható érték	0,7398	0,6932
Variancia	0,001333029	0,0003816
Megfigyelések	15	15
Feltételezett átlagos eltérés	0	
df	21	
t érték	4,358595018	
P(T<=t) egyszélű	0,00013782	
t kritikus egyszélű	1,720742903	
P(T<=t) kétszélű	0,00027564	
t kritikus kétszélű	2,079613845	

32. ábra: Kétmintás t-próba nem egyenlő szórásnégyzettel a kohézióra

Hasonlóan az előző próbához, itt is lényeges eltérés van a két érték között. A P értéket figyelve pedig ez az eltérés is statisztikailag szignifikáns.

A teljes kiőrlésű termék kohéziója nagyobb, azaz a mintában lévő belső kötőerők erősebbek.

Rágási ellenállás

Az F próba után megállapítható, hogy a szórásnégyzetek egyenlősége feltételezhető. Ezek alapján a t-próbát egyenlő szórásnégyzetekre elvégezve a következő eredményt kapom:

Kétmintás t-próba egyenlő szórásnégyzeteknél		
	Teljes kiőrlésű	Mikronizált
Várható érték	569,4079333	565,3869333
Variancia	6768,13379	4299,70078
Megfigyelések	15	15
Súlyozott variancia	5533,917285	
Feltételezett átlagos eltérés	0	
df	28	
t érték	0,148029534	
P(T<=t) egyszélű	0,441690172	
t kritikus egyszélű	1,701130934	
P(T<=t) kétszélű	0,883380345	
t kritikus kétszélű	2,048407142	

33. ábra: Kétmintás t-próba egyenlő szórásnégyzettel a rágási ellenállásra

A t érték abszolút értéke kisebb, mint a t kritikus, ezért a két érték nem különbözik egymástól. A P érték is nagyobb, mint az α érték, ezáltal nem szignifikáns köztük az eltérés.

Rágáshoz szükséges energia

Az F próba alapján a szórásnégyzetek egyenlősége feltételezhető, a t-próba eszerint elvégezve:

Kétmintás t-próba egyenlő szórásnégyzeteknél		
	<i>Teljes kiőrlésű</i>	<i>Mikronizált</i>
Várható érték	542,2177333	524,1074667
Variancia	7054,419547	3089,509012
Megfigyelések	15	15
Súlyozott variancia	5071,964279	
Feltételezett átlagos eltérés	0	
df	28	
t érték	0,696413825	
P(T<=t) egyszélű	0,245955478	
t kritikus egyszélű	1,701130934	
P(T<=t) kétszélű	0,491910955	
t kritikus kétszélű	2,048407142	

34. ábra: Kétmintás t-próba egyenlő szórásnégyzettel a rágáshoz szükséges energiával

A t érték abszolút értéke itt is kisebb, mint a t kritikus érték, továbbá a P érték is nagyobb, mint az α érték, ezáltal a két érték nem különbözik egymástól lényegesen, továbbá statisztikailag nem szignifikáns az eltérés.

Összességében azt lehet elmondani erről a két mintáról, hogy szignifikánsan csak a rugalmasságban és a kohézióban térnek el egymástól. A teljes kiőrlésű lisztből készült minta teljesített jobban ezekben a paraméterekben.

Teljes kiőrlésű lisztből készült minta és 70% víz hozzáadásával készült mikronizált lisztből készült minta összehasonlítása

A következő részben a teljes kiőrlésű mintát a 70% víz hozzáadásával készült mikronizált mintával hasonlítom össze, hasonló módszerrel.

Keményiség

Az F próba szerint a t-próbát nem egyenlő szórásnégyzettel végeztem el:

Kétmintás t-próba nem-egyenlő szórásnégyzeteknél		
	<i>Teljes kiőrlésű</i>	<i>Mikronizált</i>
Várható érték	770,5756	539,9136
Variancia	12048,03794	15358,81054
Megfigyelések	15	15
Feltételezett átlagos eltérés	0	
df	28	
t érték	5,396250892	
P(T<=t) egyszélű	4,69867E-06	
t kritikus egyszélű	1,701130934	
P(T<=t) kétszélű	9,39733E-06	
t kritikus kétszélű	2,048407142	

35. ábra: Kétmintás t-próba nem egyenlő szórásnégyzettel a keménységre

A t érték abszolút értéke nagyobb, mint a t kritikus, tehát a két érték különbözik, továbbá az α értéknél kisebb a P érték, eszerint ez az eltérés statisztikailag is szignifikáns.

