



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszer-tudományi Tanszék

SZAKDOLGOZAT

Gabona alapú őrlemények reológiai és végtermék tulajdonságainak összehasonlító vizsgálata

Készítette: Molnár Dóra
Biomérnök hallgató

Témavezető: Dr. Tömösközi Sándor
Egyetemi docens

Konzulens: Bucsella Blanka
PhD hallgató

2012.

Tartalomjegyzék

1.	BEVEZETÉS, CÉLKITŰZÉS	5
2.	IRODALMI ÁTTEKINTÉS.....	7
2.1.	Sütőiparban alkalmazott gabonafélék összehasonlítása: szem morfológia, és összetétel alapján.....	7
2.1.1.	Búzaszem felépítése és kémiai összetétele	7
2.1.2.	Rozsszem felépítése és kémiai összetétele	10
2.1.3.	Zabszem felépítése és kémiai összetétele	11
2.2.	A gabona malmi feldolgozása.....	14
2.2.1.	A malomipari termékek meghatározása, csoportosítása.....	16
2.3.	A reológiai tulajdonságot meghatározó komponensek jellemzése és összehasonlítása az egyes gabona típusokban.....	18
2.3.1.	Gabonafehérjék bemutatása	18
2.3.2.	Gabonák szénhidrátjainak jellemzése	21
2.3.2.1.	Gabonakeményítő jellemzése	21
2.3.2.2.	Nem keményítő jellegű poliszacharidok	23
2.3.3.	Gabona típusok lipid összetételének jellemzése	26
2.4.	A liszt típusok sütőipari minősítésének lehetőségei.....	26
2.4.1.	Fehérje minőségtől függő paraméterek vizsgálata.....	27
2.4.1.1.	Valorigráf és Farinográf	28
2.4.1.2.	Mikrovalorigráf	29
2.4.1.3.	Zeleny szedimentációs teszt	30
2.4.2.	Szénhidrát minőségtől függő paraméterek vizsgálata	30
2.4.2.1.	Esésszám mérés	31
2.4.2.2.	Gyors viszkoanalizátoros technika (Rapid Visco Analyser)	31
2.4.3.	Fehérje és szénhidrát minőségtől egyaránt függő paraméterek vizsgálata: Mixolabos méréstechnika	33
3.	KÍSÉRLETI RÉSZ	34
3.1.	Felhasznált anyagok	34
3.2.	Alkalmazott mérési módszerek	35
3.2.1.	Beltartalmi paraméterek meghatározása	35
3.2.1.1.	Nedvességtartalom meghatározása.....	35
3.2.1.2.	Nyersfehérjetartalom meghatározása Dumas módszerrel	35

3.2.1.3.	Sikértartalom meghatározása.....	36
3.2.1.4.	Nyersrost tartalom meghatározása	36
3.2.1.5.	Élelmi rost-tartalom meghatározása	37
3.2.1.6.	Nyerszsír tartalom meghatározása.....	39
3.2.1.7.	Hamutartalom meghatározása	39
3.2.2.	Szemcseeloszlás meghatározása	40
3.2.3.	Lisztek reológiai vizsgálati módszerei.....	40
3.2.3.1.	Mikrovalorigráfós módszer	40
3.2.3.2.	Mikro-Zeleny teszt	41
3.2.3.3.	Hagbeg féle esésszám meghatározása	42
3.2.3.4.	Gyors viszko-analizátoros (RVA) módszer.....	42
3.2.3.5.	Mixolabos mérés	43
3.2.4.	Végtermék minősítés	43
4.	EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE.....	45
4.1.	Lisztek beltartalmi paramétereinek értékelése	45
4.2.	A lisztmintákkal végzett szita-analízis eredményei	50
4.3.	Fehérje függő reológiai mérések eredményének értékelése.....	51
4.3.1.	A Zeleny szedimentációs teszt eredményei	51
4.3.2.	Mikrovalorigráfós mérések eredménye	52
4.4.	Szénhidrát függő reológiai mérések eredményei	57
4.4.1.	Lisztek esésszám adatainak értékelése	57
4.4.2.	RVA mérések eredményeinek értékelése	57
4.5.	A fehérje és szénhidrát tulajdonságokat együtt vizsgáló Mixolabos mérések eredményeinek értékelése	61
4.6.	A próbacipók értékelése	68
4.7.	A fehérjemínőségtől függő paraméterek együttes értelmezése, korrelációs vizsgálatok.....	70
4.8.	A szénhidrát összetételtől függő paraméterek együttes értelmezése, korrelációs vizsgálatok.....	73
5.	ÖSSZEFOGLALÁS	76
6.	IRODALOMJEGYZÉK	77
7.	Mellékletek	80

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnék köszönetet mondani mindenkinek, aki támogatta szakdolgozatom létrejöttét.

Szeretném megköszönni témavezetőmnek, **Dr. Tömösközi Sándornak**, hogy felhívta a figyelmemet erre a témára, és aki már egy éve nagy odafigyeléssel irányítja és segíti munkámat az Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszer-tudományi Tanszéken.

Külön köszönet illeti **Bucsella Blanka** PhD hallgatót, aki mind a mérések során, mind az értékeléseknél segítségemre volt.

Köszönet továbbá a Gyermelyi Zrt.-nek, a kísérleteimhez nyújtott szakmai és anyagi segítségért, **Szendi Szilvia** PhD hallgatónak, **Szűcsné Makay Erika** technikusnak és **Nagy Mariann** BSc hallgatónak, hogy a mérések kivitelezésénél segítségemre voltak.

Végül, de nem utolsó sorban szeretnék köszönetet mondani kedves családomnak, akik tanulmányaim során mindvégig mellettem álltak, és támogattak.

Munkám elvégzését a „Egészségmegőrzés és hagyomány: alapanyag-, termék- és technológiafejlesztés a gabonavertikumban” c. (TECH_08_A/2-2008-0425), és a Pannon búza fajták és fajtajelöltek nemesítése, termesztési és élelmiszeripari feldolgozási rendszerének fejlesztése (Tech_09-A3-2009-0221) c. NTP kutatási projektek támogatása tette lehetővé, emellett a téma kapcsolódik "Minőségorientált, összehangolt oktatási és K+F+I stratégia, valamint működési modell kidolgozása a Műgyetemen" c. projekt (TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0002) szakmai célkitűzéseinek megvalósításához.

1. BEVEZETÉS, CÉLKITŰZÉS

A gabona alapú táplálkozás meghatározó szerepet tölt be élelmiszerellátásunkban és kultúránkban is. Népelelmezési szempontból a búzából készült fehérliszt alapvető fontosságú. A búzaszem tápértékének meghatározó részét a benne található keményítő és fehérje adja, emellett számos más, bizonyítottan egészségtámogató komponenst (élelmi rostot, antioxidánsokat) is tartalmaz, meghatározóan a héjban és a héj közeli frakciókban. A jelenlegi nagyüzemi malomipari feldolgozás technológiájából adódóan azonban ezen komponensek jelentős részét a fehérlisztek nem tartalmazzák. Márpedig a népbetegségnek számító elhízás, cukorbetegség, rostszegény táplálkozás társadalmi szintű kezelése szempontjából és egyszerű gazdasági megfontolásból is a búza táplálkozástani potenciáljának jobb kihasználása kívánatos lenne.

Egy Gabonart hazai kutatás-fejlesztési konzorciumi együttműködés keretein belül a Gyermelyi Zrt. malmában a Bühler cég, a BME Alkalmazott Biotechnológiai és Élelmiszer-tudományi Tanszék közreműködésével olyan malomipari technológiai fejlesztés valósult meg, amely alkalmas arra, hogy a mellékterméknek számító korpadús frakciókból funkcionális komponensekben gazdag speciális őrleményt állítsanak elő

Annak érdekében, hogy az új őrleményt a malmi termékek sorába el tudjuk helyezni, szükséges az új termék összetételének és technológiai viselkedésének megismerése és a jelenleg piaci forgalomban lévő, jellegükben hasonló termékekkel történő összehasonlítása. Munkám során vizsgálni kívántam a kutatás középpontjában álló kísérleti lisztet (BKL) úgy, hogy a hagyományos, búza kenyérliszthez, teljes kiőrlésű búzaliszthez, továbbá rozs-, és zabliszthez hasonlítottam. Dolgozatom céljául tűztam ki tehát, hogy megismerjem és összevegyem ezen őrleményeket az alábbi szempontok szerint:

- Az új liszt típus és a választott őrlemények beltartalmi összetételének összehasonlító vizsgálata.
- Valamennyi őrleményből készített tészta reológiai viselkedésének jellemzése a búzaminősítésben használatos vizsgálati módszerek alkalmazásával.
- A vizsgált őrlemények és általános búza finomliszt adott arányú keverékeinek reológiai jellemzése. Ezeknél a vizsgálatoknál szem előtt tartottuk a tényt, hogy

a zab- és rozsliszt sütőipari felhasználása általában nem önmagában történik, hanem búzaliszthez adagolva. Ennek okán a vizsgálatok különböző keverési arányokkal előállított mintákra is kiterjedtek. Így információt kaphattunk arról, hogy a magasabb táplálkozási értékkel rendelkező őrlemények adagolása milyen hatással van a hagyományos búzaliszt technológiai viselkedésére.

- Szabványos sütőipari végterméktesztek elvégzése.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. Sütőiparban alkalmazott gabonafélék összehasonlítása: szem morfológia, és összetétel alapján

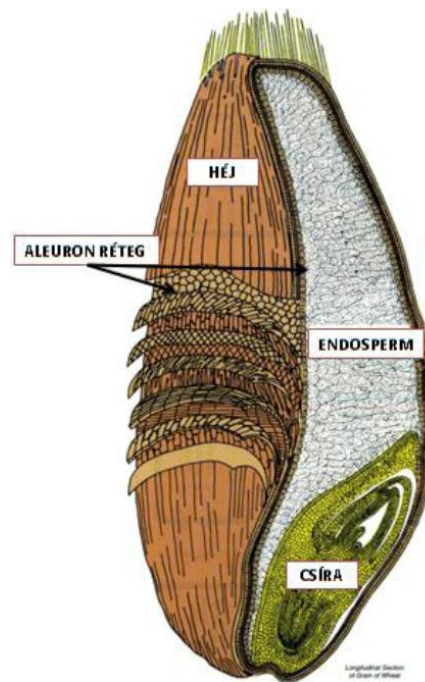
A változatos sütőipari termékek iránti igény bővülése az alapanyagok folyamatos fejlesztésével szolgálható ki. A fogyasztók egyre inkább szem előtt tartják az élelmiszerek fogyasztásából eredő előnyöket illetve hátrányokat és ennek eredményeképp gyarapodik az egészség-, és táplálkozástudatos fogyasztók száma.

Számos gabonából és álgabonából készült termék elérhető már a piacon, ezek közül a továbbiakban a kutatási témám szempontjából fontos búza, rozs és zab alkalmazásának lehetőségeivel fogok részletesebben foglalkozni. A továbbiakban elsőként az egyes gabona félék szem morfológiáját és összetételét mutatom be, majd az összetevők részletes bemutatása következik.

2.1.1. Búzaszem felépítése és kémiai összetétele

A búza (*Triticum* növénynemzetség) a perjefélék (*Poaceae*) családjába tartozik. Alkalmazhatósága széleskörű, a változó éghajlati körülményeknek köszönhetően napjainkra nagy tűrő- és termőképességű fajok terjedtek el. Széleskörű felhasználását a fent említettek mellett, annak köszönheti, hogy a benne található fehérjék sajátos térhálót képesek kialakítani (síkerváz), aminek a sütőiparban kiemelkedően fontos szerepe van, továbbá előnyös tulajdonsága a hosszú eltarthatósága. A búza nem csak élelmiszeripari szempontból kiemelkedő szerepű, a feldolgozása során keletkező melléktermékek alkalmasak takarmányozási célra [1].

A szem megmunkálásához a mag felépítésének ismerete szükséges. A búzaszem felépítését tekintve diszkrét részekre osztható fel: a tápanyag tartalékoló; *magbelsőre*, a védő feladatokat ellátó *héjra* és későbbi növekedésért felelős *csírára* (2.1. ábra). Ez a tagolás a többi gabona esetében is azonos. A mag külsejétől haladva a héj az első elem. A szem különböző régiói betöltött funkciójuknak megfelelően nagyon különböző kémiai összetételűek [2].



2.1. ábra: A búzaszem szerkezete

A búzaszem általános összetételére (2.1. táblázat) a jelentős, 80% szénhidrát-tartalom jellemző, melynek háromnegyedét a keményítő teszi ki, a maradék negyed rész a szervezetünk számára emészthetetlen rost adja. A búza másik jelentős alkotója a fehérje, mely a szem közel 16%-át alkotja [2].

2.1. táblázat: A búzamag általános összetétele tömegszázalékban szárazanyagra vonatkoztatva [3]

Fehérje	Lipid	Szénhidrát	Keményítő	Rost	Hamu
16	2	80	67	12	2

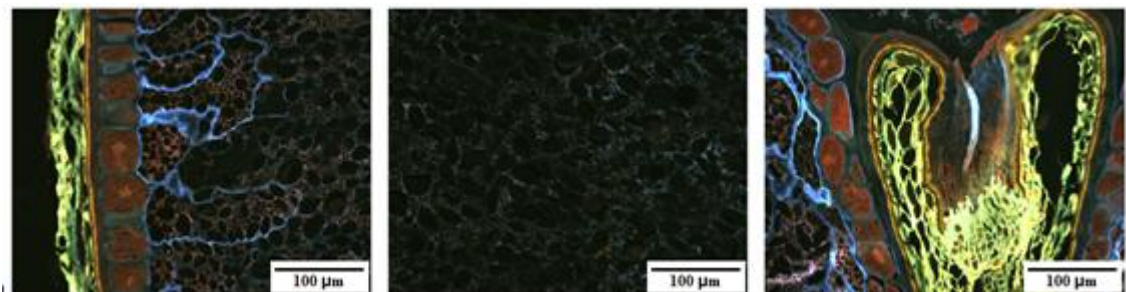
A héj a búzaszem legkülső, környezettel érintkező része, mely elsősorban fizikai és biológiai védelmi funkciót tölt be. A védelemi és a váz feladatok betöltésére a szénhidrátok egy csoportja a nem keményítő jellegű poliszacharidok alkalmasak, ez okozza a magas szénhidrát tartalmat ezekről a későbbiekben részletesen írok (lásd: 2.3.2 fejezet).

A héj jellegzetes vörösesbarna színét az itt található pigmentek adják, melyek a malmai technológia során indikátorként is szolgálnak, mivel a héj jelenléte a különböző őrleményekben a jellegzetes szín alapján egyértelműen kimutatható [2].

2.2. táblázat: A búzamag egyes szöveti részeinek kémiai összetétele (szárazanyag %-ban), [3]

Magrész	Szövet típus	Fehérje	Lipid	Keményítő	Cellulóz	Pentozánok	Nyersrost	Hamu
Héj	Hosszanti sejtek	3,9	1	-	32,1	50,1	27,7	1,3
	Haránt sejtek	10,7	0,5	-	22,9	38,9	20,7	10,6
	Maghéj	6,9	0,8	-	27	46,6	23,9	3,4
Magbelső	Aleuron réteg	31,7	9,1	-	5,3	28,3	6,6	10,9
	Endosperm	12,6	1,6	80,4	0,3	3,3	0,3	0,6
Csíra		34	27,6	-	-	-	2,4	5,8

A *csíra* a búzaszem gyorsan osztódó szövete, a mag enyhén szélesedő végében helyezkedik el. Összetételét tekintve magas fehérje- és lipid tartalom jellemzi, továbbá jelentős ásványi anyag tartalommal bír. A csírában találhatóak továbbá a szem növekedéséhez szükséges enzimek illetve a tartalék fehérjék.



2.2. ábra: A búza fluoreszcens képe: külső héj réteg, endosperm, gyűrődött régió [4]

A *magbelső* jelentős részét nagy tömegű keményítő-fehérje mátrix alkotja, ám a magbelsőt morfológiailag jól elkülöníthető, funkcionálisan is két különböző részre oszthatjuk:

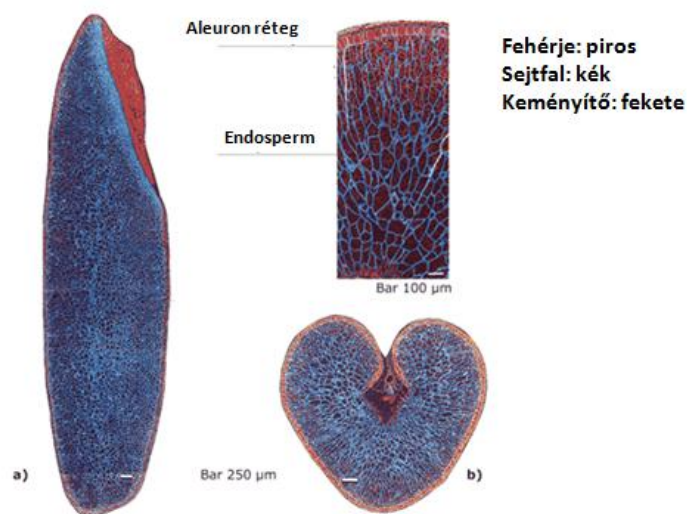
Az *aleuron réteg* a héj és az endosperm keményítő-sikér részének határán található egy sejtsoros szövet, a szemben ellátott feladatát tekintve az anyagtranszportért felelős. A funkciójából adódóan a szem ezen része vízzeloldható fehérjékben, enzimekben gazdag. Szürke szín jellemzi, melyet a benne található fenolos vegyületek adnak. Magas szénhidrát tartalma miatt irányult rá a figyelem az utóbbi időben.

Az *endosperm*, azaz liszttest, jelentős mennyiségben 12%-ban vízdoldhatatlan fehérjét, és mintegy 80% könnyen bontható keményítőt tartalmaz. A hagyományos malomipar számára ez a szemalkotó a legfontosabb, a piacképes lisztek előállítására szolgál [2].

2.1.2. Rozsszem felépítése és kémiai összetétele

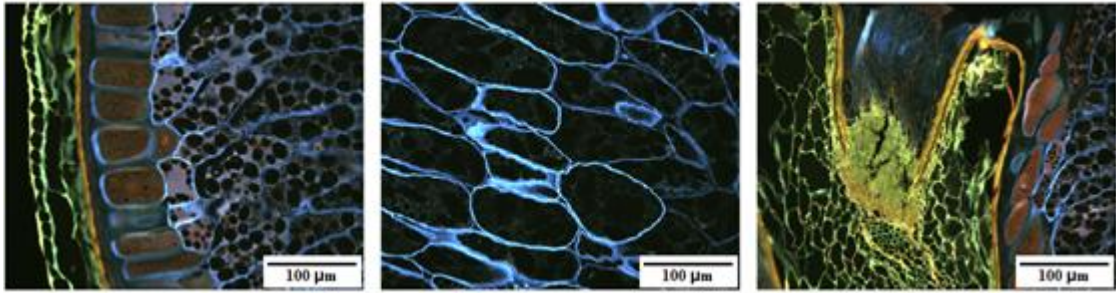
A rozs felhasználása mára visszaszorult a búzáéval szemben. A rozs valamennyi fajtája egyetlen fajhoz (*Secale cereale*) tartozik, és ezért nem mutat olyan sokféleséget, mint a búza. Van őszi és tavaszi vetésű változata, de nálunk kizárólag a nagyobb hozamú őszi rozst termesztik.

A szerkezete lényegében a búzáéval azonos. Az érett rozsszemek karcsúbbak a búzaszemeknél (2.3. ábra), szürkés-sárga, barna és néha zöldes színűek, redőzött magházzal rendelkeznek, ami durva megjelenést kölcsönöz a rozsszemnek. A redők/barázdák a rozsszem ventrális oldalán, a szem teljes hosszában futnak [5].



2.3. ábra: Rozsszem felépítése: hosszanti és haránt nézetből [6]

A búzához hasonlóan a szem fő morfológiai részei a maghép, az endosperm és a csíra. Az endospermet egy aleuron réteg veszi körül. Az endosperm és a csíra felépítése és kémiai összetétele a búzaszemhez hasonló.