A teljes kiőrlésű minta itt sokkal keményebb, mint az előző összehasonlításnál. Ez magyarázható a több hozzáadott vízzel, ami egy lágyabb terméket adott.

Rugalmasság

Elvégezve az F próbát arra jutottam, hogy itt egyenlő szórásnégyzettel operáló t-próbát kell használni:

Kétmintás t-próba egyenlő szórásnégyzeteknél		
	Teljes kiőrlés	Mikronizált
Várható érték	95,12267	95,26933333
Variancia	7,491671	4,374811095
Megfigyelések	15	15
Súlyozott variancia	5,933241	
Feltételezett átlagos eltérés	0	
df	28	
t érték	-0,1649	
P(T<=t) egyszélű	0,435104	
t kritikus egyszélű	1,701131	
P(T<=t) kétszélű	0,870209	
t kritikus kétszélű	2,048407	

36. ábra: Kétmintás t-próba egyenlő szórásnégyzettel a rugalmasságra

Itt a t érték abszolút értéke kisebb, mint a kritikus t, ezáltal az a következtetés vonható le, hogy a két érték lényegesen nem különbözik egymástól. A P érték is nagyobb, mint az α , tehát ez az eltérés statisztikailag sem szignifikáns.

Érdekes azt látni, hogy a magasabb víztartalom javította a mikronizált termék rugalmasságát, közel került ezzel a teljes kiőrlésű termékhez. Ez következhet abból is, hogy a teljes kiőrlésű termékhez adott víz 68% volt, ami szintén közel van a mikronizálthoz adott 70%-hoz.

Kohézió

A következő összehasonlításnál a szórások négyzetének egyenlősége feltételezhető az F próbából kapott eredmény következtében. Ez alapján a t-próba:

Kétmintás t-próba egyenlő szórásnégyzeteknél		
	<i>Teljes kiőrlésű</i>	<i>Mikronizált</i>
Várható érték	0,7398	0,712466667
Variancia	0,001333029	0,000997838
Megfigyelések	15	15
Súlyozott variancia	0,001165433	
Feltételezett átlagos eltérés	0	
df	28	
t érték	2,19270149	
P(T<=t) egyszélű	0,018400677	
t kritikus egyszélű	1,701130934	
P(T<=t) kétszélű	0,036801354	
t kritikus kétszélű	2,048407142	

37. ábra: Kétmintás t-próba egyenlő szórásnégyzettel a kohézióra

A t-próba alapján a t érték abszolút értéke nagyobb, mint a t kritikus, tehát a két érték lényegesen különbözik egymástól, az α érték pedig nagyobb, mint a P érték, tehát ez statisztikailag is szignifikáns eltérés.

Ez alapján a kohéziója még mindig a teljes kiőrlésű mintának jobb, viszont javulást látok a kevesebb vízzel készített mikronizált termékhez képest.

Rágási ellenállás

Az F próba alapján itt a szórásnégyzetek egyenlősége feltételezhető, tehát a t-próba:

Kétmintás t-próba egyenlő szórásnégyzeteknél		
	<i>Teljes kiőrlésű</i>	<i>Mikronizált</i>
Várható érték	569,4079333	382,059
Variancia	6768,13379	6108,726698
Megfigyelések	15	15
Súlyozott variancia	6438,430244	
Feltételezett átlagos eltérés	0	
df	28	
t érték	6,394283083	
P(T<=t) egyszélű	3,18859E-07	
t kritikus egyszélű	1,701130934	
P(T<=t) kétszélű	6,37717E-07	
t kritikus kétszélű	2,048407142	

38. ábra: Kétmintás t-próba egyenlő szórásnégyzettel a rágási ellenállásra

A kétérték lényegesen különbözik egymástól hiszen a t abszolút értéke nagyobb, mint a t kritikus, továbbá az α értéke nagyobb, mint a P, ezért ez az eltérés szignifikáns is.

Ez várható volt, hiszen a rágási ellenállás a keménység és a kohézió szorzata, amely értékek szignifikáns eltérést mutattak.