2.4. ábra: A rozsszem fluoreszcens mikroszkópos képe: külső héj réteg, endosperm, gyűrődött régió [4]

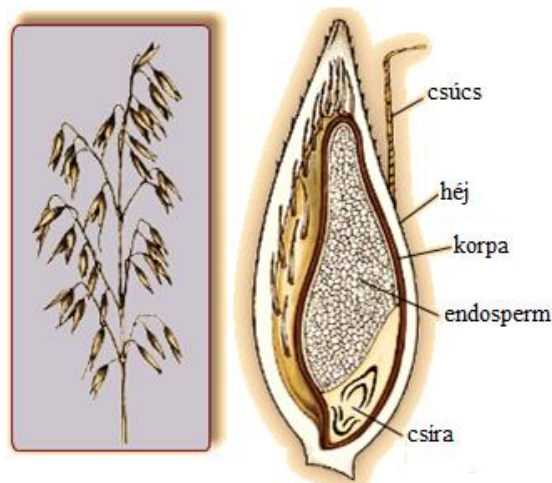
A rozsszem átlagosan 15 % fehérje és 70 % szénhidrát, 2% lipid, és közel 2 % hamu tartalommal bír. A rozsszem általános összetételét a búzaszemhez viszonyítva (2.3. táblázat) az 1-2 %-kal nagyobb fehérje, illetve a 3-5 %-kal nagyobb rost tartalomban van eltérés [5].

2.3. táblázat: A búza- és a rozsszem átlagos összetétele tömegszázalékban szárazanyagra vonatkoztatva [3]

Fehérje	Lipid	Szénhidrát	Keményítő	Rost	Hamu
15-17	1,7-2	70-80	50-70	15-17	1,7-2,1

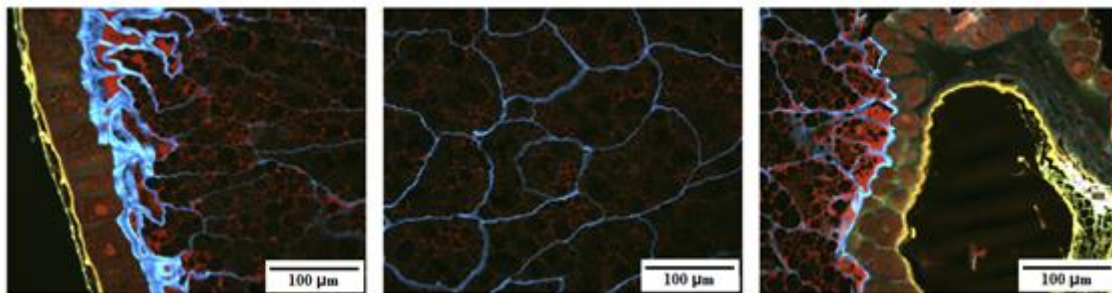
2.1.3. Zabszem felépítése és kémiai összetétele

A zab (*Avena*) a perjefélék (*Poaceae*) közé tartozó perjeformák (*Pooideae*) egyik nemzetsége, mintegy ötven fajjal rendelkezik. A gabonák azon típusa, amit leginkább takarmánynak termesztnek. A búzától, rozstól eltérően füzérvirágzatú, mely egy- vagy többvirágú (2.5. ábra) [5].



2.5. ábra: A zab füzérvirágzata és a zabszem felépítése

A zab az új táplálkozási trendek térhódításának köszönhetően kezd előtérbe kerülni, melynek oka a magas rost tartalma, továbbá kellemes ízű/aromájú és kiválóan megőrzi a nedvességet. Egyes tanulmányok azt mutatták, hogy a legtöbb liszt-érzékeny ember képes tolerálni a zabot, mely még egy okot ad a zabbal kapcsolatos ismeretek tovább bővítésére [5].



2.6. ábra: A zabszem fluoreszcens mikroszkópos képe: külső héj réteg, endosperm, gyűrődött régió [4]

A zab növény virágzata és a zabszem szerkezete eltér más gabonáktól. A szem felépítését tekintve, a csírája nagyobb a búzáénál, az endosperm rétege pedig több fehérjét és lipidet tartalmaz, mint a többi gabonaféle endospermje. Betakarítása a zárt héjzattal együtt történik. Az általános kémiai összetétele hasonló más cereáliákhoz [5].

2.4. táblázat: A zabszem és búzaszem átlagos összetétele tömegszázalékban a száraz anyagra vonatkoztatva [3]

Fehérje	Lipid	Szénhidrát	Keményítő	Rost	Hamu
10-15	4-8	53-66	50-60	7-13	2-4

A zabszem átlagos összetételére a magas szénhidrát tartalom (66%) jellemző, melynek a többi gabonához hasonlóan a keményítő a fő alkotója. A másik jelentős mennyiségben előforduló makrokomponens a fehérje, mely a szem 15 %-át is kiteheti. A búzaszemhez képest (2.4. táblázat) a zab lipid tartalomban mutat eltérést, mely 2-6 %-kal haladja meg a búzáét, illetve a hamu tartalomban, mely 2%-kal magasabb, mint a búzaszemben mért érték [5].

2.5. táblázat: A búza-, rozs és zabszem általános összetételének összefoglaló táblázata [3]

Gabona típusa	Fehérje	Lipid	Szénhidrát	Keményítő	Rost	Hamu
búza	16	2	80	67	12	2
rozs	15-17	1,7-2	70-80	50-70	15-17	1,7-2,1
zab	10-15	4-8	53-66	50-60	7-13	2-4

A három gabona típus szem-összetételének összevetését a 2.5. táblázat tartalmazza. A szemek:

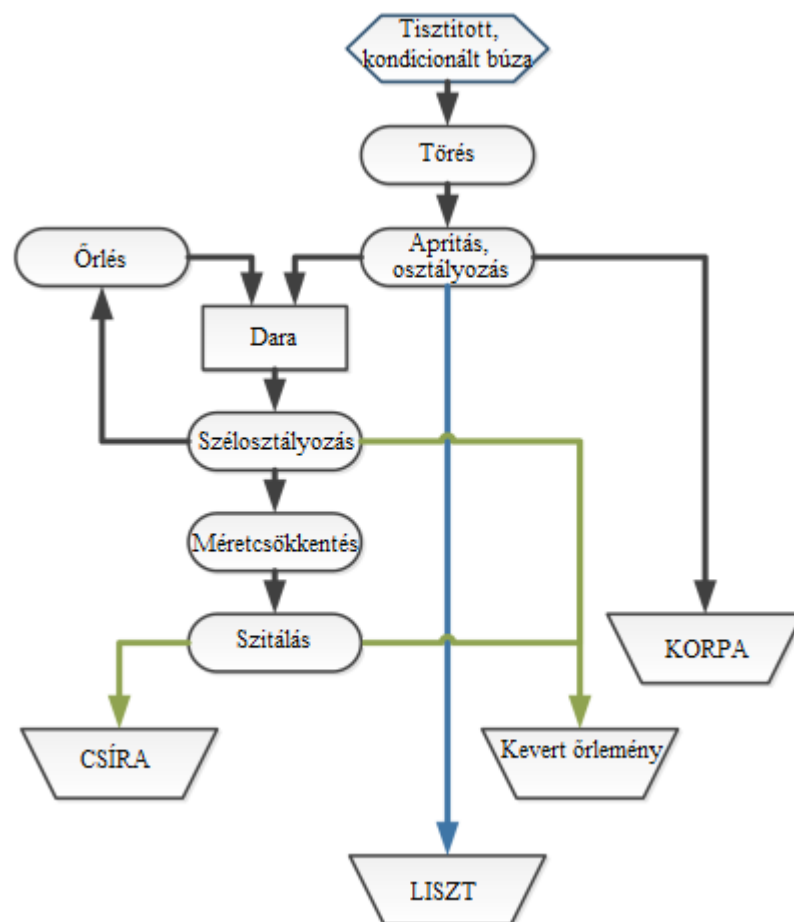
- *fehérje* tartalmát tekintve a rozs néhány százalékkal többet tartalmaz a másik két gabonaszem típushoz képest.
- *lipid* tartalmat vizsgálva a zabszemnek közel 6 %-kal nagyobb a másik kettőhöz képest
- a három típusból a zab tartalmaz 5-20 %-kal kevesebb *szénhidrátot*
- *keményítő* tartalma a mind háromnak közel azonos
- *rostban* a rozs bizonyul a búzánál 2-5% gazdagabbnak
- *a hamu* mennyiségben a zab mutat 2 %-os többletet.

A fentieket összegezve levonható következtetés, hogy jellegében a rozs hasonlít leginkább a búzaszem szerkezetére és összetételére. A zab strukturálisan és beltartalmát tekintve is nagyobb eltéréseket mutat a búzaszemhez képest.

2.2. A gabona malmi feldolgozása

Az általam vizsgált gabona-örleményeket, tekintettel az előző részben leírt morfológiai különbségekre, különböző technológiai folyamatsorokkal állítják elő. Ebben a fejezetben bemutatom ezen technológiák közötti eltéréseket.

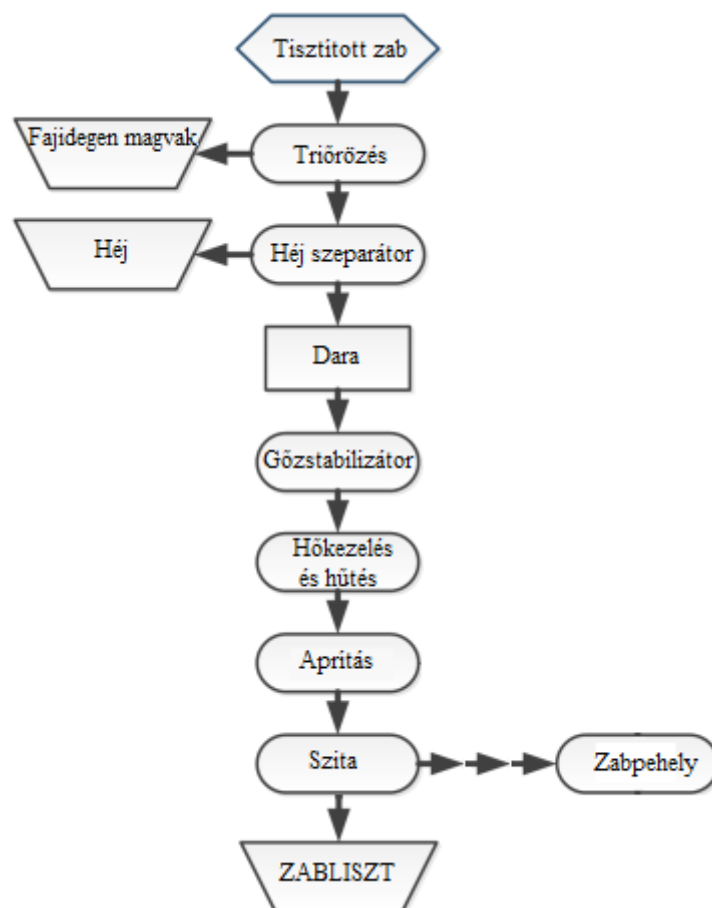
A *búza malmi feldolgozásának* folyamatábráját az 2.7. ábra: A búza és a rozs malmi feldolgozásának folyamatábrája szemlélteti. A technológia során az előzetesen tisztított és kondicionált búzaszemeket két ellentétes irányba forgó henger között vezetik át, ez lényegében tisztítási, elválasztási lépés mely, során megtörténik a magbelső és a korpa frakció elválasztása. A csírá későbbi művelet során választják el (a teljes kiőrlésű búzaliszt a Magyar Élelmiszerkönyv szerint a gabonaszem összes alkotórészét tartalmazza, beleértve a csírá és a korpát is). Az így kapott örlemények eltérő méretű részecskéket tartalmaznak, mivel a búzaszemben jelen lévő különböző szövetek eltérő módon reagálnak a mechanikai behatásra. Ez lehetőséget biztosít a különböző szövetek szitálással történő elválasztására [7].



2.7. ábra: A búza és a rozs malmi feldolgozásának folyamatábrája

A keményítőben gazdag finom frakciót további henger-párokon vezetik keresztül, annak érdekében, hogy a részecskeméretet a cél-lisztnak megfelelő értékre csökkentsék. A maradék részeket ún. szélosztályozással választják szét, melynek alapja a szemcsék aerodinamikai tulajdonságaiban lévő különbség. Az előállított lisztfrakciók mindegyikének fő komponense az endosperm, azonban a mag más részeinek mennyisége eltérő bennük. A különböző frakciók keverésével érhető el a kívánt funkcionális komponens koncentráció.

A *rozs malmi feldolgoása* nagyon hasonló a búzáéhoz. A rozsszemeket redős hengerek között vezetik át, a szemcsék ebben az esetben nagyobbak, mint a búzáénál. Hántolás után a szemekből pelyhet vagy lisztet állíthatnak elő. A rozslisztból készült őrleményeket három osztályba sorolhatjuk, ezek csökkenő arányban tartalmaznak héj-közeli részeket, melyek hatással vannak az őrlemény színére [2,7].



2.8. ábra: A zab malmi feldolgozásának folyamatábrája

A zabliszt malmi feldolgozásának folyamatábráját a 2.8. ábra: A zab malmi feldolgozásának folyamatábrája szemlélteti. Az őrlés során a fő cél a zabpehely előállítása, azonban lisztet is állítanak elő zabból. A zab magas lipid tartalma miatt nem tárolható hosszú ideig a nagyfokú zsírsav oxidáció és az enzimek jelenléte miatt. Ez szükségessé teszi az enzimek, nevezetesen a lipázok inaktiválását, a zab feldolgozási technológiája emiatt nagymértékben eltér a többi gabonáétól. A lipázok a külsőbb rétegekben találhatóak, így ezeket a szöveteket a technológia során hőkezelésnek kell alávetni. A kezdeti eljárás, miszerint a kemencék a hőkezelés során a teljes szemet melegítik, jelentős energia befektetést igényel. Mára ezt a lépést a héj eltávolítása után helyezik el, ez a megoldás szélesebb körben elterjedt alacsonyabb energia igénye miatt. A hőkezelést követően aprító és szeparáló művelet során juthatunk el a zablisztig [7].

Mindent összevetve a búza és a rozs megmunkálása hasonló technológiát igényel, míg a zab feldolgozása ettől eltér. A zab magas lipid tartalma miatt szükség van a lipid oxidációért felelős enzimek denaturációjára, melyet egy hőközlési lépéssel érnek el.

2.2.1. A malomipari termékek meghatározása, csoportosítása

A gabonafélékből a malmi feldolgozás során eltérő összetételű és fizikai tulajdonságú lisztfrakciókat állítanak elő. A zabból előállított termékeket Magyarországon nem határozza meg szabvány, emiatt csak teljes kiőrlésű zabliszttel dolgoztam. A búzából és rosból készült klasszikus standard őrlmények a Magyar Élelmiszerkönyv alapján:

A Magyar Élelmiszerkönyvben jegyzett gabonaőrlemények beltartalmára vonatkozó előírások: [8]

2.6. táblázat: Rozslisztre vonatkozó előírások

Minőségi jellemző	RL-60	RL-90	RL-125	Teljes kiőrlésű rozsliszt
Hamu, % (m/m) szárazanyag-tartalomra számítva	legfeljebb 0,65	0,66-0,98	0,99-1,35	legalább 1,36
Savfok, legfeljebb	3,0	4,0	5,0	5,0
250 µm-en áteső rész, % (m/m)	100	100	100	legfeljebb 60
Szemcseméret				
2000 µm-en áteső rész, % (m/m)	–	–	–	100
400 µm-en áteső rész, % (m/m)	–	–	–	legfeljebb 90
Nedvességtartalom, legfeljebb, % (m/m)	15,0			
Esésszám, s	130-300			

2.7. táblázat Búzalisztre vonatkozó előírások

Minőségi jellemző	Búzafinomliszt BL 55	Búzakenyérliszt, fehér BL 80	Búzakenyérliszt, félféher BL 112	Étkezési búza dara	Búza rétesliszt BFF 55	Tésztaipari búzaliszt TL 50	Graham-búzaliszt	Teljes kiörlésű búzaliszt	Étkezési búza korpa	Tésztaipari durumbúza dara	Durumbúzaliszt sima
Hamu, % (m/m) szárazanyag-tartalomra vonatkoztatva	legfeljebb 0,60	0,61–0,88	0,89–1,12	–	legfeljebb 0,55	legfeljebb 0,50	1,5–2,2	1,5–2,2	–	–	–
Nedvességtartalom, legfeljebb, % (m/m)	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,2	15,0	15,0	13,0	15,0	15,0
Sütőipari értékcsoport farinográffal vagy valorigráffal meghatározva, legalább	B	B	B	–	–	–	–	–	–	–	–
Nedvessikér-tartalom, legalább, % (m/m)	27	28	28	–	27	26	–	–	–	28	28
Szemcseméret, mikrométer	315 µm-en 100%, 250 µm-en legalább 95% essen át	315 µm-en 100%, 250 µm-en legalább 95% essen át	315 µm-en 100%, 250 µm-en legalább 95% essen át	1250 µm-en 100%, 450 µm-en legfeljebb 10% essen át	360 µm-en 100%, 160 µm-en legfeljebb 25% essen át	400 µm-en 100%, 200 µm-en legfeljebb 15% essen át	2000 µm-en 100%, 315 µm-en legfeljebb 60% essen át	500 µm-en legalább 85%, 315 µm-en legalább 70% essen át	500 µm-en legfeljebb 20%, 200 µm-en legfeljebb 4% essen át	500 µm-en legalább 95%, 315 µm-en legfeljebb 75%, 250 µm-en legfeljebb 50%, 160 µm-en legfeljebb 10% essen át	250 µm-en 100% essen át

2.3. A reológiai tulajdonságot meghatározó komponensek jellemzése és összehasonítása az egyes gabona típusokban

A lisztek minősítését egyrészt a kémiai összetétel meghatározása, másrészt a technológiai tulajdonságok determinálása jelenti. Ez utóbbira azért van szükségünk, mert az összetétel ismeretében nem tudunk a lisztből gyúrható tészta jellegére vagy a végtermék minőségére egyértelműen következtetni.

A tészta reológiai tulajdonságainak értelmezéséhez elengedhetetlen a lisztet alkotó komponensek kémiai, és fiziko-kémiai viselkedésének ismerete. A következőkben ezen alkotók részletesebb bemutatása következik.

2.3.1. Gabonafehérjék bemutatása

A gabonafehérjék a technológiai megmunkálás és táplálkozási szempontjából fontos komponensek. A gabona fehérjét több szempont szerint is csoportosíthatjuk (2.8. táblázat). A felosztás egyrészt történhet a fehérjék a gabonaszemben történő elhelyezkedése alapján (endosperm-, aleuron-, csírafehérjék), másrészt a biológiai funkciójuk alapján (pl. enzimek, membránfehérjék stb.). Emellett a fehérjék kémiai tulajdonsága alapján is besorolhatjuk őket, aszerint, hogy egyszerű vagy összetett fehérjékről beszélünk [3].

2.8. táblázat: A gabonafehérjék csoportosításának lehetőségei [3]

Morfológiai megjelenés	Biológiai funkció	Oldhatóság (Osborne)	Kémiai összetétel
Endosperm	Metabolikusan aktív fehérjék	Albuminok	Egyszerű fehérjék
Aleuron réteg	Enzimek	Globulinok	Összetett fehérjék
Csíra fehérjék	Membrán fehérjék	Prolaminok	Lipoproteinek
	Riboszómális fehérjék	Glutelinek	Glükoproteinek
	Tartalék fehérjék	Nem-oldhatók	Nukleoproteinek
			Foszfoproteinek
			Kromoproteinek
			Metalloproteinek

Mégis a gabona fehérjék egyik leggyakorlatiasabb és egyben legelterjedtebb osztályozása az Osborne-féle frakcionálás, mely a fehérjék oldhatósága alapján történik. Ilyen alapon vízoldható albuminokat, só oldható globulinokat, alkohol oldható

prolaminokat és sav-, vagy lúgoldható glutelinket különböztethetünk meg. A 2.9. táblázat az egyes gabona típusok Osborne frakcióinak megoszlását szemlélteti. Az irodalmi adatok alapján a búza és rozs esetében a prolaminok és glutelinek dominálnak, míg a zab fehérjéinek 80%-át só oldható globulin alkotja és a fent említett prolaminok és glutelinek csekély mennyiségben vannak jelen [5].

2.9. táblázat: A fehérjék Osborne frakciók százalékos megoszlása a búza, rozs és zab esetében [3]

Gabona	A száraz szem fehérjetartalma [%]	Az egyes frakciók mennyisége az összes fehérje %-ában			
		albuminok	globulinok	prolaminok	glutelinek
Búza (Triticum vulgare)	10-15	3-5	6-10	40-50	30-40
Rozs (Secale cereale)	9-14	5-10	5-10	30-50	30-50
Zab (Avena sativa)	8-14	1	80	10-15	5

Búza sikérfehérjék jellemzése

A búzaszemben meghatározó prolamin és glutelinek tartalék funkciókat ellátó fehérje frakciók melyek a szem endosperm részében találhatóak. A búzalisztek esetében tészta szerkezet és tulajdonságok szempontjából ezen prolaminok és glutelinek, azaz az úgynevezett sikérfehérjék játszanak fontos szerepet.



2.9. ábra: A sikérfehérjék szerepe a sikérháló, tészta szerkezet kialakításában [9]

Összefoglaló nevüket onnan kapták, hogy vízzel érintkezve gyors duzzadásba kezdenek, miközben saját tömegüknek 180%-át kitevő vizet kötnek meg. Ennek eredményeként rugalmas, jól nyújtható, gumyszerű anyaggá, ún. nedves sikérré

alakulnak. Az erőteljes duzzadás hatására a lisztszemcsék teljesen szétesnek, majd a szomszédos szemcsékben lévő fehérjerészek a kialakuló tésztában érintkezésbe kerülnek egymással, és összetapadva siker-hálózatot, sikevázat hoznak létre [1].

A rozs fehérjéinek jellemzése

A rozslisztek és a búzalisztek kémiai alkotórészeinek arányszámait egymáshoz hasonlítva, úgy látszik, hogy nincs lényeges különbség a két kenyérgabona összetétele között. A két liszt-típus mégis alapvetően más tulajdonságokkal rendelkezik. A legfontosabb eltérés abból ered, hogy a rozslisztből nem lehet sikeért mosni. [10]

Bár a rozsban is van gliadin és glutenin, azonban mégsem alakul ki belőlük a tésztában siker, mert az ott lévő, részben oldott, részben duzzadt növényi gumik és nyálka-anyagok a fehérje-láncok kapcsolódását megakadályozzák. Ezek a gátló hatású rozs-komponensek nem keményítő jellegű poliszacharid típusú vegyületek. Annyira hatásosak, hogy még lisztkeverékekből készült tésztában is, rozsliszt 30-40 %-os jelenléte esetén, képesek a búzaliszt fehérjéinek sikevázra alakulását megakadályozni [5].

A zab fehérjéinek jellemzése

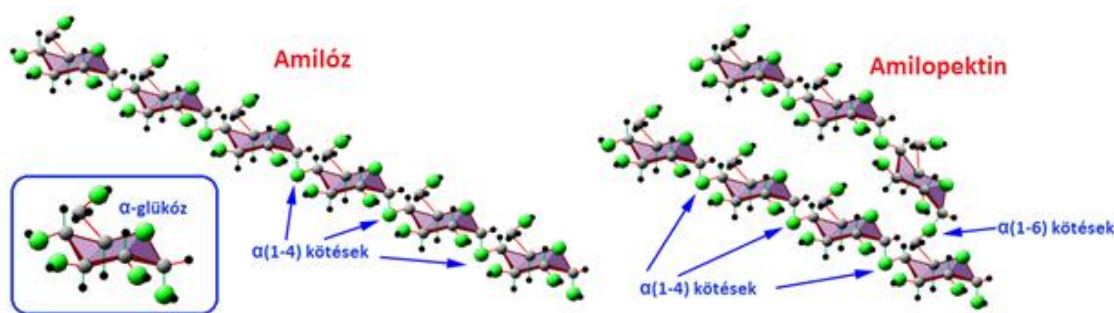
A zab fehérjetartalma általában 11-15% között változik, a magbelső fehérjetartalma magasabb, 12,4-24,5%, ezzel a zab a legmagasabb fehérjetartalmú növény a cereáliák között, de a teljes fehérjetartalom eloszlása az egyes növényi részek között hasonló a többi gabonához. A csíra fehérjetartalma a legnagyobb (kb. 30%), az endosperm kb. 10% fehérjét tartalmaz. Relatíve magas a fehérjetartalma a korpának is (kb. 20%), a héjnak pedig általában alacsonyabb, mint 2%. A fehérjetartalom a különböző fajok és fajták között, továbbá különböző környezetben termesztett növények esetében is jelentősen eltérhet. A zab endosperm fehérjei egészen eltérőek más gabonáktól, Osborne oldhatóság szempontjából. Zab esetében az oldható globulinok jelentős része az endosperm tartalék-fehérjeihez tartozik. A fentebb leírtak szerint a zab endosperm relatíve alacsony prolamin-, és magas globulintartalommal rendelkezik, a zab prolamin frakciót aveninnek nevezzük [5].

2.3.2. Gabonák szénhidrátjainak jellemzése

Az első fejezetben bemutatottak alapján a gabonaszemeket legnagyobb mennyiségben felépítő komponens a szénhidrát. A gabonát alkotó szénhidrátok felépítésüknek megfelelően két csoportra oszthatjuk; keményítő illetve nem keményítő jellegű poliszacharidokra. A két csoport tagjai nem csak felépítésükben, de reológiai tulajdonságokat befolyásoló jellegükben is eltérnek.

2.3.2.1. Gabonakeményítő jellemzése

A keményítő glükóz egységekből felépülő polimer, mely tartalék tápanyagként szolgál a gabonaszemben. Két fajtája az amilóz és amilopektin. Az amilóz α (1-4) glükóz molekulákból álló lineáris polimer, meleg vízben oldható és a tápcsatorna amiláz enzime képes bontani. Az amilopektint csak úgy, mint az amilózt α (1-4) glükóz lánc alkotja, de a láncról 25-30 egységenként α (1-6) kötésű elágazás található.

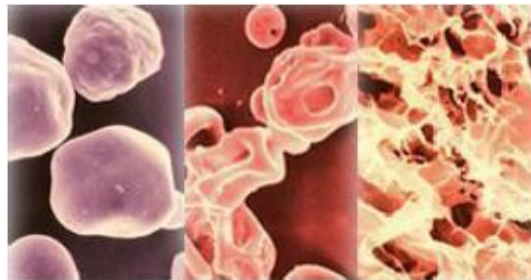


2.10. ábra Az amilóz és amilopektin szerkezete [11]

A keményítő gélesedési tulajdonsága fontos fizikai jellemző, a két összetevő aránya határozza meg a keményítő fizikai tulajdonságait, így a gélesedést is. A gélek átmenetet képeznek a szilárd és folyadék halmazállapot között. Minél magasabb az amilóz tartalom az amilopektinhez képest, annál kisebb a duzzadás mértéke és annál gyengébb a kialakult gél erőssége azonos keményítő koncentráció esetén [12,13].

A keményítőszemcsék hideg vízben oldhatatlanok, de kissé duzzadnak. Ez a duzzadás reverzibilis, miközben a nedvességtartalom 30 % körülire nő. A vizes keményítő szuszpenziót melegítve a duzzadás fokozódik, és irreverzibilissé válik. Ezt a folyamatot csirizesedésnek nevezzük. A csirizesedés során a keményítőszemcsék nagy mennyiségű vizet abszorbeálnak, és eredeti méretük többszörösére duzzadnak, majd felrepednek, és a kioldható anyagok oldatba kerülnek. A hőmérséklet további

emelésének hatására a keményítőszemcsék szerkezete szétesik és belőlük nagy viszkozitású sűrű kolloid oldat vagy gél képződik [3].



2.11. ábra: A keményítő gélesedési folyamata hőmérsékletnövekedés és mechanikai behatásra

Búzakeményítő jellemzői

A keményítőszemcsék alakja (gömb, lencse, vese, stb) és mérete lehetőséget ad a gabonafélék pontos elkülöníthetőségére. A búzakeményítő esetén a nagyobb szemcsék mérete 15-40 μm között változik, a nagyobb szemcsék főleg lencse formájúak, míg a kisebbek általában gömb alakúak. A búzakeményítőben lévő glükóz-polimerek aránya (amilóz:amilopektin) 25:75 és 28:72 között változhat. A jellemző csirizesedési hőmérséklet búzakeményítő esetében 60-67°C [5, 14].

Rozskeményítő jellemzői

A rozskeményítő méretben eltér a búzakeményítőtől. A szemcsék általában lencse alakúak, méretük két csoportba sorolható: a nagyobb szemcsék kb. 35 μm , a kisebbek kb. 8 μm nagyságúak. A rozsban az amilóz mennyisége 12-28% között változik [5, 15].

Sütési technológia szempontjából a keményítő tulajdonságok általánosítása a legfontosabb. A rozskeményítő gélesedési hőmérséklete lényegesen alacsonyabb (52-55°C), mint a búzakeményítőé, emellett érzékenyebb az amilázok által okozott degradációra. A rozskeményítő részben gélesedett formában jelentős szerepet játszik a rozskenyér bélzetének textúrájának kialakulásában. Az amilázok által okozott túlzott gélesedés és bomlás hátrányosan befolyásolja a kenyér minőségét, ragadós bélzetet okoz, a túl alacsony amiláz aktivitás, kismértékű gélesedés pedig száraz belsőt eredményez [14].

Zabkeményítő jellemzői

A keményítő a zab főkomponense, a keményítőtartalmat befolyásolják a különböző termesztési körülmények. Az eddig lezajlott kutatások azt mutatják, hogy a zabkeményítő egyedi fizikai, kémiai és szerkezeti tulajdonságokkal rendelkezik. A jellemző szemcseméret 3,8-10,5 μm tartományban változik, a szemcsék jellemzően sokszög alakúak. A zabkeményítő amilóz tartalma a 11-25%, csirizesedési hőmérséklete 48°C [16, 17].

A zabkeményítő sajátossága egy közbenső keményítő frakció jelenléte, mely egyaránt rendelkezik amilóz és amilopektin tulajdonságokkal is, ezeket *rendellenes amilóznak* és *rendellenes amilopektinnek* nevezzük. A legújabb gél-permeációs kromatográfiás vizsgálatok is kimutattak nagy mennyiségű, alacsony molekulásúlyú keményítő-frakciót, ami a köztes molekulásúlyú keményítő létezésére utal. A zabkeményítő nagyobb oldhatósággal rendelkezik és jobban képes duzzadni a búza- és kukoricakeményítőhöz képest, ami magasabb térfogatot eredményez. A nagy duzzadó képesség miatt azonban a keményítő oldható részének kevesebb folyadék lesz hozzáférhető. Ezek együttesen hozzájárulnak a viszkozitás emelkedéséhez a melegített diszperzióban. A zabkeményítő foszfortartalma is magas (0,15-0,19%), mely lizofoszfolid formában van jelen [5].

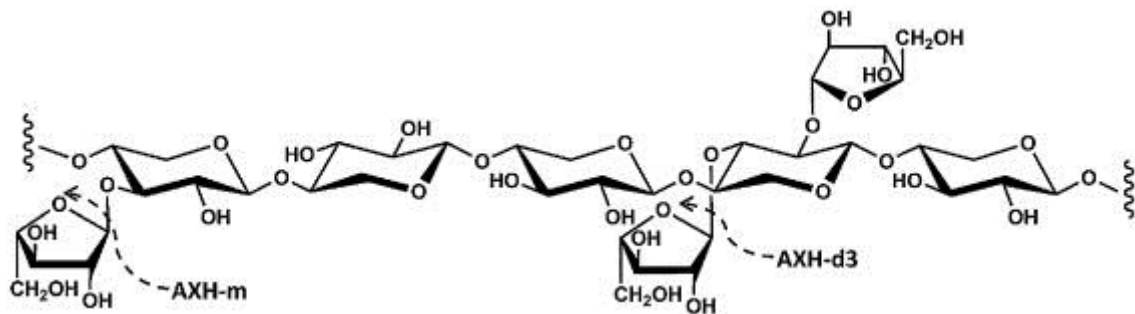
2.3.2.2. Nem keményítő jellegű poliszacharidok

A nem keményítő jellegű poliszacharidok nem olyan egységes csoport kémiailag mint a keményítőké. Az ide tartozó poliszacharidok heteropolimerek, melyek nem csak glükózból, hanem más monoszacharidból, például arabinóz, mannóz, galaktóz monomerekből épülnek fel. A különböző arabinoxilánok, araginogalaktánok, β -glükánok aránya az egyes gabonátípusokban eltérő. Ezen csoport tagjai táplálkozástani szempontból az élelmi rostok közé sorolunk. *Élelmi rostnak* nevezzük azon *élelmiszer részeket, melyek az emberi emésztőrendszer vékonybél enzimeivel nem lebontható és a vastagbélben nem vagy csak részlegesen fermentálódnak*. Az élelmi rostalkotók tehát kémiai szempontból nem alkotnak homogén csoportot, fiziológiai tulajdonságuk alapján sorolhatók egy kategóriába. A diétás vagy élelmi rost a gasztrointesztinális rendszerben lévő táplálék koncentrációját változtatja meg a víz abszorpciója révén, ezzel befolyásolva más komponensek felszívódását a bélből [18,19].

Az irodalmi áttekintésben a cellulózzal, mint rost alkotórésszel nem foglalkozom, mivel sem táplálkozástanilag sem technológiai szempontból nem tartozik a feladatom szempontjából kiemelkedően jelentős élelmi rostok csoportjába, nincsenek reológiai, duzzadási tulajdonságai.

Arabinoxilánok:

Az arabinoxilánok (AX) elágazó heteropolimerek. β -D-xilopiranozil monomerekből álló gerinchez kapcsolódnak α -L-arabinofuranozil csoportok. Az arabinóz szubsztituensek mennyisége befolyásolja az arabinoxilán tulajdonságait. A szénhidrát polimerhez számos más szubsztituens is kapcsolódhat az arabinózon kívül, pl.: ferulasav, hidroxifahéjsav. Az AX-ek intermolekuláris kapcsolatai elsősorban a ferulasav csoportokon keresztül jön létre. Az AX-ek molekulák egymáshoz a DDFA (Dihidro Di Ferulic Acid) hidakkal kapcsolódnak, a ligninhez direkt kovalens kötéssel vagy indirekt észter-észter kötéssel. Az arabinoxilánok mennyisége a búzaszemen belül a külső szövetek felé haladva nő. Legnagyobb mennyiségben a termésfalban, a maghéjban és az aleuron rétegben vannak. Ezek a szövetek őrléskor a korpába kerülnek, így az AX tartalom a korpában lesz a legnagyobb.



2.12. ábra: Arabinoxilán szerkezete [20]

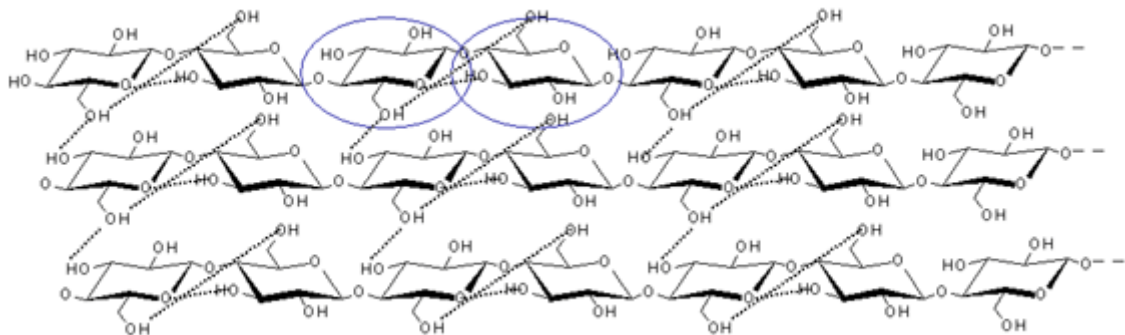
Az endosperm 1,5-2,5%-ban tartalmaz AX-t, így a lisztfrakcióban is jelen van. Mivel a vízoldható AX-ek hamarabb felszívódnak, így táplálkozástanilag hatásuk ezeknek jelentősebb, mint az oldhatatlanoké. A β -glükánokkal együtt szerepük van a glükóz- és inzulinszabályozásban, valamint csökkentik a koleszterinszintet is. A vízoldhatatlan AX-eknek az emésztési folyamatok serkentésében, illetve az egyes karcinogén anyagok megkötésében van szerepük [21,22,23].

Arabinogalaktánok:

Az arabinogalaktánok (AG) sok más poliszachariddal együtt részt vesznek a növényi sejtfal felépítésében. Szerkezetüket tekintve egy peptid lánc és három ehhez kapcsolódó szénhidrát oldalláncból állnak. Felhasználhatók gyomorfekély elleni védőszerként [24].

 β -glükánok:

A β -glükánok lineáris kevert D-glükóz polimerek, melyben a monomerek $\beta(1-3)$ és $\beta(1-4)$ glikozidos kötésekkel kapcsolódnak egymáshoz, előfordulnak mint természetes sejtfal-alkotók a különböző gabonafélékben.



2.13. ábra: β -glükán szerkezeti ábrája (a szaggatott vonal a hidrogén-kötéseket jelöli) [25]

Ezen 10-40 000 dalton molekula tömegű poliszacharidok táplálkozástani szempontból fontos természetes, kolloidképző, nagy abszorpciós kapacitású rost komponensek. Az emberi vékonybélben fejtik ki jótékony hatásukat, csökkentik a koleszterinszintet és szabályozzák a vércukorszintet [21].

A búzaszem 13-16%-ban tartalmaz élelmi rostot. A teljes szemben 6,8% arabinoxilán, 2,1% cellulóz, 1,6% lignin és 0,7% β -glükán található [26]. A rozsszem 16,5% élelmi rostot tartalmaz, melynek cellulóz tartalma 2,6%, az arabinoxilán tartalma 7,6%, lignin tartalma 3,0%, β -glükán tartalma pedig 2,3% [5]. A zabszemet túlnyomó részt β -glükán, arabinoxilán és cellulóz alkotja. A hántolatlan szemek β -glükán tartalma 4,5-5,5%, a zabkorpáé pedig 11,2-16,6% között változhat. A zabban található arabinoxilán átlagos mennyisége 4,1-15% között változhat, mely az arabinóz, xilóz és uronsav maradványok összességéből adódik. Az arabinoxilánok a hántolatlan zabszemben található nem-keményítő jellegű poliszacharidok fő komponense, kb. 65%-át teszi ki. A zab cellulóztartalma átlagosan 9,1%. A héj és a korpá cellulóz tartalma akár 40% is lehet.

Egyéni poliszacharidokat ritkán határoznak meg zabban, általában ételmi rosttartalmat vizsgálnak. A zab teljes ételmi rost tartalma az irodalomban meglehetősen széles körben, 12,7-38%-ig számszerűsíthető, a hántolatlan zab ételmi rost tartalma alacsonyabb, 5-12% között változik. A teljes ételmi rost-tartalomnak kb. 30-50%-a oldódik vízben [5].

2.3.3. Gabona típusok lipid összetételének jellemzése

A gabonafélékre az jellemző, hogy a lipid komponensei (2-8%) főleg a csírában lokalizáltak. Zsír sav összetételét tekintve ezen lipidek linolsavban gazdagok, ezen zsír sav aránya az összes zsír sav 40-60%-a. Emellett a csírában találunk palmitinsavat és olajsavat (15-30%), továbbá linolénsavat (2-5%). A gabonacsíra olajok igen értékes, esszenciális zsír savakban gazdag tápanyagok [3].

2.4. A liszt típusok sütőipari minősítésének lehetőségei

A hagyományos búzaliszt (pl.: BL55) reológiai tulajdonságainak ismerete minősítési szempontból rendkívül fontos, alapvetően meghatározza a sütőipari minőséget, a feldolgozhatóságot. A sütőipari minőség úgy definiálható, mint a lisztnek az a képessége, amely egységesen jó végterméket eredményez, mind a fogyasztó, mind a gyártó elvárásainak megfelelően. A lisztminőséget, a fentebb leírtak alapján alapvetően két fő tényező befolyásolja: az egyik a liszt beltartalmi összetétele, a másik pedig a fehérjeminőség, amely a liszt sikértartalmára és a liszt reológiai, fiziko-kémiai tulajdonságaira ad felvilágosítást [27].

A liszt főként keményítőből és fehérjéből épül fel. Mind a két komponens meghatározó jelentőségű a végtermék minőségében. A két összetevő hatásának vizsgálatára más-más módszerek alakultak ki. Az itt említett módszerek a hagyományos, magbelsőből őrölt búzalisztekre fejlesztettek, ezért a más gabona őrlemények vizsgálata ezen módszerekkel új lehetőségeket és kihívásokat jelent [28].