Rágáshoz szükséges energia

Az F próba alapján az egyenlő szórásnégyzetekre vonatkozó t-próbát végeztem el:

Kétmintás t-próba egyenlő szórásnégyzeteknél		
	Változó 1	Változó 2
Várható érték	542,2177	363,0589
Variancia	7054,42	4988,598
Megfigyelések	15	15
Súlyozott variancia	6021,509	
Feltételezett átlagos eltérés	0	
df	28	
t érték	6,322897	
P(T<=t) egyszélű	3,86E-07	
t kritikus egyszélű	1,701131	
P(T<=t) kétszélű	7,71E-07	
t kritikus kétszélű	2,048407	

39. ábra: Kétmintás t-próba egyenlő szórásnégyzettel a rágáshoz szükséges energiára

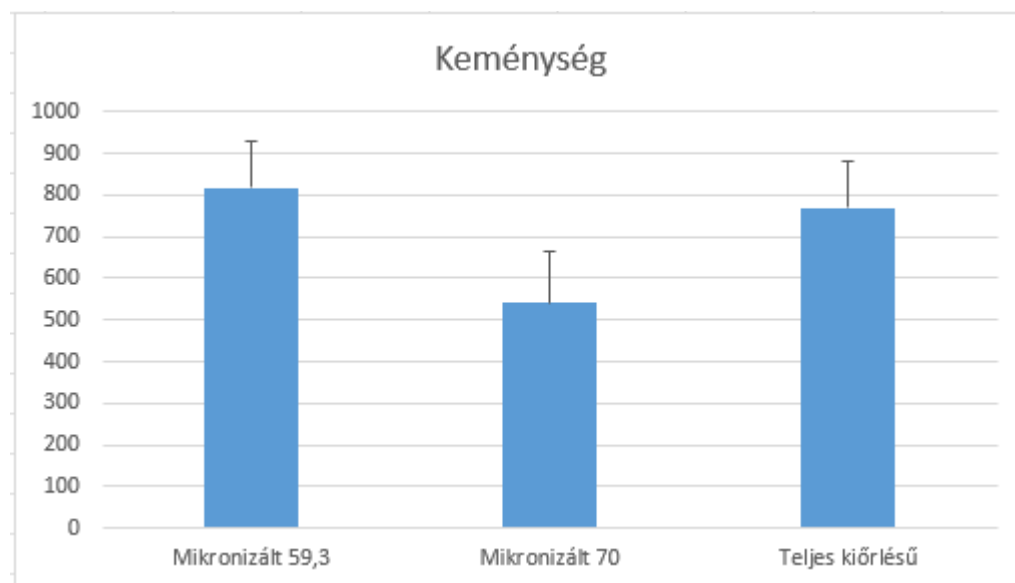
A t abszolút értéke nagyobb, mint a t kritikus, tehát lényegesen különbözik egymástól a két érték, továbbá a P érték is kisebb, mint az α , tehát ez az eltérés statisztikailag is szignifikáns.

Ez szintén abból következik, hogy a rágáshoz szükséges energia kiszámolásához szükséges adatok is eltértek, amelyek a rágási ellenállás és a rugalmasság.

Ennél az összehasonlításnál csupán a rugalmasság volt az, amiben nem tért el a két érték egymástól. Azt lehet állítani, hogy a rugalmasság szempontjából jót tett a terméknek a több víz, a többi értéket tekintve pedig egy lágyabb kenyeret kaptunk, mint kevesebb vízzel.

Az adatok összevetéséhez oszlopdiagrammot készítettem, amin a szórásokat is feltüntettem.