2.4.1. Fehérjeminőségtől függő paraméterek vizsgálata

A beltartalmi összetétel az elsődleges lisztminősítő tényező, ezen belül is a fehérjemennyiség, amely a liszt végső felhasználását jelentősen meghatározza. A fehérjék mennyisége és a sütőipari minőség között nem feltétlenül áll fenn pozitív korreláció, ezért a beltartalmi mérések mellett sok esetben meghatározó jelentőségűek az empirikus jellegű reológiai mérések.

Ismernünk kell a hagyományos liszt jellemzőit, hisz ez az alapja ezen méréseknek, melyek során információt szerzünk a fizikai-kémiai folyamatokról:

- a síkérháló kialakulását és annak jellemzőit vizsgáljuk
- dagasztásos módszerrel modellezzük a sütőipari folyamat során a dagasztást
- a megfelelő téztszerkezet kialakulásához szükséges víz mennyiséget determináljuk
- a dagasztás és nedvesség hatására kialakult fehérje térhálót vizsgáljuk, melyet hidrogén hidak másodlagos erők stabilizálnak
- a keverő elemeknek a téztszerkezet kialakulása, a konzisztencia növekedése során egyre nagyobb nyomaték leadására kényszerülnek, ha az állandó sebességüket tartani akarják
- azonban a tézta ellenállása csökken az állandó mechanikai strassz hatására
- csökken a konzisztencia
- ha a keverőelemek forgatónyomatékát a folyamat kezdetétől detektáljuk egy maximumos görbét kapunk.

Az időpont amikor maximális a nyomaték leadás a tézta kialakulásához szükséges idő, a technológiai eljárásnál a ezt vagy annál 1-2 perccel lehet tovább folytatni a dagasztást, hogy ne degradálódjon a szerkezet. Ez az érték általában 4-6 perc ha a dagasztást itt nem hagyjuk abba, hanem tovább folytatjuk, akkor a mechanikai hatásra bekövetkező konzisztencia csökkenést detektálhatjuk. a szerkezet erősségétől függően a folyamat végére a maximumtól való negatív eltávolodásból levonhatjuk a háló erősségéről a következtetést.

A búzára kifejlesztett reológiai mérések kiterjesztése más gabonákra nagy jelentőséggel bír, ugyanis egyre nagyobb az igény a különböző őrlmények reológiai vizsgálatára.

A rozsliszt reológiai tulajdonságai:

A sütőipari termékek előállítása tisztán rozslisztból kihívást jelent, mivel a rozslisztból készült tészta kevésbé rugalmas, mint a búzaliszt alapú, továbbá rozsliszt esetén nem alakul ki viszkoelasztikus fehérjehálózat, a fehérje-alegységek között nem jönnek létre diszulfid-kötések. A korlátozott szerkezet-kialakulás másik oka, a rozsban lévő pentozánok, melyek gél-szerű réteget képeznek a részecskék között, ezzel gátolva az aggregációt. Ez lapos kenyeret, előnytelen cipótérfogatot és morzsa textúrát eredményez [29].

A zabliszt reológiai tulajdonságai:

A zabliszt búzaliszthez történő adagolása növeli a vízabszorpciót, és a tészta konzisztenciát, továbbá hosszabb a tészta kialakulási idő, ami alatt egy lazább és jól nyújtható tészta alakul ki. A kialakult tészta jellemzője, hogy képes a sütési folyamat során a gázbuborékokat visszatartani, emellett nagy térfogatú, finom morzsájú kenyeret eredményez [29,30,31].

2.4.1.1. *Valorigráf és Farinográf*

A búzaminősítésben a fenti tulajdonságok vizsgálatára két mérés technikában elvében azonos módszer terjedt el. A farinográf és a valorigráf keverő-dagasztóberendezések melyek két egymással szemben eltérő sebességgel forgó Z-karból és a hozzátartozó dagasztó csészéből állnak. Lényeges eltérés közöttük, hogy amíg a Farinográf a meghajtó tengelyre gyakorolt nyomatékot méri, amely a csésze és a karok között lép fel, addig a Valorigráfnál a csésze mozdul el és az arra ható forgatónyomatékot méri a dinamométer. További különbséget jelent a termosztálás megoldása. A Farinográf esetében közvetlenül a csészét termosztáljuk vízzel, a másik műszernél a hőmérsékletkontroll légcirkulációs módszerrel valósul meg, mely jóval lassabb [27].

A mérés során a lisztből és vízből dagasztott tészta konzisztenciáját mérjük és regisztráljuk a dagasztás (tésztaképződés) és ellágyulás időtartama alatt [32]. A regisztrálás a régebbi típusokon mechanikus rajzoló berendezés segítségével történik, az újabbak elektronikus adatrögzítéssel működnek.

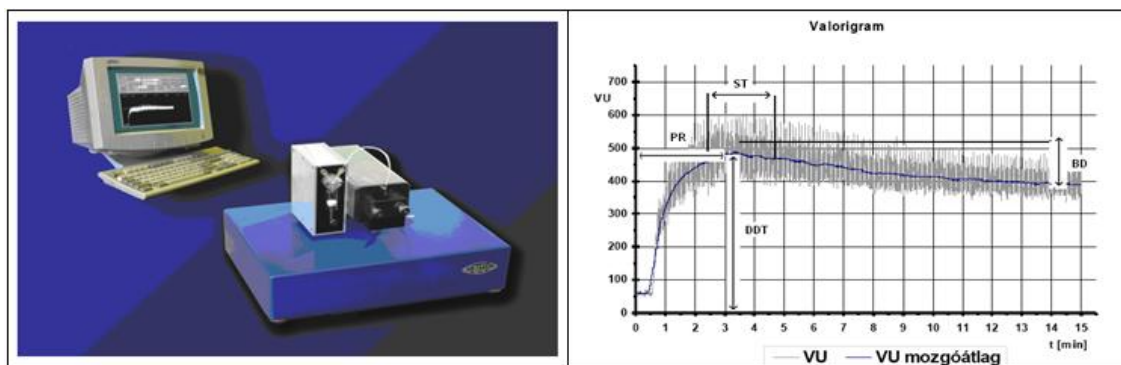
A regisztrált görbe (farinogram ill. valorigram) a tészta konzisztenciájának keverés hatására bekövetkező változását szemlélteti. A vízadagolás pillanatában a görbe gyors növekvő tendenciája jelzi a téstaképződés megindulását. A regisztrált értékek a tészta aktuális konzisztenciáját jellemzik. A vízmennyiség növelésekor a maximális konzisztencia érték csökken [27].

A 14% nedvességtartalmú liszt 500 FE (farinográf-egység) vagy VE (valorigráf-egység) maximális konzisztencia (A) szabvány szerinti értéke felel meg a farinográfos vízabszorpciónak. A keverési maximális ellenállás érték és a vízabszorpció (WA) között negatív, lineáris korreláció áll fenn, amelyből a keveréshez szükséges optimális vízmennyiség egyszerűen meghatározható. A tészta kialakulási időt (B) a vízadagolástól az optimális konzisztenciáig (500 FE) eltelt idő jellemzi. A tészta stabilitását az adja, hogy a görbe mennyi időn keresztül tartózkodik a maximális konzisztencia értéken (C). A tészta rugalmasságát a maximális konzisztencia értéknél kialakuló sáv szélességgel jellemezzük (D). A maximum után a görbe középvonala távolodik az 500-as vonaltól, ami a téstaszerkezet gyengülését jelenti. A diagram leszálló ága a tészta ellágyulását jelzi (E).

A téstaképződési idő fehérje minőségre vonatkozó jelzőszám, erős liszteknél hosszabb, mint gyenge liszteknél. Az egyik legjelentősebb farinográf által meghatározott paraméter a stabilitás, ami a liszt minőségére enged következtetni. Az állandó keverés során a tészta ellágyul. Minél hamarabb következik ez be, annál kevésbé képes ellenállni a tészta az őt érő mechanikai hatásokra [27].

2.4.1.2. Mikrovalorigráf

A mikrovalorigráf a valorigráffal azonos elven működő, hasonló felépítésű készülék mely csökkentett mennyiségű lisztmintával képes mérni, a CSIRO (Ausztrália), a BME és a Metefém (Budapest) közös fejlesztése, a berendezést számítógép szabályozza.



2.14. ábra: A mikrovalorigráf és a valorigram

A görbe jellemző paraméterei: DDT: Dough Development Time (tészta kialakulási idő), PR: Peak Resistance (maximális tésztaellágyulás), ST: Stability (Stabilitás), DB: Break Down (ellágyulás) [33].

2.4.1.3. Zeleny szedimentációs teszt

A teszt eredményéből a lisztek sütési tulajdonságaira következtethetünk. A lisztet brómfenolkéket tartalmazó oldatban szuszpendáljuk, majd az előírt rázási és nyugalmi időtartamok után a lisztrészecskék szedimentációjából eredő üledék térfogatát meghatározzuk, ez lesz a szedimentációs index. A liszt minőségét elsősorban befolyásoló keményítő és sikefehérjék a szedimentációs közegben a minőségüktől függően eltérő módon duzzadnak. Az eltérő duzzadás következtében a lisztszemcsék ülepedése különböző lesz. A szedimentációs index alapján minősíthető az alapanyag [27].

2.4.2. Szénhidrát minőségtől függő paraméterek vizsgálata

A gabonafélék 65-80% szénhidrátot tartalmaznak amelyeknek fő alkotója a keményítő. A keményítő két fő frakciója az amilóz és az amilopektin, melyek aránya jelentősen befolyásolja az ipari felhasználhatóságot. Az előzőekben a keményítő jellegzetes duzzadási tulajdonságait már jellemeztem. Annak alapján, a szénhidrátok tulajdonságait úgy vizsgálhatjuk, hogy eltérően a fehérje tulajdonságok vizsgálatától nem csak mechanikai stresszre, hanem hőmérséklet-változásra mutatott szerkezeti változást detektáljuk. A szénhidrátok a két behatásra viszkozitás változással reagálnak.

A viszkozimetriás eljárások során liszt-víz szuszpenzió viszkozitásának változását elemezzük. Erre alkalmas technikák a Hagberg-Perten-féle esésszám meghatározás illetve a gyors viszkoanalizátoros mérés technika (Rapid Visco Analyser).

2.4.2.1. Esésszám mérés

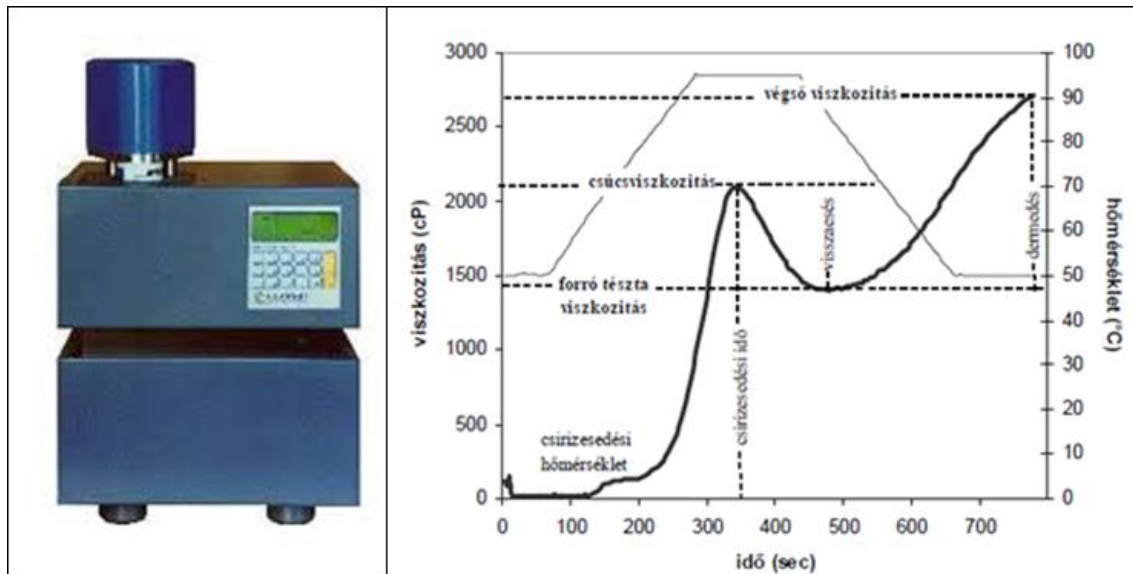
Az esésszám a keményítő állapotára jellemző érték: az a másodpercekben mért időtartam, amely a viszkoziméter csőnek a forrásban lévő vízbe merülésekor kezdődik, majd a keverő-viszkoziméter egy előre meghatározott mélységig lemerül a lisztből keletkezett csirizen keresztül [34].

A meghatározás során adott mennyiségű lisztet vízben szuszpendálunk, majd vízfürdőben gyorsan elcsirizesítjük. A csirizben egy adott geometriájú test (keverő-viszkoziméter) esési idejét mérjük. Az esésszámmal jellemzett amilolites állapot a minta amiláz aktivitásától és a szubsztrátumként szereplő keményítő tulajdonságaitól függő komplex jellemző, amelynek a felhasználás célja szerint optimuma van. A kis esésszám nagy enzimaktivításra, a nagy esésszám a minta enzimszegény állapotára utal [27].

2.4.2.2. Gyors viszkoanalizátoros technika (Rapid Visco Analyser)

Az RVA (Rapid Visco Analyser) módszer keményítőtartalmú minták fizikokémiai, technológiai és funkcionális tulajdonságairól nyújt felvilágosítást.

A módszer lényege, hogy a kis mennyiségű (néhány gramm) vízzel kevert mintát egy fűthető fémtégelybe helyezzük, amelybe egy speciálisan kialakított formájú keverőt illesztünk. A vékony alumínium lemezből készült henger alakú mintatartó téglét egy szabályozható hőmérsékletű egységbe tesszük. A mintatartó tökéletesen illeszkedik a hő-szabályozó egységbe, így megfelelő hőátadási körülmények alakulnak ki. A mérés során egy előre megadott időprogram szerint változtatjuk a hőmérsékletet. A mintatartóhoz tartozik a keverő, amelyet a motor hajt. A motor forgatónyomatékát egy tachométer méri. A keverési sebesség a mérés kezdetekor magasabb (900/perc), majd a minta homogenizálása után lecsökken (160/perc), és a mérés végéig állandó értéken marad. Mivel a folyamat során a minta viszkozitása változik, az állandó keverési sebesség fenntartásához a motor változó erősségű áramot igényel. Az áramerősség (I) arányos a keverési számmal („Stirring Number”, SN) amely arányos a minta viszkozitásával. A mérés során az adott mintára jellemző RVA görbét kapunk. Az adott idő-hőfok profilhoz tartozó görbe lefutása jellemző a minta típusára, így pl. a keményítőtartalmú minták hasonló jellegű görbével rendelkeznek [35].



2.15. ábra: Az RVA készülék és az RVA görbe nevezetes paramétere

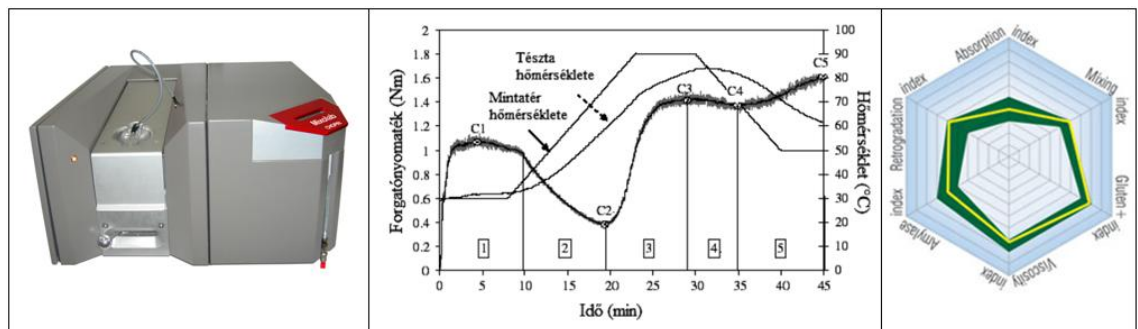
A görbe alapján a leggyakrabban a következő paramétereket határozzuk meg:

1. Csirizedési hőmérséklet [°C]: az a hőmérséklet, amelynél a viszkozitás legalább 25cP-zal növekszik 20 másodperc alatt, amennyiben a Standard 1 profilt alkalmazzuk. Ez a hőmérséklet megadja a tészta főzéséhez szükséges minimális hőmérsékletet.
2. Csúcsviszkózitás [cP]: a felfűtési szakaszban, vagy rögtön azt követően mért maximális viszkozitás, a keményítő vízkötő kapacitását adja meg. Ez jelzi a keverés és főzés során várható viszkozitás terhelést, valamint gyakran korrelál a végső termék minőségével, vagyis lisztminősítő tényező, magas értéke jó minőséget jelent.
3. Csirizedési idő [min]: az az időpont, amikor a csúcsviszkózitás megjelenik.
4. Forró tészta viszkozitás [cP]: a csúcsviszkózitás után, a hőtartási szakaszban megjelenő lokális minimum.
5. Végső viszkozitás [cP]: a mérés végén mérhető viszkozitás, az egyedi minták minőségét meghatározó paraméter. Megmutatja, hogy az anyag képez-e viszkózus tésztát vagy gél a főzés vagy a hűtés során.
6. Dermedés [cP]: a végső viszkozitás és a forró tészta viszkozitás különbsége.

7. Visszaesés: a csúcsviszkozitás és a forró tészta viszkozitás különbsége, jellemző a képződött tészta nyírással, hőmérséklettel szembeni ellenállására, tehát fontos szempont sütőipari termékek gyártásánál [35, 36].

2.4.3. Fehérje és szénhidrát minőségtől egyaránt függő paraméterek vizsgálata: Mixolabos mérés technika

A Mixolab technika a klasszikus reológiai módszerekkel szemben annyival nyújt többet, hogy egy mérés elvégzésekor egyidejűleg ad információt a fehérje és a keményítő jellegű tulajdonságokról. mérés során a keverés a mechanikai munkát, a hő közlés pedig az anyag hő terhelését modellezi, így kiválóan alkalmas a végső termék minőségének becslésére [37].



2.16. ábra: Mixolab, mixolabos görbe és pókhálódigram

A kapott görbe első szakasza (C2 pontig) a valorigramhoz hasonló lefutású, fehérjéket jellemző szakasz, az ezt követő (C5 pontig) pedig a keményítő tulajdonságokat leíró szakasz. A jellegzetes pontok jelentése megegyezik a már ismertett valorigam és RVA görbe pontjaival.

A Mixolabos mérés során a hagyományos görbén felül lehetőség van egy úgynevezett profil alkotására is, amely egy hatszögű pókhálódigram (2.16. ábra: Mixolab, mixolabos görbe és pókhálódigram). A diagramban ábrázolt paraméterek az abszorpciós index (hatással van a tésztahozamra), a keverési index (a liszt dagasztással szembeni ellenállását mutatja), a glutén/siker index (fehérje erősségére jellemző), a viszkozitás index (a keményítő tulajdonságokat és az amiláz-aktivitást is jellemzi), az amiláz index (csírázás mértékétől is függ), a retrogradációs index (a késztermék potenciális eltarthatósági idejéről szolgáltat információt) [38].

3. KÍSÉRLETI RÉSZ

3.1. Felhasznált anyagok

Liszt minták

Munkám során 6 különböző alaplisztet [Búzaliszt (BL80), Teljes kiőrlésű búzaliszt (BLTK), Búza kísérleti liszt (BKL), Rozsliszt (RL90), Teljes kiőrlésű rozsliszt (RL190), Zabliszt (Zab)] és ezek különböző arányú keverékeit vizsgáltam. A minták közül a BL80 és BKL típusú liszteket a Gyermely Zrt. biztosította, a teljes kiőrlésű búza-, és zabliszt piaci forgalomból származó termék.

Minden mintát egyéni azonosító számmal (ID) láttunk el. A mintákat, és a hozzájuk tartozó azonosító számokat a 3.1. táblázat tartalmazza.

3.1. táblázat: Vizsgált lisztminták és azonosító számuk

Minta ID	Minta típusa	
2012/14	BL80	
2012/307	15% BKL	85% BL80
2012/308	40% BKL	60% BL80
2012/309	75% BKL	25% BL80
2012/281	BKL	
2012/426	15% BLTK	85% BL80
2012/427	40% BLTK	60% BL80
2012/428	75% BLTK	25% BL80
2012/425	BLTK	
2012/227	15% RL90	85% BL80
2012/228	40% RL90	60% BL80
2012/229	75% RL90	25% BL80
2012/14	RL90	
2012/934	15% RL190	85% BL80
2012/935	40% RL190	60% BL80
2012/936	75% RL190	25% BL80
2012/17	RL190	
2012/311	15% Zab	85% BL80
2012/312	40% Zab	60% BL80
2012/313	75% Zab	25% BL80
2012/310	Zab	

Vegyszerek

A mérésekhez a módszerleírásokban és szabványokban előírt minőségű vegyszereket használtam.

3.2. Alkalmazott mérési módszerek

3.2.1. Beltartalmi paraméterek meghatározása

A beltartalmi paramétereket csak az alaplisztek esetében határoztam meg (BL80, BKL, BLTK, RL90, RL190, Zab), mivel ezek additívak, így a különböző arányú keverékeknél a sztöchiometria függvényében lineárisan változnak.

3.2.1.1. Nedvességtartalom meghatározása

Felhasznált eszközök:

- Szárítószekrény (MLW WS50, gyártási szám: 83206 (WEB-MLW Labortechnik)
- Speciális mintatartók
- Analitikai mérleg (Tecator, 360660212)

A nedvességtartalom meghatározását az MSZ 6369/4-87 szabvány szerint gravimetriás elven végeztem. Kiizzított és exikkátorban lehűtött w_1 tömegű tégelyekbe kb. 3 g lisztet mértem be, a liszt és a tégely együttes tömege w_2 . A bemért mintákat 130°C-os szárítószekrényben ~1 óra alatt tömegállandóságig szárítottam, majd exszikkátorban hagytam lehűlni. A hűtés után mért tömeg w_3 . A tömegmérések eredményeit minden esetben négy tizedes pontossággal jegyeztem fel.

A nedvességtartalmat az alábbi képlettel számoltam ki:

$$\text{Nedvességtartalom [\%]} = 100 \times \frac{w_2 - w_3}{w_2 - w_1}$$

3.2.1.2. Nyersfehérje-tartalom meghatározása Dumas módszerrel

Felhasznált eszközök:

- N/fehérje-analizátor (LECO, FP-528)
- Számítógép, kiértékelő szoftver
- Speciális ón mintatartó fólia
- Analitikai mérleg (Tecator, 360660212)

A meghatározás előtt 8-10 vak mintát és néhány standard (tömegállandóságig szárított) szójaliszt mintát regisztráltam a készüléket vezérlő szoftverben (Leco FP-528), majd a készüléken kiválasztottam a szükséges mérési paramétereket. Ón fóliára analitikai pontossággal kimértem kb. 0,2 g mintát, majd a fóliát összehajtva a készülék

mintatartójába helyeztem. Minden mintából 2 párhuzamost mértem, és ellenőrzésképp minden 10. mérési helyre egy-egy szója standerdet mértem be. Regisztráltam a standardek és a vizsgálati minták tömegét, majd az „analyze” funkció kiválasztásával elindítottam a mérést (vak mérésnél mintatartó nélkül dolgoztam). A vak mintákat addig mértem, amíg a kapott eredmények már megfelelőek voltak, ezután elindítottam a standerdet és a minták mérését.

A módszer a mintában összes nitrogén-tartalmat mér, így a kapott eredményt egy arányossági tényezővel (Kjeldahl-faktor) be kellett szorozni, ami búzaliszt esetében 6,25 (ez az érték az aminosav-összetételtől és a fehérje/DNS is aránytól függ, ezért mintatípusonként eltérő). A minták fehérje-tartalmát a készülék-kalibrálás után %-os formában adta meg, amit az alábbi képlet segítségével számolt ki:

$$\text{Fehérje}[\%] = N[\%] \times \text{Kjeldahl} - \text{faktor}$$

3.2.1.3. Nedvessikér-tartalom meghatározása

Felhasznált eszközök:

- Glutomatic sikérmosó berendezés és centrifuga
- Analitikai mérleg (Tecator, 360660212)

A mérést az ICC standard No. 137/1 és az MSZ ISO 5531 alapján végeztem el. A szűrőt nedvesítettem, majd a Glutomatic sikérmosó gép tálkájába analitikai pontossággal bemértem 10-10 g lisztmintát és 4,5-5 ml 2%-os NaCl oldatot. A start gomb megnyomása után a készülék először a mintalisztből tésztát gyúr, majd ez után egy sóoldatos mosás következik. A mosás során a keményítő kioldódik, a mosás végén tésztagolyókat kaptam, melyek tömegét centrifugálás után visszamértem.

A nedves siker-tartalmat az alábbi képlettel számoltam ki:

$$\text{Nedves siker} \left(\frac{m}{m} \% \right) = \text{teljes nedves siker} (g) \times \frac{100}{10g}$$

3.2.1.4. Nyersrost-tartalom meghatározása

Felhasznált eszközök:

- Analitikai mérleg (Tecator, 360660212)
- FIBERTEC SYSTEM M (Tecator)
- Exszikkátor

- Kemence

A nyersrost a savas, majd lúgos extrakció után visszamaradt növényi anyagoknak az összessége. A savas hidrolízis lebontja a cukrokat és a keményítőt, a lúgos hidrolízis pedig a fehérjéket és a szénhidrátok egy részét. E szerint a nyersrostot főleg a cellulóz alkotja, mivel a savas és lúgos kezelés során a vízzeloldható rostoknak, így a pektinnek is 100%-a, a hemicellulózsnak 80 %-a, élelmiszer-mátrixtól függően a ligninnek 50-90 %-a, és a cellulózsnak is 20-50 %-a legalább részlegesen lebomlik, az alkotórészek oldhatóvá válnak, így ezeket a rosttartalom értékébe nem mérjük bele.

A mintákból analitikai pontossággal bemértem 1g (W1) mennyiséget a szűrőtégelyekbe, majd az extraháló készülékbe helyeztem. Hozzáadtam 120-150 ml előmelegített H₂SO₄ oldatot és 2-3 csepp n-Oktanolt (habzásgátló). Az így összeállított mintát 30 percig forraltam, majd vízsugárszivattyú segítségével leszűrtem a mintákat és 120-150 ml desztillált vízzel mostam. Ugyanezt a folyamatot végrehajtottam úgy is, hogy a H₂SO₄ helyett előmelegített 120-150 ml 0,223 M NaOH oldatot használtam. Az extrakció befejeződése után háromszor 20-20 ml acetonnal mostam a mintánkat, majd 130°C-on szárítószekrényben szárítottam, és exsikkátoros hűtés után visszamértem a tömegüket (W2). Ezt követően a szűrőtégelyeket 500°C-os izzítókemencébe helyeztem és 3 órán keresztül izzítottam. Szobahőmérsékletre hűlve a tömegüket ismét visszamértem (W3). A nyers rost számítására az alábbi képlet szolgál:

$$\text{Nyersrost}(\%) = \frac{W_2 - W_3}{W_1}$$

3.2.1.5. Élelmi rost-tartalom meghatározása

Felhasznált anyagok és eszközök:

- N/fehérje-analizátor (LECO, FP-528)
- Speciális ón mintatartó fólia
- Analitikai mérleg (Tecator, 360660212)
- Szárítószekrény
- Etanol, 96% (V/V), 78% (V/V)
- Aceton
- Enzimek (Megazyme): α-amiláz, proteáz, amiloglukozidáz
- Celite, savval mosott, hamumentes
- Foszfát puffer, 0,08 mólos, pH = 6,0
- Nátrium-hidroxid oldat – 0,275 mólos

- Sósav oldat – 0,325 mólos.

A mérést az ISO/TS 16634-2:2009 szabvány alapján végeztem el. Ez a módszer az enzimes és a gravimetriás meghatározást kombinálja. Először hőstabil α -amilázzal kell kezelni a mintákat, amely a keményítőt részlegesen elbontja. A fehérjét proteázzal emésztjük, a keményítő teljes elbontását pedig az amiloglikozidáz végzi. Az oldható élelmi rostot 95%-os etanollal kell kicsapni, ezután szűrjük, acetonnal és etanollal mossuk, megszárítjuk és lemérjük a tömegét. Két párhuzamos mintára van szükség, az első fehérjetartalmát Kjeldahl módszerrel meghatározzuk, a másiknak pedig a hamutartalmát kell megmérni. A két párhuzamos minta átlagából kapjuk meg az élelmi rost-tartalmat, amit a fehérje-, és hamutartalommal, valamint a vakmintával korrigálni kell.

A mintákból háromszor (két párhuzamos és egy vak minta) analitikai pontossággal 1,0 g-ot mértem be egy-egy 400 ml-es főzőpohárba. A minták mindegyikéhez 40 ml foszfát puffert adtam, majd 50 μ l α -amiláz oldatot, és ezt 30 percig 60°C-on inkubáltam. Ezután 5 ml 0,56 M sósavat adtam hozzá, valamint a pH-t 4,0 és 4,7 közé állítottam 5m/m% NaOH és 5m/m% HCl segítségével. Ezt követően 150 μ l amiloglikozidáz oldatot adtam a mintákhoz, és ismét inkubáltam 30 percig 60°C-on. Ezután 220 ml 60°C-os, 95%-os etanolt öntöttem mindegyik mintához. A csapadékot egy órán át szobahőmérsékleten ülepedni hagytam, majd a megfelelően előkészített üvegszűrőkön 78%-os etanollal mosva, vákuum mellett leszűrtem. A csapadékot 105°C-os szárítószekrényben egy éjszakán át szárítottam, majd lemértem. Az élelmi rost-tartalmat az alábbi képlettel számoltam ki:

$$\text{Élelmi rost (\%)} = \frac{mR - mP - mA - mB}{m} \cdot 100$$

ahol:

- mR= a csapadék tömege
- mP= fehérje tömege a csapadékban
- mA= hamu tömege a csapadékban
- mB= vakminta tömege
- m= a bemért minták tömegének az átlaga.

3.2.1.6. *Nyerszsír tartalom meghatározása*

Felhasznált eszközök:

- SOXTEC SYSTEM HT-6 típusú extrakciós berendezés (Tecator AB, Svédország)
- Analitikai mérleg (Tecator, 360660212)
- Szárítószekrény (MLW WS50, Labortechnik. Gyártási szám: 83206)

A liszt összes lipid tartalmát nyerszsírnak hívjuk, meghatározására a Soxhlet extrakciót alkalmazzuk. A módszer alapja, hogy az éterrel kivonható azon extrakt tartalmat határozzuk meg, ami szárítás alatt nem illan el.

A mérés során elindítottam a készülék termosztátját és hűtését, ezután a mintából bemértem analitikai pontossággal 3g-ot (W1) az extraháló csövekbe. A mérések során három párhuzamos mintával dolgoztam. A hüvelyekben lévő mintára zsírmentes vattát helyeztem és a hüvelytartóba helyeztem őket. A hüvelytartókat a készülékbe helyeztem.

A kiszárított kupákba (tömege: W2) 30-30 ml hexánt tettem, majd 20 percig forraltam. A következő lépés a hideg extrakció, a műveletet 40 percig végeztem, majd az extrakció végeztével a szelepeket zártam, az oldószer nyomok eltávolítása céljából a mintákat levegő befúvással szárítottam 10 percig. A kupákat ezután 30 percig szárítottam 105 °C-os szárítószekrényben, majd exsziikkátorban történő hűtés után visszamértem a tömegüket (W3). Az eredmény kiszámítását a Labtech rendszer automatikusan elvégzi az alábbi képlettel:

$$\text{Nyerszsír}(\%) = \frac{W_3 - W_2}{W_1}$$

3.2.1.7. *Hamutartalom meghatározása*

Felhasznált eszközök:

- Izzító kemence és porcelán tégely
- Elektromos főzőlap
- Analitikai mérleg (Tecator, 360660212)
- Exsziikkátor

A hamutartalom meghatározását az MSZ 6369/3-87 szabvány szerint végeztem el. A szabvány szerint hamunak nevezzük a minta szerves komponenseinek teljes elégeése után visszamaradó szervesetlen komponenseit (fémoxidok, foszfátok, karbonátok, kloridok, szulfátok, szilikátok).

A mintából w_2 mennyiséget (kb. 3 g) w_1 tömegű kiizzított és exszikkátorban lehűtött porcelán tégelybe mértem. A mintákat elektromos rezson szárász, szenes maradék keletkezéséig égettem, majd $550\pm 25^\circ\text{C}$ -os kemencében ~6 óra alatt tömegállandóságig izzítottam. A minták exszikkátorban való hűtés után mért tömege w_3 . A tömegmérések eredményeit minden esetben négy tizedes pontossággal jegyeztem fel.

A hamutartalmat az alábbi képlettel számoltam ki:

$$\text{Hamutartalom [\%]} = 100 \times \frac{w_3 - w_1}{w_2 - w_1}$$

3.2.2. Szemcseeloszlás meghatározása

Felhasznált eszközök:

- Szita
- Táramérleg (KERN 440-45, WC0298726)

A reológiai és beltartalmi mérésekből már lehet következtetni a lisztek összetétele és a tészta tulajdonságok közötti kapcsolatokra, azonban egyes esetekben jó ha ezeket a szemcsemérettel is alá tudjuk támasztani. A szitaanalízist 6 különböző lyukméretű szitán (0 μm , 100 μm , 150 μm , 200 μm , 250 μm , 300 μm , 500 μm) végeztem el, 2500-as amplitúdó mellett 20 percig. Minden mintából 2 párhuzamos mérést végeztem.

3.2.3. Lisztek reológiai vizsgálati módszerei

3.2.3.1. Mikrovalorigráfós módszer

A mikrovalorigráf (prototípus, Metefém Szövetkezet) a kialakuló tészta reológiai tulajdonságainak meghatározására és ezek rögzítésére alkalmas készülék, melynek felépítése és működésének elve hasonló a hagyományos valorigráfhoz. Alkalmazása az MSZ ISO 5530-3:1995 szabvány alapján történik.

Felhasznált eszközök:

- Mikrovalorigráf (prototípus, gyártó: Metefém Szövetkezet)
- Számítógép
- Analitikai mérleg (Tecator, 360660212)

A mikrovalorigráfós mérés számítógépes program (Scom, CSIRO, Ausztrália) segítségével történik. A mérés indításakor megadjuk a becsült vízfelvevő képességet és

a minta nedvességtartalmát, ekkor a program kiszámolja a szükséges liszt és víz mennyiségét. A keverés indításakor betöltjük a lisztet, majd 25 mp elteltével hozzáadjuk a vizet. A karok egymással szembe forognak, közben dagasztják a tésztát.

A mérési adatokat számítógépes program segítségével értékeltem ki. A mérési pontok alapján kapott valorigramról leolvasható a görbe átlagának (középvonal) maximális értéke, a görbe lefutásának jellegéből pedig meghatározható a tészta kialakulási idő (DDT), a letörés (Break Down), és a tészta stabilitása.

3.2.3.2. Mikro-Zeleny teszt

A mérést és a szükséges oldatok készítését az MSZ ISO 5529 szabvány alapján végeztem.

Felhasznált anyagok és eszközök:

- SediCom System berendezés (adagoló egység, rázóegység, detektoregység, számítógép)
- Analitikai mérleg (Tecator, 360660212)
- Zárható mintatartó csövek (15 ml)
- Csőtartó kazetták
- Diszpenzer
- Automata pipetta
- Tejsav reagens
- Brómfenolkék-oldat

Mérés előtt minden mintát regisztráltam a készülék számítógépes programjában (Zeleny számláló). A lisztmintákból $0,400 \pm 0,002$ g-ot üvegcsőbe mértem, diszpenzer segítségével 6,25ml brómfenolkéket tartalmazó oldatot adtam hozzá, majd 5 percig rázattam rázógépen. Ezután 3,15ml tejsav oldatot pipettáztam hozzá és 10 percig rázattam (a rázógépre helyezés előtt a csövek tartalmát minden esetben kézzel összeráztam a biztos keveredés elérésének érdekében), végül a detektoregységbe helyeztem a csöveket. 5 perc elteltével a készülék detektálja a duzzadt liszt szuszpenzió térfogatát. Az eredményeket számítógépes program (Zeleny számláló) segítségével olvashatjuk le. Ha a párhuzamos minták eredményei között $>0,2$ egység különbség van, a mérést meg kell ismételni.

3.2.3.3. Hagbeg-féle esésszám meghatározása

A mérést az MSZ ISO 3093 szabvány alapján végeztem. A mérés során liszt-víz szuszpenziót forrásban lévő vízfürdőben elcsirizesítjük, majd az α -amiláz hatására bekövetkező keményítő elfolyósodást mérjük.

Felhasznált eszközök:

- Perten esésszám-mérő (Perten FN 1700, Perten Instruments AB. Gyártási szám: 025225)
- Fém keverő
- Hengeres viszkóziméter cső
- Gumidugók
- Diszpenzer
- Analitikai mérleg (Tecator, 360660212)

Az esésszám-mérő üvegeibe 0,01g pontossággal bemértem 7g 14% nedvességtartalmú lisztnek megfelelő mennyiségű lisztmintát (a bemérendő tömeg a készülékhez tartozó táblázatból a nedvességtartalom ismeretében kikereshető). A bemért liszthez diszpenzerrel 25-25ml vizet adagoltam, majd a csöveket gumidugóval lezártam és erősen összeráztam, majd a dugókat kivettem. A csöveket a tartóelembe raktam, a csövekbe pedig beletettem az ejtőelemeket. A tartót a csövekkel a készülékbe helyeztem, majd lehúztam a készülék plexi előlapját, ekkor a mérés automatikusan elindult. A készülék 60 másodpercig fel-le mozgatja az ejtőelemeket, ezután fent elengedi őket. Ekkor az ejtőelemek az elcsirizesedett szuszpenzióban süllyedni kezdenek, közben a készülék regisztrálja az időt, ami alatt az ejtőelemek a csövek aljára érnek. Az eredmények a készülék kijelzőjéről olvashatók le, a két párhuzamos minta közötti eltérés max. az átlaguk 10%-a lehet.

3.2.3.4. Gyors viszkoanalizátoros (RVA) módszer

Felhasznált eszközök:

- Rapid ViscoTM Analyser RVA-4SA (Newport Scientific Pty. Ltd., Warriewood, Australia)
- Számítógép
- Analitikai mérleg (Tecator, 360660212)

A bemérendő liszt és desztillált víz mennyiségét lisztek a nedvességtartalma alapján táblázatból olvastam ki. Fém tégelybe bemértem a megfelelő mennyiségű vizet

(~25ml), majd hozzáadtam a 0,01g pontossággal bemért lisztet (~3,5g). A keverőlapáttal homogenizáltam, majd a készülékbe helyeztem a tégelyt és a keverőt. Számítógépes program segítségével kiválasztottam a Standard1 hőmérsékletprofilt, majd elindítottam a mérést. Az alkalmazott hőmérséklet profil során a műszer keverés mellett 90°C-ra fűti a mintát, ezt egy hőn tartási szakasz követi, majd hűtés következik. Minden mintából 2 párhuzamost mértem.

3.2.3.5. *Mixolabos mérés*

Felhasznált eszközök:

- Mixolab (Chopin, Franciaország)
- Táramérleg (KERN 440-45, WC0298726)
- Számítógép

A készülék szoftverében beírtam a minta ID számát, nedvességtartalmát és a becsült vízabszorpciót, majd a szoftver által megadott lisztmennyiséget 0,001g pontossággal bemértem. A mérés indítása után betöltöttem a lisztet, a szükséges vizet a készülék automata adagolóval adta hozzá. A mérés akkor megfelelő, ha a tészta maximális erőssége $1,1 \pm 0,05$ Nm. Ha ettől eltérő a mérést új becsült vízfelvétellel meg kell ismételni. A megfelelő vízabszorpció értékkel két párhuzamos mérést végeztem.

3.2.4. Végtermék minősítés

A reológiai és beltartalmi adatok alapján tudunk következtetni a lisztből készült végtermék minőségére. Ezen következtetések alátámasztásaként az alaplisztekből (BL80, BKL, BLTK, RL90, RL190, Zab) próbapipókat sütöttem és minősítettem.

Próbasütés

A próbasütéseket az MSZ 6369/8-1988 szabvány szerint készítettem. Minden mintából 3 cipót sütöttem.