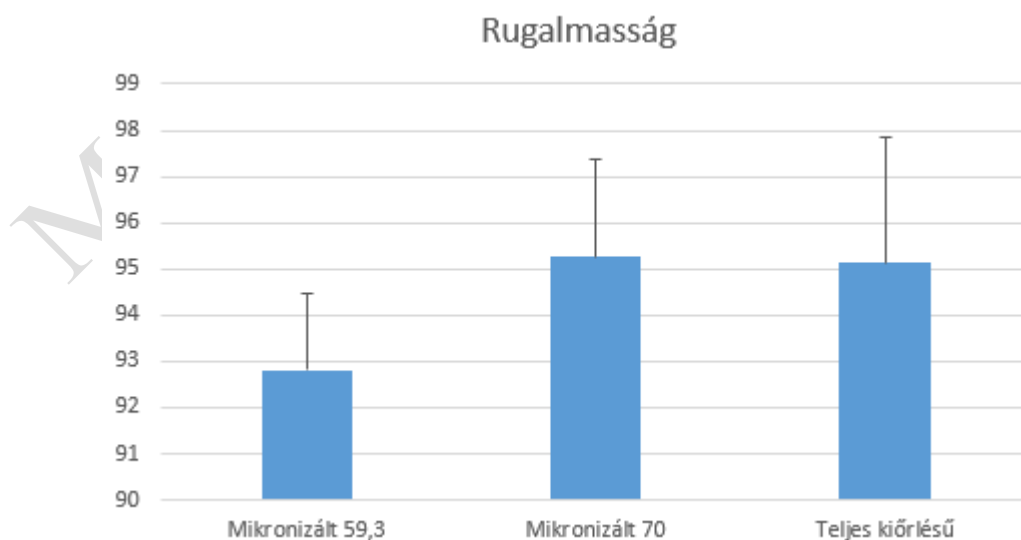
Keménység



40.ábra: A TPA méréssel mért keménységek (g) összehasonlítása

Az oszlopdiaagramból jól látszik, hogy keménység szempontjából az a mikronizált lisztből készült termék érte el a legnagyobb értéket, amelyhez kevesebb vizet raktunk. A t-próba alatt viszont megvizsgáltuk, hogy ez statisztikailag nem tér el a teljes kiőrlésű lisztből készült terméktől, tehát ezen tulajdonság alapján hasonlóan teljesített a két termék. A sort a több vízzel készült mikronizált termék zárja, amely eszerint egy lágyabb termék a többihez képest.

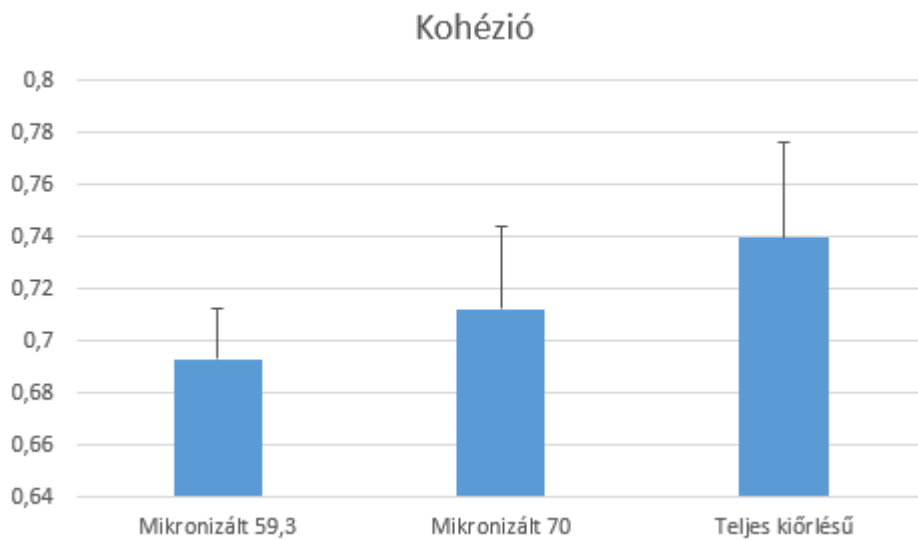
Rugalmasság



41.ábra: A TPA méréssel mért rugalmasságok (%) összehasonlítása

A rugalmasságot tekintve a több vízzel készült mikronizált termék rendelkezik a legnagyobb értékkel, ez viszont a t-próba eredményét tekintve nem különbözik lényegesen a teljes kiőrlésű lisztből készült termék rugalmasságától. Amit érdekes látni, az az, hogy az 59,3 % vízzel készült mikronizált termék elmarad a többi mintától ebben a tulajdonságban.

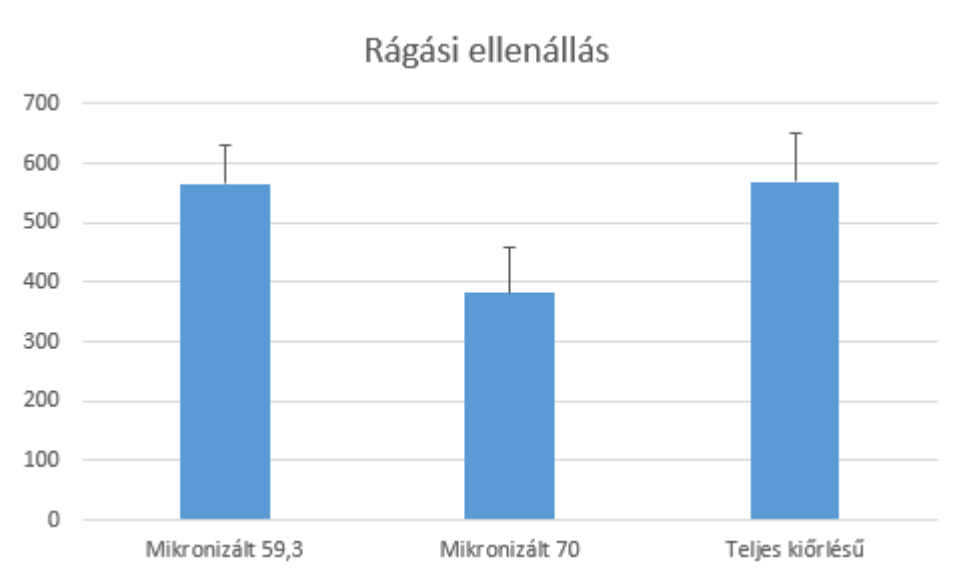
Kohézió



42.ábra: A TPA méréssel mért kohéziók összehasonlítása

Kohézió szempontjából egyértelműen a legígéretesebb értékeket a teljes kiőrlésű lisztből készült termék mutatja, viszont a két mikronizált termék közül a több vízzel készült jobb eredményt ért el, mint a kevesebb vízzel készült.

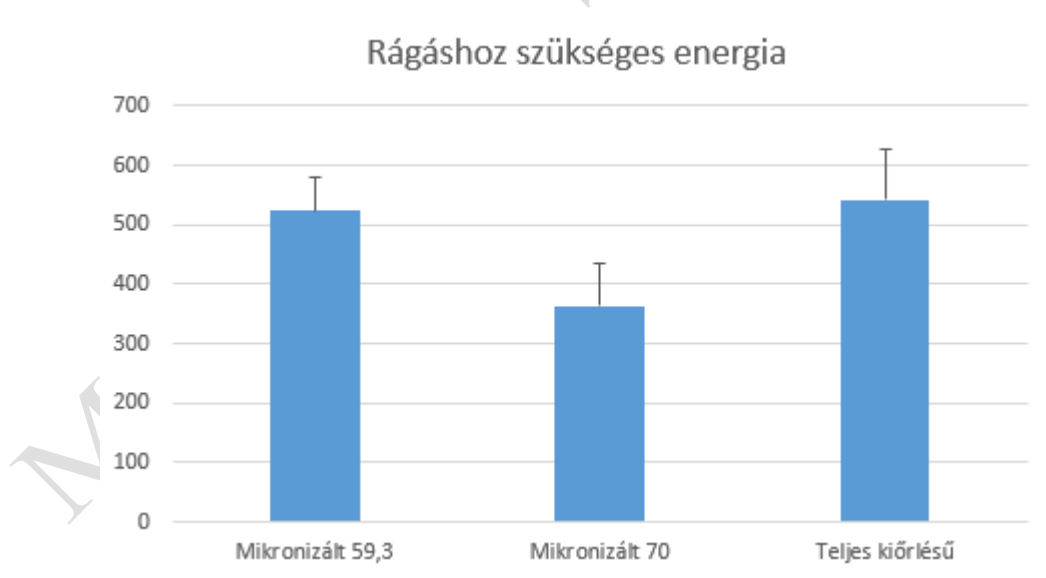
Rágási ellenállás



43.ábra: A TPA méréssel mért rágási ellenállások (N) összehasonlítása

A 70% vízzel készült termék rágási ellenállása alacsonyabb, mint a többi, viszont a másik kettő nem különbözik egymástól szignifikánsan.

Rágáshoz szükséges energia



44.ábra: A TPA méréssel mért rágáshoz szükséges energiák (mJ) összehasonlítása

Amíg a teljes kiőrlésű lisztből készült terméké és az 59,3% vízzel készült mikronizált terméké szignifikánsan nem különbözik, addig a több vízzel és mikronizált lisztből készült termékénél a legalacsonyabb a rágáshoz szükséges energia.