Felhasznált eszközök:

- Keverő-dagasztó készülék (Kitchen aid Heavy duty Model 5KPM5)
- Táramérleg (KERN 440-45, WC0298726)
- Kelesztő tál
- Fém cipóforma
- Sütő (Wiesheu Minimat 2 IS 500)

Kováskészítés: A keverőtálban 400 ± 1 g lisztből, 320 cm^3 vízből, 4 g élesztőből és 2 cm^3 tejsavból gépi keveréssel homogén kovászt készítettem. Az élesztőt a víz egy részében elszuszpendáltam és a keverőtál aljára öntöttem, hozzáadtam a tejsavat és a maradék vizet, majd a végén a lisztet. Az összetevőket 5 percig kevertettem, az első 75 másodpercen 1. fokozaton, majd a hátralévő időben 2. fokozaton. Az így elkészült kovászt kelesztő tálba tettem, konyharuhával letakartam és 3 órára 30°C -os termosztátba tettem. A 3 óra elteltével 280 cm^3 vízből, 4 g élesztőből és 2 cm^3 tejsavból készült szuszpenziót a kovászra öntöttem, majd az fent leírt módon 5 percig kevertettem.

Tésztakészítés: A felhígított kovászhoz 600 g lisztet és 20 g sót adtam, és 5 perc alatt homogén tésztává dagasztottam (75 másodpercig 1. fokozaton, a hátralévő időben 2. fokozaton). A kialakult tésztát kelesztő tálba tettem, majd konyharuhával lefedve 1 órára visszahelyeztem a 30°C -os termosztátba.

Kelesztés, tésztaalakítás: Az 1 óra leteltével a tésztából kimértem $3 \times 400 \pm 1$ g-ot, és 20 gömbölyítő mozdulattal a sütőformának megfelelő méretű ($15 \times 5 \text{ cm}$) cipókat gyúrtam. A formázott cipókat az előzetesen kiolajozott formákba tettem, majd további egy órára a 30°C -os termosztátba tettem.

Sütés: A sütőt a kelesztés vége előtt 10 perccel bekapcsoltam és 220°C -ra előmelegítettem. A kelesztés befejeztével a cipóformákat a sütőrácsra helyeztem majd az előmelegített sütőbe tettem. A cipókat a „PROBA” standard programmal sütöttem 32 percig.

Cipók hűtése és tárolása: A sütőből kihűlt cipókat hagytam kéz melegre hűlni, majd szobahőmérsékleten 1 óráig állni hagytam. A lehűlt kenyereket felcímkézett, zárható műanyag zacskóba tettem, majd a következő napi kiértékelésig 17°C -on tároltam.

Próbacipók minősítése: A cipókkal kapcsolatos méréseket a sütéstől számított 24 órán belül kellett elvégezni, a sütés után legalább 16 óra elteltével. A cipók tömegét táramérlegen mértem le, a térfogatukat mustármagos kiszorításos módszerrel határoztam meg, melynek alapja, hogy a kenyér által kiszorított mustármag térfogata megegyezik a kenyér térfogatával. A szeletek magasságának meghatározásakor a középső szelet magasságát vettem figyelembe.

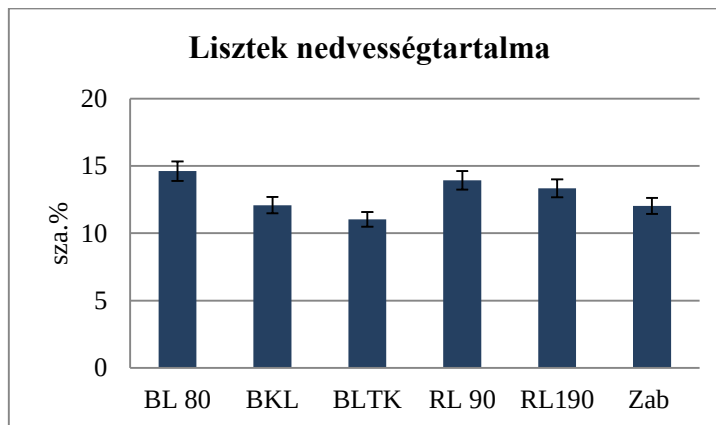
4. EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE

4.1. Lisztek beltartalmi paramétereinek értékelése

Az általam vizsgált lisztek összefoglaló táblázata az anyagok és módszerek részben található (3.1. táblázat). A lisztekben lévő komponensek közül valamennyi alapörleményből meghatároztam a nedvesség-, nyersfehérje-, nedvessikér-, nyersrost-, élelmi rost-, nyerszsír-, és hamu-tartalmat.

A mérések eredményeit az 1. melléklet tartalmazza. Az egyes örlemények kémiai összetétele között jelentős eltérés tapasztalható.

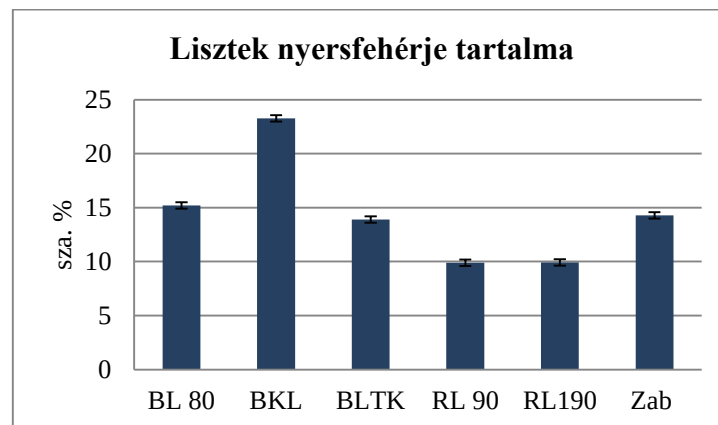
A lisztek nedvességtartalmát a malmai feldolgozáskor a kondicionálás során állítják be abból a célból, hogy a magszövetek fellazuljanak, ezzel megkönnyítve az őrlés mechanikai műveleteit, és növelve a kihozatazt. A különböző típusú lisztek nedvességtartalmát a 4.1. ábra szemlélteti. A vizsgált lisztek közül a BL80-nak volt a legmagasabb a nedvességtartalma, a BLTK-nak, és a BKL-nek pedig a legalacsonyabb. Összességében minden lisztmintára mért nedvességtartalom megfelel a Magyar Élelmiszerkönyvben előírt <15% értéknek.



4.1. ábra: Lisztminták nedvességtartalma m/m(%)*-ban kifejezve, szárazanyag tartalomra vonatkoztatva (megismételhetőség: 0,2%)*

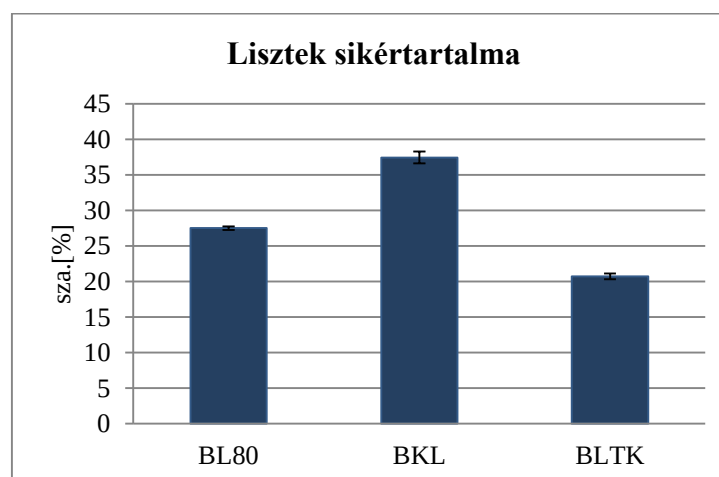
A fenti nedvességtartalom értékeket a reológiai mérések során a mikrovalorigráfos és a mixolabos mérésnél használtam fel a vízabszorpciók meghatározásakor, továbbá ezek alapján határoztam meg a bemérendő liszt mennyiségeket az RVA és az esésszám mérések során.

Az irodalomban a búzaliszt nyersfehérje tartalma 12% körüli érték, ami természetesen nagymértékben függ az alapanyagtól és az őrlési eljárástól. A BL80 mintára mért eredmény megfelel ennek. A BKL-ben mértem a legmagasabb fehérjetartalmat, ebben közel kétszer annyi fehérje található, mint a BL80-ban, ami nyilvánvalóan befolyásolja majd ezen őrleménynek táplálkozástani értékét, és hatással lehet annak technológiai viselkedésére is. A BLTK és Zab lisztben a BL80-hoz hasonló értéket mértem, a rozslisztek ennél is kevesebb nyersfehérje-tartalommal bírnak. Tehát fehérje tartalom tekintetében a BKL fehérjetartalma kiugróan magas.



4.2. ábra: Lisztminták nyersfehérje tartalma m/m(%) -ban kifejezve, szárazanyag tartalomra vonatkoztatva (megismételhetőség: 0,3%)

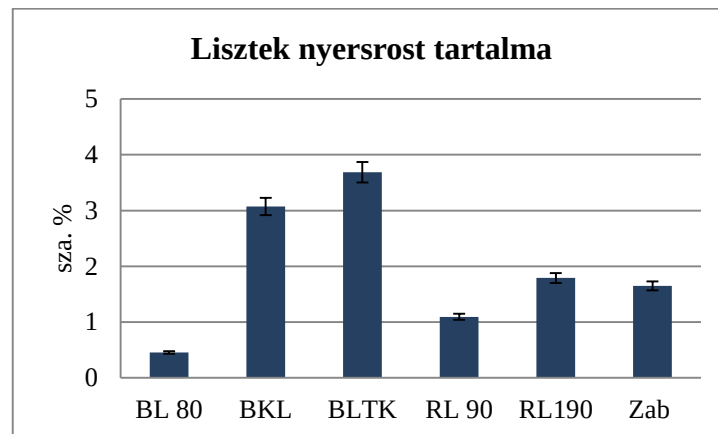
A sikértartalom mérés eredményeit a 4.3. ábra szemlélteti. Ennél a mérésnél csak a búzalisztekre kaptam eredményeket, mivel a rozs-, és zablisztekéből nem lehet sikért mosni (lásd: elméleti rész).



4.3. ábra: Lisztek nedves siker tartalma m/m(%) -ban kifejezve, szárazanyag tartalomra vonatkoztatva

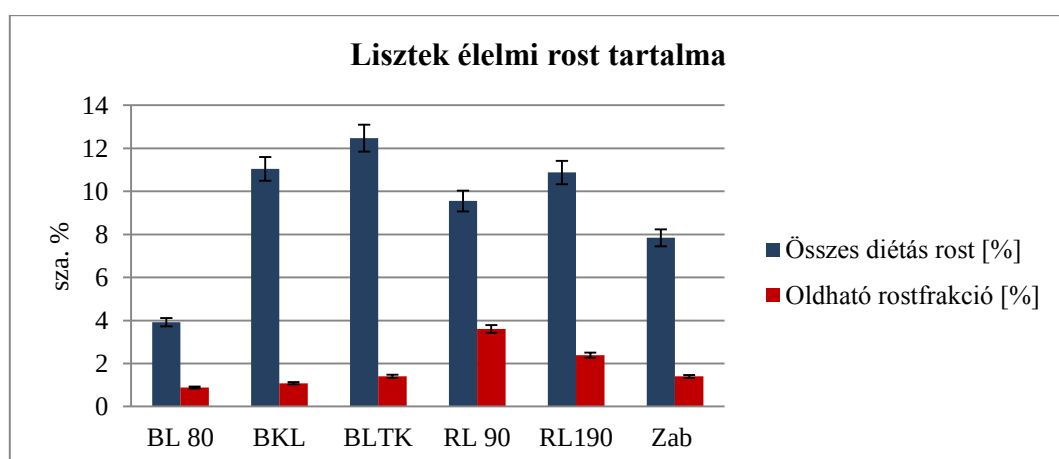
A búzalisztek közül a BKL-nek a legmagasabb a nedves síkér tartalma, ezt követi a BL80, és nála valamivel alacsonyabb a BLTK nedves síkér tartalma.

Az alaplisztek nyersrost tartalmát a 4.4. ábra szemlélteti. A BKL-hez képest csupán a BLTK tartalmaz több nyersrostot. A BKL-ben mért érték kevesebb mint a felét tartalmazza az RL90, RL190, és a Zabliszt, a legkevesebb nyersrostot pedig a BL80-ban mértem.



4.4. ábra: Liszt minták nyersrost tartalma m/m(%) -ban kifejezve szárazanyag tartalomra vonatkoztatva (megismételhetőség: 5%)

Az ételmi rost tartalom meghatározásának kiemelt szerepe van, mivel az új technológia lényege a búzaliszt táplálkozástanai szempontból előnyös komponenseinek dúsítása.

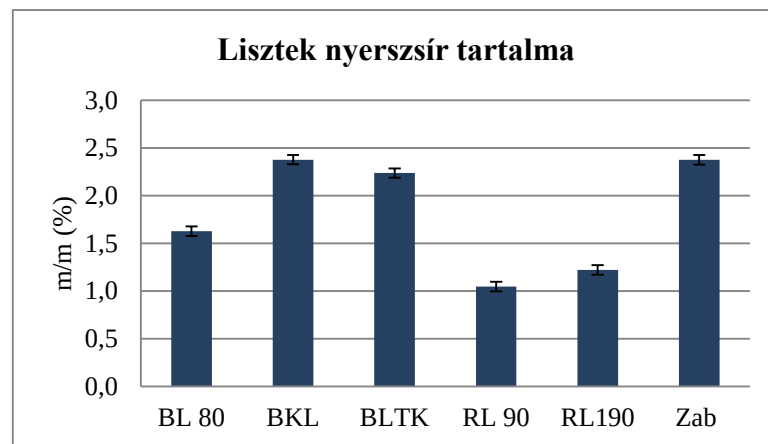


4.5. ábra: Liszt minták ételmi rost tartalma m/m (%) -ban kifejezve, szárazanyag tartalomra vonatkoztatva (megismételhetőség: 5%)

A BKL liszt közel négyszer annyi rosttartalommal bír, mint a hagyományos BL80, a BLTK pedig még ennél is több ételmi rostot tartalmaz. A rozs- és zablisztekben

az élelmi rost tartalom a BL80-hoz képest több mint kétszeres mennyiségű. Fontos kiemelni az oldható-, összes élelmi rostfrakció arányát, mert az oldható élelmi rost jelentős táplálkozási potenciállal, továbbá jellegzetes, a technológiai tulajdonságokat befolyásoló jellemzőkkel bír. A mért adatok alapján a rozslisztekben az oldható élelmi rostfrakcióból a többi mintának több mint kétszeres mennyiségét mértük.

A nyerszsír tartalom esetében az irodalmi átlag érték 1,5%, amihez a BL80 –ban mért érték áll közel (4.6. ábra). A BKL, BLTK, és Zabliszt esetében 2% feletti értéket mértünk, és ezen minták esetén ez az érték közel azonos, ami arra enged következtetni, hogy a nyerszsír tartalom nem az eltérő viaszos hártáfrakció-mennyiségétől függ, hanem az aleuron réteg mennyiségétől, amiből a három őrlmény nagyjából ugyanazt a mennyiséget tartalmazza. A magas zsírtartalom egyúttal felveti az őrlmények rövidebb eltarthatóságának problémáját, amit a nagyobb fokú zsírsav-oxidáció okozhat.

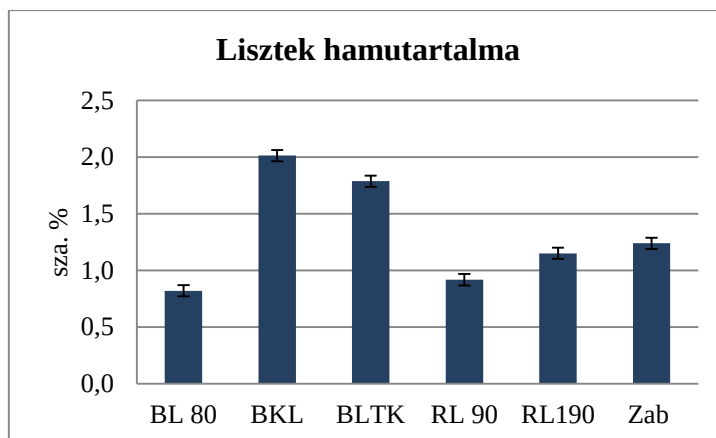


4.6. ábra: Lisztminták nyerszsír tartalma m/m(%) -ban kifejezve, szárazanyag tartalomra vonatkoztatva (megismételhetőség: 0,05 %)

A BKL őrlményhez viszonyítva az egyes őrlményeknél azt tapasztaljuk, hogy a BLTK és Zab őrlményekkel közel azonos nyerszsír tartalommal bír, azaz lipid tartalmat tekintve BKL a teljes szem zsírtartalmával közel azonos. Azonban nyilvánvalóan más a lipid-összetétel, hiszen a teljes őrlmény tartalmazza a csírárt, míg az újonnan fejlesztett lisztünk lipidtartalmának forrása az elválasztott aleuron réteg.

A hagyományos lisztekben a hamutartalom értékek az Élelmiszerkönyvben előírtaknak megfelelően alakultak (lásd: elméleti rész). Zablisztre vonatkozóan Magyarországon nincs előírás.

A lisztek hamutartalma és színe között szoros összefüggés van, így a molnárok egy ún. liszt jellegminta sor segítségével tudnak a hamutartalomra következtetni. Ez a megoldás olcsó, gyors és nem igényel laboratóriumi körülményeket. Korábbi mérések arra utalnak, hogy az új őrlemény minősége stabil, így elképzelhető hogy a jövőben annak jellegmintája is tagja lehet a szín-összehasonlító skálának.



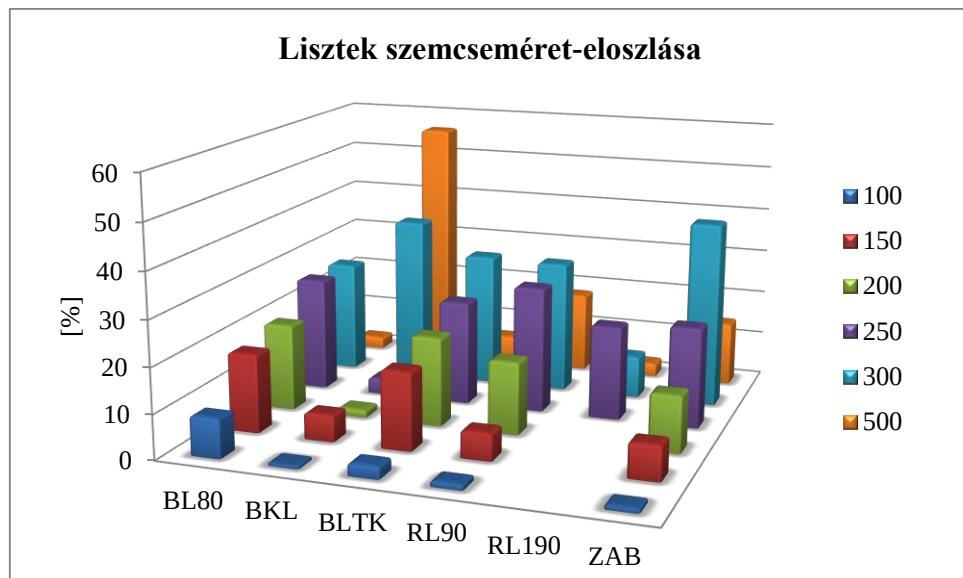
4.7. ábra: Lisztminták hamutartalma m/m(%) -ban kifejezve, szárazanyag tartalomra vonatkoztatva
(megismételhetőség: 0,05 m/m %)

Az alaplisztek hamutartalmát a 4.7. ábra szemlélteti. A BKL lisztnak a legmagasabb a hamutartalma, ennél kicsivel alacsonyabb a BLTK-ra mért érték, ezt követi a Zab és az RL190, majd az RL90. A legalacsonyabb hamutartalommal a BL80 rendelkezik. Különös, hogy az RL190 minta esetén az elvárt 1,9%-os hamutartalom helyett jóval alacsonyabb értéket mértünk. Ezt okozhatta mérési hiba, bár kevés eséllyel, hiszen a többi esetben a várt eredményt kaptuk. Azonban mielőtt a liszt minőségével kapcsolatos kérdéseket vetnénk fel, ezt mindenképp ellenőrizni kell.