Makai Béla Szakdolgozat

6. Összefoglalás

A mikronizált liszt egy apróbb szemcsemérettel rendelkező termék, amely alkalmas különböző sütőipari termékek elkészítéséhez. Ez egy teljes kiőrlésű termék, amelyre kifejezetten nagy az igény a tápanyagbeli tulajdonságokból kifolyólag. Az elkészítésének technológiája a *Jet mill* őrlési művelet, amely sűrített gázok segítségével éri el a megfelelő szemcseméretet. A folyamat során magas sebességgel a nyersanyag bepermetezésre kerül az őrlőkamrába, és a szemcsék egymáshoz és a falhoz való ütközésével szemcseméretcsökkenés történik. A technológia előnyeikhez sorolható a szűk szemcseméret-elosztás és az alacsony hőmérsékletnövekedés, aminek köszönhetően a hőre érzékeny komponensek nem vesztenek minőségükből, viszont hátrányként kell felsorolni a technológia magas energiaigényét.

A mérések elsődleges célja a termék magasabb vízfelvételek meghatározása volt, amit azzal értem el, hogy a mikronizált lisztet összehasonlítottam egy, a boltok polcain elérhető teljes kiőrlésű liszttel. A szakirodalom és a gyártó is magasabb vízfelvételekről beszél a mikronizált lisztnél, viszont ezt a mixolabos, továbbá a farinográfos vizsgálat nem igazolta. A mixolabos vizsgálatnál a mikronizált liszt vízfelvevő képessége 59,3 % volt, a teljes kiőrlésűé pedig 68 %. A farinográfos vizsgálat is hasonló eredményt mutatott, ott a mikronizált liszt vízfelvétele 62,4 %-os volt, a teljes kiőrlésűé pedig 71,4 %. A két mérés között annyi különbség van, hogy a farinográfos mérésnél magasabb volt a lisztek kezdeti nedvességtartalma, amely a két mérés között eltelt idővel magyarázható.

A mixolabos vizsgálatból kiderült még, hogy a mikronizált liszttel készült termékeknek rövidebb az eltarthatósága, mint a teljes kiőrlésű mintákból készültnek.

Az extenzográfus mérés során azt tapasztaltam, hogy a mikronizált liszt magasabb energiával rendelkezett, mint a teljes kiőrlésű liszt, továbbá az 5 cm-rel való megnyúláskor keletkező ellenállás is magasabb volt. A mikronizált lisztnak jobb volt a nyújthatósága és a maximális ellenállása is.

A mérésekhez tartozott továbbá egy mérés a Texture Profile Analysis mérés, amelyhez 3 kenyeret használtam. Az első kettő mikronizált liszttel készült, az egyik a mixolab eredményeként kijött 59,3 % vízzel, a második a gyártó által leírt 70 %-os vízfelvétellel. A harmadik kenyér a teljes kiőrlésű lisztből készült volt, amelyhez szintén a mixolabban kapott vízfelvételt, a 68 %-ot használtam.

A mérések eredménye azt mutatja, hogy a keménység szempontjából a 70% víz hozzáadásával mikronizált lisztből készült kenyér volt a legkevésbé kemény, a maradék kettő minta pedig hasonló eredményeket mutatott ebben a tulajdonságban. A rugalmasságot tekintve a 95% feletti termékek kitűnőnek tekinthetőek, ebből csak az 59,3% vízzel készült mikronizált termék lógott ki, amely még mindig rugalmasnak tekinthető. A kohézió szempontjából a teljes kiőrlésű termék teljesített a legjobban, viszont a több víz hozzáadásával készített termék jobb értékeket produkált a mikronizált lisztből készült termékekénél. A rágási ellenállás a több vízzel készült mikronizált termékénél alacsonyabb volt, a másik kettő nem különbözött egymástól szignifikánsan. A rágáshoz szükséges energia is hasonló eredményt mutatott abból kifolyólag, hogy ez a két érték összefüggésben áll egymással.

Összességében azt tudom elmondani a mérésekről, hogy számomra meglepő eredmények születtek. A vártnál alacsonyabb vízfelvétel a mikronizált lisztnél magyarázható az adott liszt paramétereivel, a gyártó által küldött nem megfelelő mintával. A különböző mérések kedvezően mutatták be a terméket, összehasonlítható és jó eredmények születtek vele kapcsolatban. A termékben látom a potenciált, de nem feltétlen a teljes kiőrlésű liszt helyettesítéseként, esetlegesen bizonyos adalékok hozzáadásával lehet javítani a termék bizonyos paraméterein. A témakör több kutatást igényel, ennyi információval nem lehet megfelelően meghatározni a termékben rejlő lehetőségeket.