Természetesen a lisztek beltartalmi paraméterei közül még számos komponenst meg lehet határozni, azonban a különböző típusú őrlemények összehasonlítása során a fő hangsúlyt a reológiai paraméterek vizsgálatára fektettem. Az általam vizsgált lisztek alaposabb beltartalmi és táplálkozási jellemzését hallgatótársam, Nagy Mariann végezte el.

4.2. A lisztmintákkal végzett szita-analízis eredményei

A reológiai mérések eredményeinek pontosabb értelmezéséhez elengedhetetlen hogy tisztában legyünk a minták szemcseméret-eloszlásaival, mivel ez a tulajdonság befolyással van számos reológiai paraméter alakulására. A lisztminták szemcseméret-eloszlását a 4.8. ábra szemlélteti.



4.8. ábra: A szitaanalízissel kapott szemcseméret eloszlások százalékos értéke

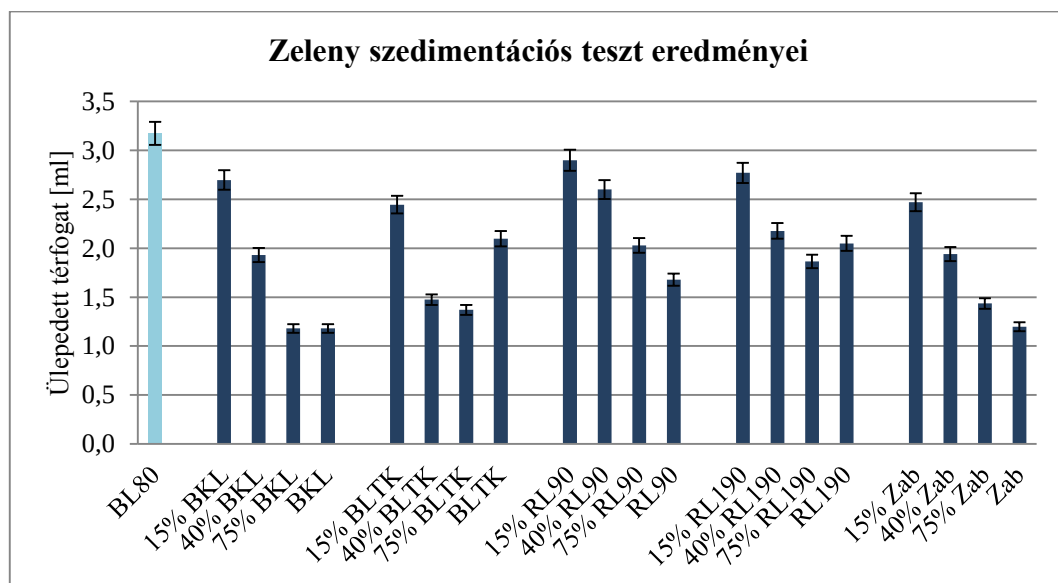
A BKL a legmagasabb arányban, több mint 50%-ban tartalmaz 500 μm -nél nagyobb méretű szemcséket. A BLTK jellemzően 300 μm , vagy annál kisebb szemcséket tartalmaz. A nagyobb szemcseméret kisebb fajlagos felületet jelent, ami megnehezíti a liszt szemcsék vízfelvételét, így csökkenti a Zeleny indexet. A szemcseméret eloszlás a BKL-t kivéve az egyes alapliszteknél kis túlzással normális eloszlás szerint változik. Ennek pontosabb ismerete érdekében a szitaanalízist azonos szita lyukméret-különbséggel kellene elvégezni, ez esetben azonban az általam végzett szitaanalízis megfelelő mennyiségű információval szolgál.

A liszt eltérő szemcsemérete nagy befolyással van a reológiai paraméterek alakulására, azonban jelen dolgozat keretein belül az ezzel kapcsolatos összefüggések feltárására nincs lehetőség. A szemcseméret ipari adottság, amit az általam vizsgált minták esetén az előállító malom szabott meg. A továbbiakban megfontolandó saját őrléssel hasonló szemcseméretű frakciók előállítására kísérletet tenni, majd ezen frakciókkal további méréseket végezni.

4.3. Fehérje függő reológiai mérések eredményének értékelése

4.3.1. A Zeleny szedimentációs teszt eredményei

A lisztek ülepedési térfogatait a 4.9. ábra szemlélteti. Az alaplisztek közül a BL80 rendelkezik a legnagyobb ülepedési térfogattal. A kísérleti liszt ülepedési térfogata a zablisztével egyezik meg. A meghatározás során a fehérjék megduzzadnak és a rájuk jellemző térfogatban leülepsznek. Mivel a Zeleny szedimentációs teszt a búza-fehérlisztre kifejlesztett eljárás, a kapott értékek közül csak a BL80-ra, illetve részben a keverék őrlményekre vonható le a végtermék minőséggel kapcsolatos következtetés. Munkám célja azonban a különböző típusú lisztek összehasonlítása, így a Zeleny teszt során azt vizsgáltam, hogy a BL80 más liszttel történő keverése során milyen változások következnek be az ülepedett térfogatokban.



4.9. ábra: Lisztek Zeleny értékei

A diagramon (4.9. ábra) jól látszik, hogy a rozs- és zablisztek adagolása közel azonos mértékben csökkenti a Zeleny-indexet. A BLTK esetében egy minimum figyelhető meg, ami érdekes jelenség, akár mérési vagy még inkább keverési-homogenitási okai is lehetnek, amit még ellenőriznünk kell. A BKL adagolása okozza a legdrasztikusabb értékcsökkenést a mért térfogatoknál, ez a tény annak fényében érdekes, hogy a keverékek mind a két alkotója búza alapú. A jelenség okai nem csak a fehérje összetételben, hanem a szemcseméret eloszlásban is keresendők, hiszen a duzzadás mértékét ez is jelentősen befolyásolja. E tekintetben azt látjuk, hogy a BKL és a BLTK jelentősen eltér (4.8. ábra).

Összességében elmondható, hogy a különböző típusú lisztek BL80-hoz történő adagolása során a Zeleny-indexben történő változás hasonló irányú, mértéke azonban eltérő.

4.3.2. Mikrovalorigráfos mérések eredménye

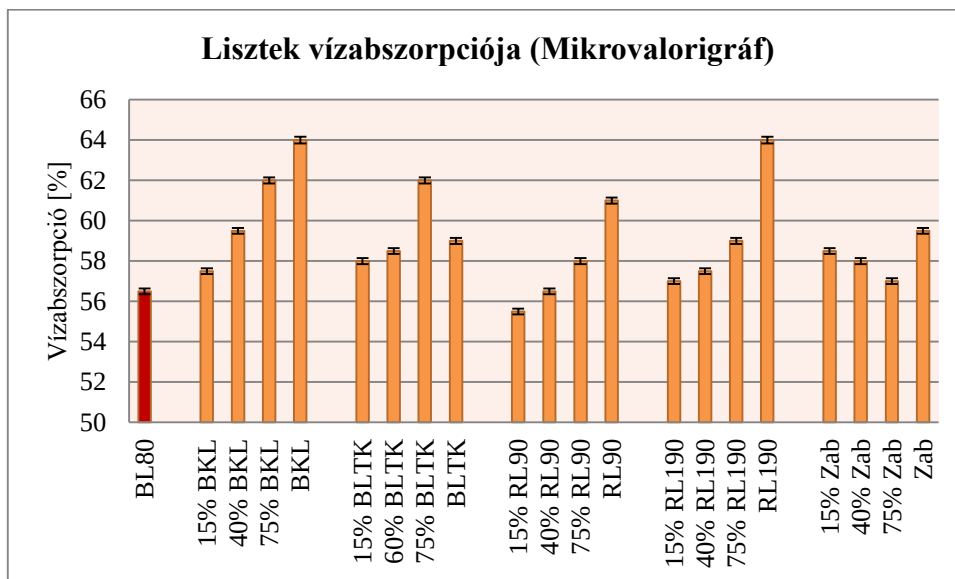
Az eredmények értelmezésénél fontos megjegyezni, hogy a kialakulás, a stabilitás és az ellágyulás értékeit tehát a búzakémia és minősítés gyakorlatában kialakult módszertan szerint adjuk meg. Ugyanakkor világos, hogy a tészta fogalma, a szerkezet, az optimálisnak tartott 500-as farinográfus érték jelentése a zablisztek, vagy a rozslisztek esetében nem értelmezhető. A változások irányát, a keveréklisztek reológiai viselkedésének alakulását és annak értelmezését viszont segítheti az ilyen, és hasonló típusú mérési módszer. Hasonló megfontolások alapján alkalmaztuk a Mixolabos és részben a gyors viszkoanalizátoros méréseket is. Erre a gondolatmenetre ott már nem térek ki újra.

A mikrovalorigráfos módszert tehát búzaminősítésre fejlesztették ki, melynek gabonakémiai alapja a sikerfehérjéknek köszönhetően kialakult tészta szerkezet. Bár az általam vizsgált őrlmények közül nem mind tartalmaz sikért, a módszer jó alapját képezheti egy összehasonlító elemzésnek, elemzésnek – különösen a keverékek esetében megfigyelhető változások esetében - így minden mintát vizsgáltam mikrovalorigráffal. A paraméterek összefoglaló értékeit a 2. melléklet, az egyes minták és keverékek valorigramjait összefoglalóan a 3. melléklet tartalmazza.

A mikrovalorigráfos mérés során meghatároztam a lisztek vízabszorpcióját, azaz hogy az optimális tészta kialakulásához mennyi vízre van szükség, a tészta kialakulási időt (DDT: Dough Development Time), a kialakult tészta stabilitásának idejét, és az ellágyulás mértékét (részletesen lásd: elméleti rész).

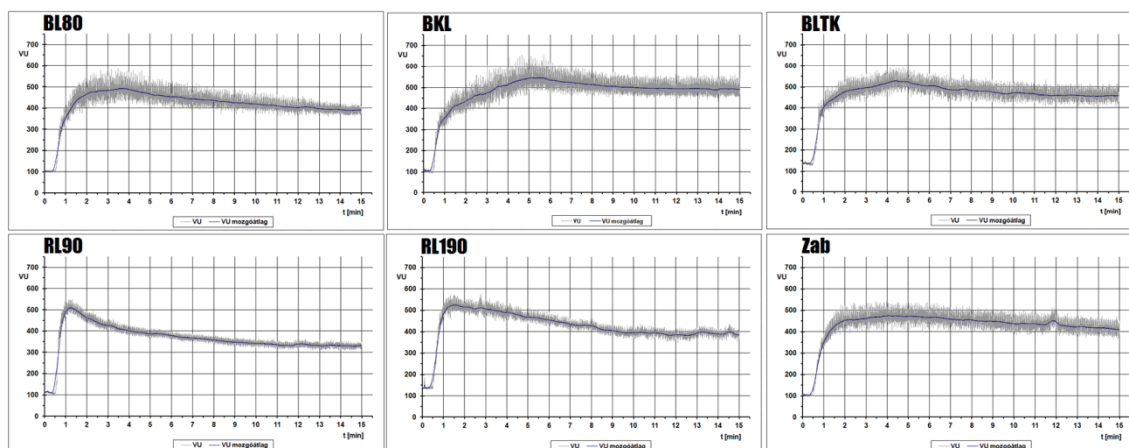
Az egyes lisztekre meghatározott *vízabszorpció* értékeit a 4.10. ábra szemlélteti. A diagramon jól látszik, hogy az új BKL őrlményünk a BLTK, RL90, és zablisztnél jóval több vizet képes megkötni, az RL190 nagyjából azonos vízabszorpcióval rendelkezik, mint a BKL, azonban a legnagyobb mértékben a BKL növeli a vízabszorpciót a keverékekben. A legkisebb vízabszorpcióval a BL80 rendelkezik. Érdekes, hogy a BLTK, a zab és a rozslisztek esetén az egyes keverékek tendenciáiban nem sztoichiometrikus a megfigyelt változás, lévén a paramétereket az

összetett molekuláris hatások eredője határozza meg. A mérési (homogenitási) hiba itt sem zárható ki, az eredmények ellenőrzése és értelmezése folyamatban van.



4.10. ábra: A mikrovalorigráfos mérés során tapasztalt vízabszorpció értékek (megismételhetőség: 0,25%)

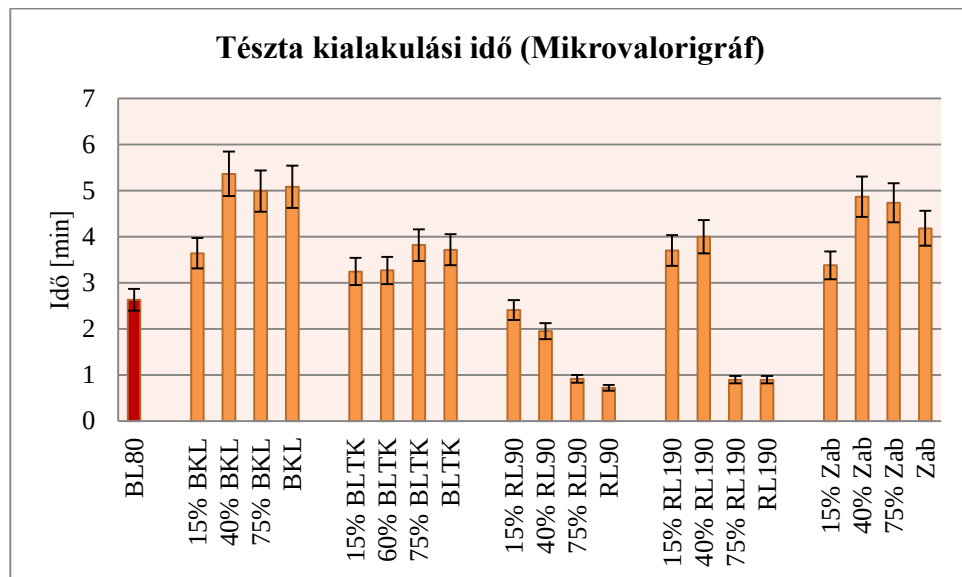
A 6 alapliszt (BL80, BKL, BLTK, RL90, RL190, Zab) jellegzetes valorigramjait a 4.11. ábra tartalmazza. Látható, hogy a tészta kialakulási ideje a kísérleti lisztnek a leghosszabb, a rozsliszteknek pedig a legrövidebb. Ezzel együtt a rozslisztek a stabilitása is nagyon alacsony, itt következik be a legnagyobb mértékű ellágyulás. A kísérleti liszt görbéjének lefutása leginkább a teljes kiőrlésű búzalisztre és a zablisztre hasonlít.



4.11. ábra: Az alaplisztek jellegzetes valorigramjai a mérést jellemző paraméterekkel

A valorigramról leolvasható a *tészta kialakulási idő*, értékeit a 4.12. ábra szemlélteti. Ez az érték 1-6 perc tartományban változik. Az alaplisztek közül a

funkcionális lisztnél van szükség a leghosszabb időre a maximális konzisztencia eléréséig. A BKL-BL80, BLTK-BL80, és Zab-BL80 keverékek esetén megfigyelhető egy kiugró érték, ami magasabb, mint a keveréket alkotó alaplisztekre jellemző tészta-kialakulási idő, azonban ha figyelembe vesszük a mérés megismételhetőségét, a kapott érték az adott intervallumon belülre esik, így elfogadom, hogy a BKL, BLTK és zablisztek adagolása a BL80-hoz fokozatosan növeli, a rozslisztek adagolása pedig fokozatosan csökkenti a tészta kialakulási időt.

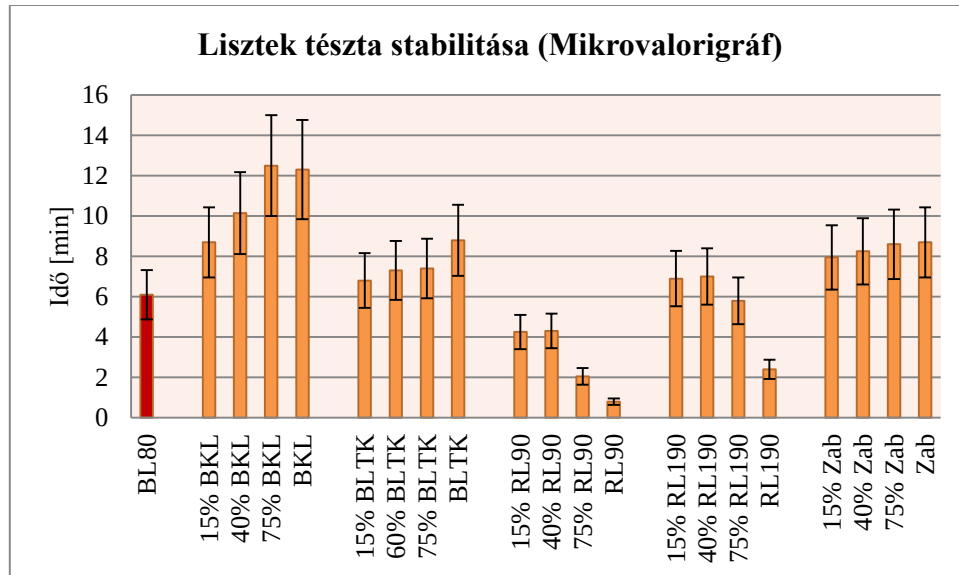


4.12. ábra: A mikrovalorigráfos mérés során tapasztalt tészta kialakulási idők (DDT) (megismételhetőség: 9%)

A tészta kialakulása során a lisztben található fehérje és szénhidrát komponensek kolloidkémiai változásai mennek végbe. A folyamat első lépése a keményítőszemcsék gyors hidratációja, melynek során a liszt vízabszorpciójának megfelelő vizet felveszik, majd továbbítják azt a fehérjéknek, melyek a hidratáció és mechanikai behatás eredményeképpen egyedi térhálót alakítanak ki. Ezzel magyarázható, hogy a funkcionális őrlemény esetén több időre van szükség a tészta kialakulásához, mivel ennek az őrleménynek fehérje és a szénhidrát tartalma és összetétele eltérő a hagyományos búzalisztétől. Az élelmi rostok nagy mennyiségű vizet képesek megkötni, ezzel megváltoztatva a fehérjék hidratációját, és késleltetve a térháló kialakulását. Ez a jelenség megfigyelhető az ugyancsak magas élelmi rost tartalmú zab és teljes kiőrlésű búzalisztek esetében.

A *tészta stabilitás* értékeket a 4.13. ábra szemlélteti. Az alaplisztek közül a BKL rendelkezik a legnagyobb stabilitással, ennél alacsonyabb a BLTK és a zabliszt, melyek

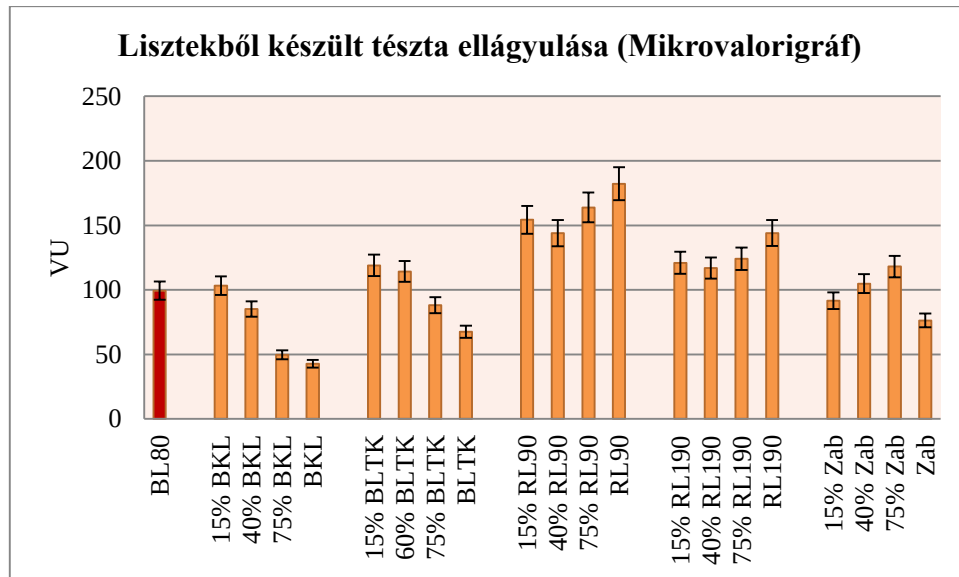
közel azonos értéket vesznek fel. A BL80 stabilitása a BKL értékének a fele, a rozslisztek stabilitása elenyésző a többi lisztre kapott értékhez képest. A diagramon jól látszik, hogy a rozslisztek adagolásával csökken a stabilitás, az azonban szembetűnő, hogy az RL190 kisebb mértékű csökkenést eredményez, mint az RL90. A BKL, Zab és BLTK lisztek adagolása eltérő mértékben, de növeli a kialakult tészta stabilitását.