7. Irodalmi hivatkozás

1. Angelidis G. (2015): Jet milling effect on wheat flour characteristics and starch hydrolysis, *Journal of Food Science and Technology* 53, 784–791 (2016), DOI 10.1007/s13197-015-1990-1
2. Boros N. (2011): Extenzográf alkalmazása a lisztvizsgálatokban, Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar
3. Bressiani (2017): Properties of whole grain wheat flour and performance in bakery products as a function of particle size, *Journal of Cereal Science*, DOI: 10.1016/j.jcs.2017.05.001
4. Gao W, Chen F, Wang X, Meng Q. (2020): Recent advances in processing food powders by using superfine grinding techniques: A review, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. DOI: 10.1111/1541-4337.12580
5. Heiniö (2016): Sensory characteristics of wholegrain and bran-rich cereal foods -A review, *Trends in Food Science & Technology* 47 (2016) 25-38,
6. Internet 1. BÉT- Gabona átlagárak 2021-2022
<https://www.bet.hu/Befektetok/Aru-szekcio/Gabona-atlagarak/gabona-atlagarak-2022>,
<https://www.bet.hu/Befektetok/Aru-szekcio/Gabona-atlagarak/gabona-atlagarak-2021>
7. Internet 2. Gabonafélék felvásárlási ára,
https://www.ksh.hu/stadat_files/ara/hu/ara0013.html
8. Internet 3. Chopin: Mixolab Application Handbook (2012),
<http://concereal.net/wp-content/uploads/2017/03/2012-CHOPIN-Mixolab-Applications-Handbook-EN-SPAIN-3.pdf>
9. J. Li (2012): Effect of Water Migration between Arabinoxylans and Gluten on Baking Quality of Whole Wheat Bread Detected by Magnetic Resonance Imaging (MRI), *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 60, 6507-6514 (2012), [dx.doi.org/10.1021/jf301195k](https://doi.org/10.1021/jf301195k)

10. Jonnalagadda(2011): Putting the Whole Grain Puzzle Together: Health Benefits Associated with Whole Grains—Summary of American Society for Nutrition 2010 Satellite Symposium, *The Journal of Nutrition*
11. Josemere B. (2020):
Micronized whole wheat flour and xylanase application: dough properties and bread quality, *Journal of Food Science and Technology* 58, 3902–3912 (2021), <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04851-2>
12. Lambertné Meretei A. (2012): Módszer kenyérbélzet állományjellemzőinek meghatározására, Doktori értekezés, Budapesti Corvinus Egyetem Élelmiszertudományi Kar Fizika-Automatika Tanszék
13. Pongráczné B.Á. (2010): Extenzográf alkalmazása a búza minősítésben I. rész
14. Protonotariu (2020): Jet milling conditions impact on wheat flour particle size, *Journal of Food Engineering* 294 (2021), <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110418>
15. Szabó P. B. (2015): Sütőipari, malomipari technológia gyakorlatok, SZTE Elektronikus Tananyag Archívum
16. Yujian G. (2021): Nutritional composition and physicochemical properties of oat flour sieving fractions with different particle size, *LWT - Food Science and Technology*, Volume 154, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112757>

Köszönetnyilvánítás

Szeretnék köszönetet mondani Badakné dr. Kerti Katalin tanárnőnek, aki konzulensként segítette munkámat, továbbá a Gabona- és Iparinövény Technológiai Tanszék dolgozóinak, akik segítették munkámat.

Makai Béla Szakdolgozat

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: MAKAI BÉLA
A Hallgató Neptun kódja: ZHLRMW
A dolgozat címe: A mikronizált liszt
A megjelenés éve: 2023
A konzulens tanszék neve: Gabonra- és Ipariösvény Technológiai Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, s 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 szellemi tulajdonkezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe.

Kelt: 2023 év május hó 7 nap

Makai Béla
Hallgató aláírása

KONZULTÁCIÓS NYILATKOZAT

Makai Béla (hallgató Neptun azonosítója: ZHLRMW) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*2}

Kelt: 2023 év május hó 2 nap


Belső konzulens

¹ A megfelelő aláhúzendő.

² A megfelelő aláhúzendő.