4.13. ábra: A mikrovalorigráfos mérés során tapasztalt tészta stabilitás értékek (megismételhetőség: 20%)

A stabilitás az az időtartam, mely alatt a tésztaszerkezet dagasztás ellenére is képes megtartani maximális konzisztenciáját. Azonban egy idő után a kialakult siker- és tésztaszerkezet liszt típustól függő mértékben és sebességgel szétesik, a tészta reológiai értelemben minőségromlást szenved (ellágyul), és ennek következtében a keverőkaron mért forgatónyomaték csökken. A *tészta-ellágyulás* értékeket a 4.14. ábra szemlélteti.

A diagramon jól látszik, hogy az alaplisztek közül a kísérleti lisztnak a legkisebb az ellágyulása, az RL90-nek pedig a legnagyobb. A BKL és BLTK adagolása csökkenti, az RL90, RL190 adagolása pedig növeli az ellágyulást, azonban a hatások mértékében különbségek jelentkeznek. A zabliszt esetén megfigyelhető, hogy a keverékek között előfordul olyan, mint a, aminek az ellágyulása magasabb, mint az azt alkotó két alapliszté. A megismételhetőséget figyelembe véve ezek azonban ez nem tekinthető szignifikáns eltérésnek. A BKL lisztnél tapasztalt alacsony konzisztencia csökkenés szintén a jelentősen eltérő beltartalmi összetétellel és fehérje-, és szénhidrátprofillal hozható összefüggésbe.



**4.14. ábra: A mikrovalorigráfos mérés során tapasztalt ellágyulás értékek
(megismételhetőség: 7%)**

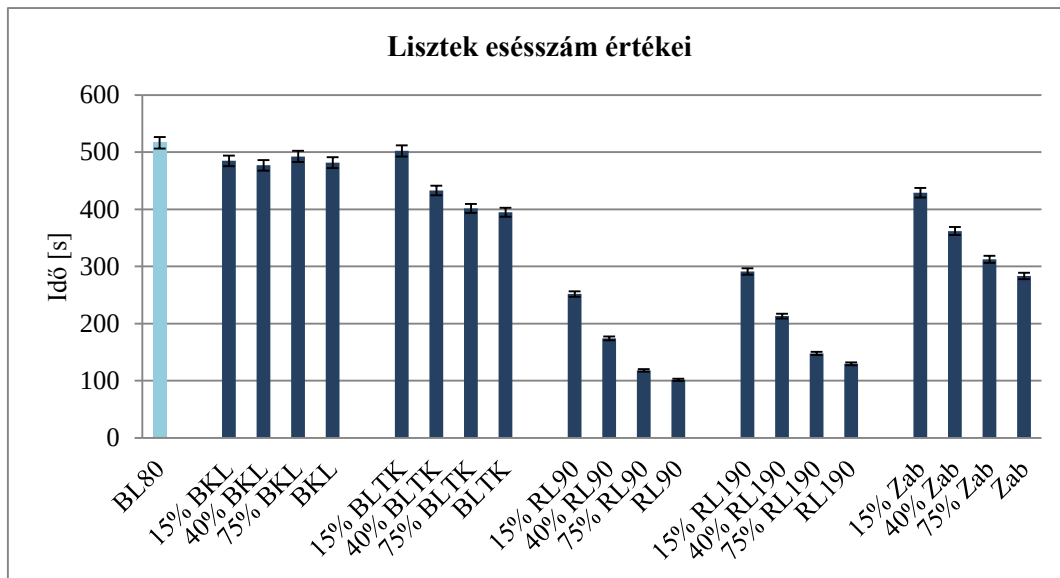
Feltételezhető (de jelenleg nem bizonyított), hogy a jelenlévő élelmi rost komponensek (meghatározóan arabinoxilánok) képesek beépülni a tésztaszerkezetbe, egy újfajta és új viselkedést mutató tészta mátrixot formálva. Ennek értelmezésén és hasznosításán a kutatócsoport jelenleg is dolgozik. Mindenesetre a nagy fehérje és élelmi rost táplálkozási szempontból, a nagy vízfelvétel és a stabilnak tűnő tésztaszerkezet pedig termékminőség oldaláról teszi értékké és szakmai szempontból izgalmassá az új búzaörleményt.

4.4. Szénhidrát függő reológiai mérések eredményei

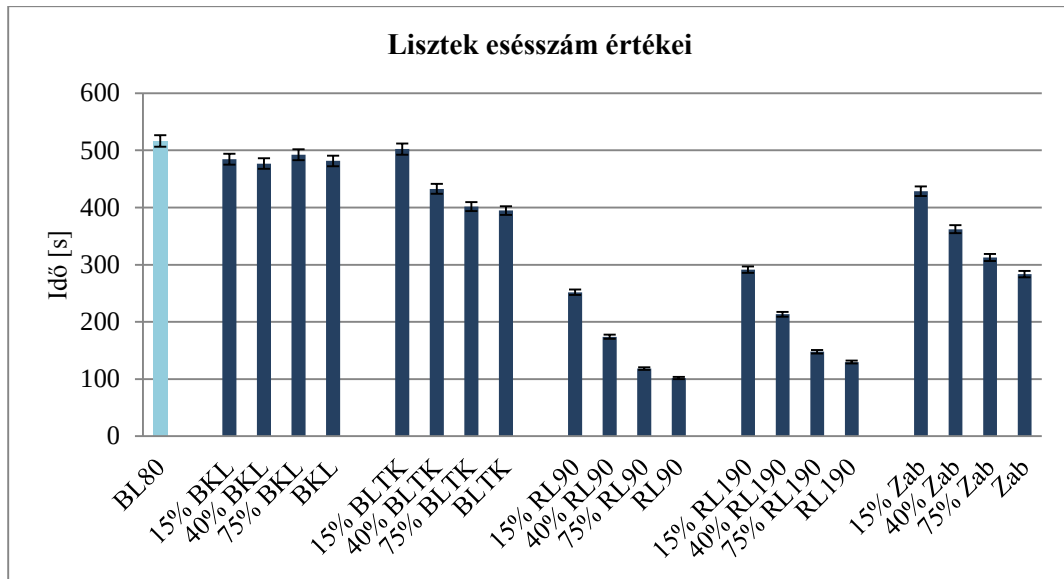
A gabonaőrlemények minősítése során jelentős szerepe van a szénhidrát komponenseknek, különösen a keményítőnek (lásd elméleti rész), ezért fontos vizsgálni az ezzel kapcsolatos paramétereket.

4.4.1. Lisztek esésszám adatainak értékelése

A különböző lisztek esésszám értékeit a



4.15. ábra szemlélteti. Látható, hogy az alaplisztek közül a rozsliszteknek a legalacsonyabb az esésszáma, így mindkét esetben már a 15%-os adagolás is nagymértékben csökkenti a BL80 értéket. A legnagyobb esésszáma a BL80 lisztnak van, ehhez nagyon hasonlít a BKL, így ezek keverékei is közel azonos értéket vesznek fel. A BLTK és a zabliszt adagolása mellett hasonló mértékben csökken az esésszám.



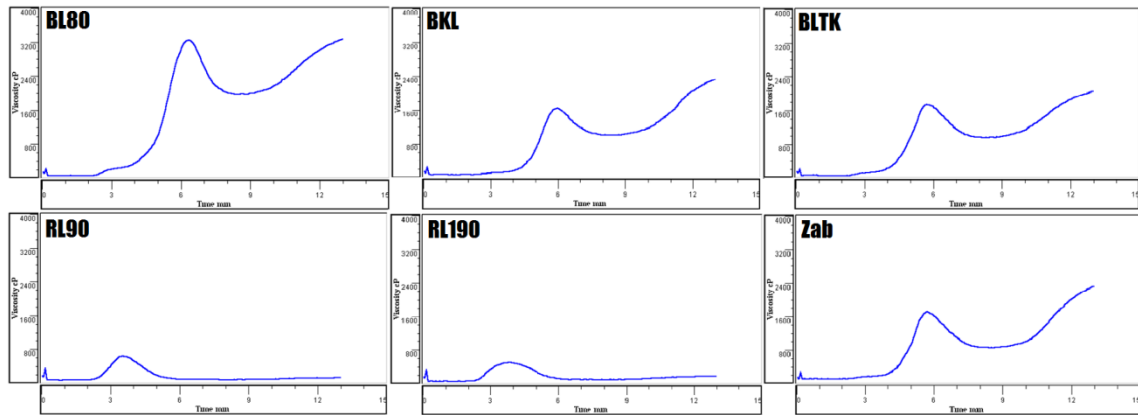
4.15. ábra: A különböző lisztekre mért Esésszám értékek

Az esésszám viszkozitás jellegű érték, tehát erre ad információt, így egyúttal a keményítő enzimes bontottságát is jellemzi. Ezt azonban, mivel a kereskedelmi lisztekéről nem áll rendelkezésünkre ilyen jellegű információ, nem tudjuk összehasonlítani.

4.4.2. RVA mérések eredményeinek értékelése

A reológiai mérések sorozatának fontos láncszemét képezi az viszkozitás mérés. Ennek az utóbbi évtizedekben elterjedt módszertana a gyors viszkozimetriás RVA vizsgálat, amit Én is alkalmaztam dolgozatomban. A módszert eredetileg búzalisztekre fejlesztették ki és elsősorban a keményítő enzimes bontottságát akarták vele jellemezni (lásd: elméleti rész), ma már számos gabona vizsgálatára állnak rendelkezésre RVA protokollok és eredmények. Ennek megfelelően munkámban célom a különböző gabonákból készült őrlmények viszkozitás tulajdonságainak összehasonlítása és annak vizsgálata, hogyan változik a viszkózus viselkedés a lisztek keverése során.

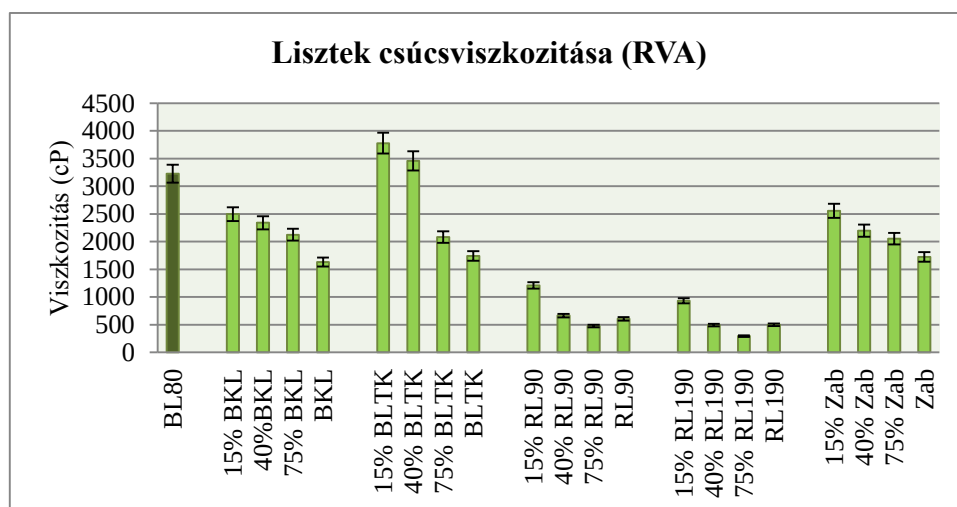
A vizsgált lisztek RVA görbéit az 5. melléklet tartalmazza. Az egyes alaplisztekre jellemző görbéket a 4.16. ábra szemlélteti. Látható, hogy jellegzetes görbe lefutás a rozslisztek kivételével a többi típusnál azonos. Az érzékelhető különbség a görbe egyes részeinek meredekségében, illetve az egyes paraméterek egymáshoz viszonyított arányában van.



4.16. ábra: Az alaplisztekre jellemző RVA görbeprofilok összehasonlítása
(az ábrák azonos tengelybeosztással készültek.)

A görbe jellegzetes paraméterei közül az első a *csúcsviszkózitás* (4.17. ábra). A BL80-hoz képest a BKL alacsonyabb értéket vesz fel. Ehhez hasonló a BLTK és a zab csúcsviszkózitása, a legalacsonyabb értéket pedig a rozslisztekre mértem.

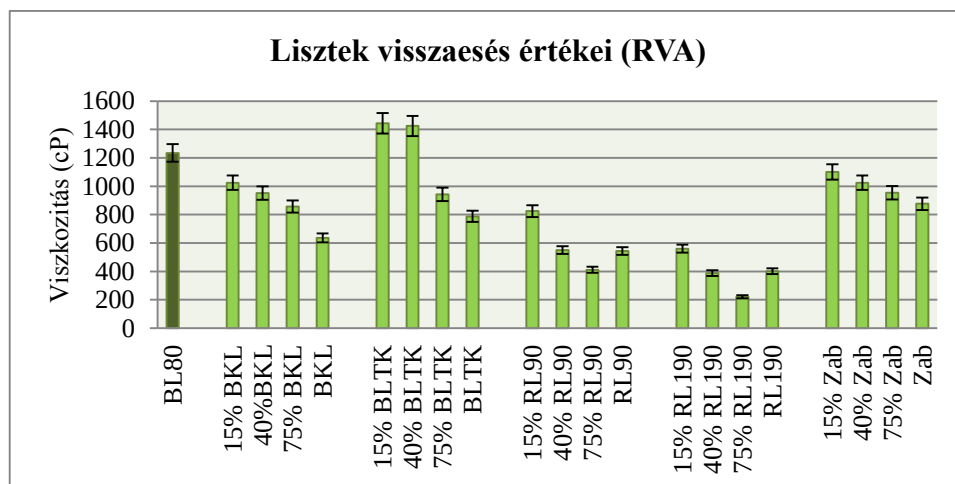
A görbe lefutáson is jól látható, hogy a rozs viszkózitás tulajdonsága gyenge, gélképzése minimális, ahogy azt az esésszám vizsgálatánál is tapasztaltuk. Mivel a rozslisztek nagyon alacsony értéket vesznek fel, ennek következtében ennek a mintának már a 15%-os adagolása mellett is kevesebb, mint felére csökken a keverék csúcsviszkózitása. A BKL adagolása mellett hasonló mértékben csökken a csúcsviszkózitás, mint a zab esetén, a két liszt keverékei hasonlóan reagálnak a hőközlésre és mechanikai megmunkálásra. A BLTK-nál megfigyelhető két kiugró érték, melyek származhatnak mérési, elsősorban homogenitási problémából.



4.17. ábra: A liszt minták RVA vizsgálata során mért csúcsviszkózitás értékek
(megismételhetőség: 5%)

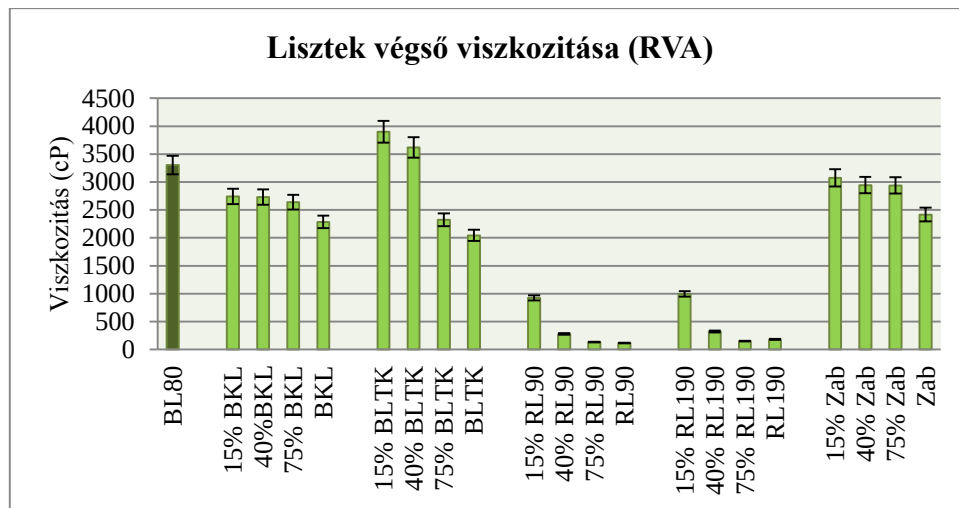
Elmondható, hogy a BKL hasonló mértékben változtatja meg a viszkozus tulajdonságokat mint a zab, és sokkal kevésbé, mint a rozslisztek.

A gél szerkezetének alakulását a felfűtés utána szakaszban mért viszkozitásváltozással, a *visszaesés értékével* jellemezhetjük, (4.18. ábra). A visszaesés értékek a csúcsviszkozitáshoz hasonló tendenciát mutatnak, amelyik mintának magas volt a csúcsviszkozitás értéke, az nagyobb konzisztencia csökkenést szenvedett. A BKL-hez képest a BL80 jóval nagyobb értéket vesz fel, érdekes, hogy mind a zab, mind a teljes kiőrlésű búzaliszt nagyobb visszaeséssel bír, mint a BKL, a három liszt típus jellegében hasonlónak mondható. A jelleggörbén látható módon a rozslisztek teljes konzisztencia csökkenést szenvednek, így annak eredményei nehezen értékelhetőek RVA mérés esetén.



4.18. ábra: A liszt minták RVA vizsgálata során mért visszaesés értékek
(megismételhetőség:5%)

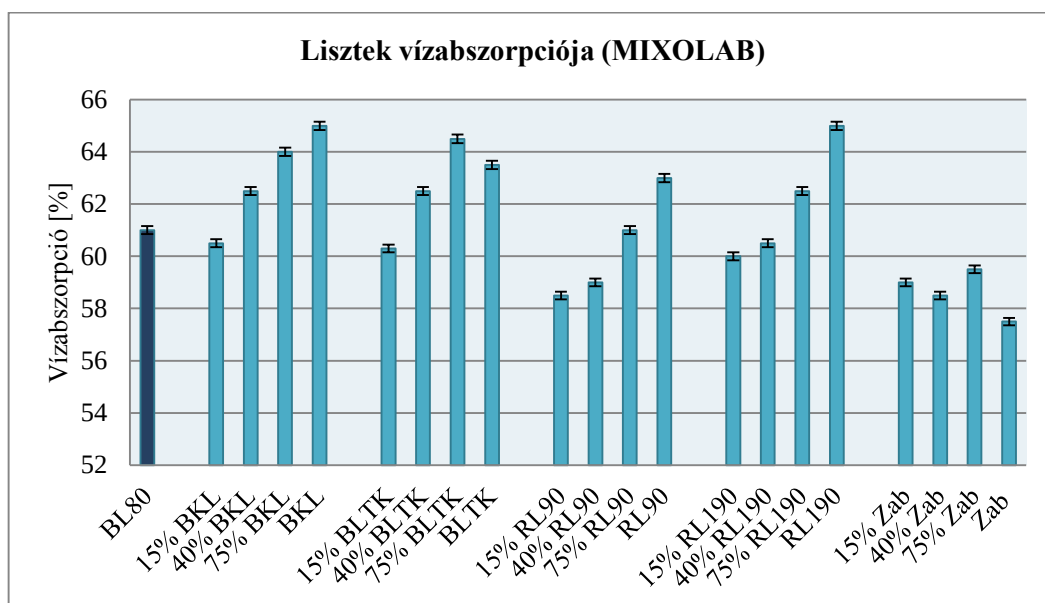
A hűtési fázis végén mérhető viszkozitást *végviszkozitás*nak nevezzük (4.19. ábra). A végviszkozitás értékek esetében is azt tapasztaljuk, hogy a BL80-hoz képest minden alaplisztnek kisebb a végső viszkozitása. A BKL és a zabliszt hasonló tendenciát mutat a keverékek estében. Az egyes keverési arányoknál nincs számottevő érték beli különbség, tehát úgy tűnik, mintha a BKL liszt a viszkozitás tulajdonságokat javítaná, a szerkezetet stabilizálná. Ez a jellegzetes viselkedés vélhetően a BKL eltérő szénhidrát összetételével, a BLTK-hoz képest kisebb rezisztens rosttartalmával és nagyobb nem keményítőjellel szénhidrát tartalmával hozható összefüggésbe.



4.19. ábra: A liszt minták RVA vizsgálata során mért átlagos végső viszkozitás értékek (megismételhetőség: 5%)

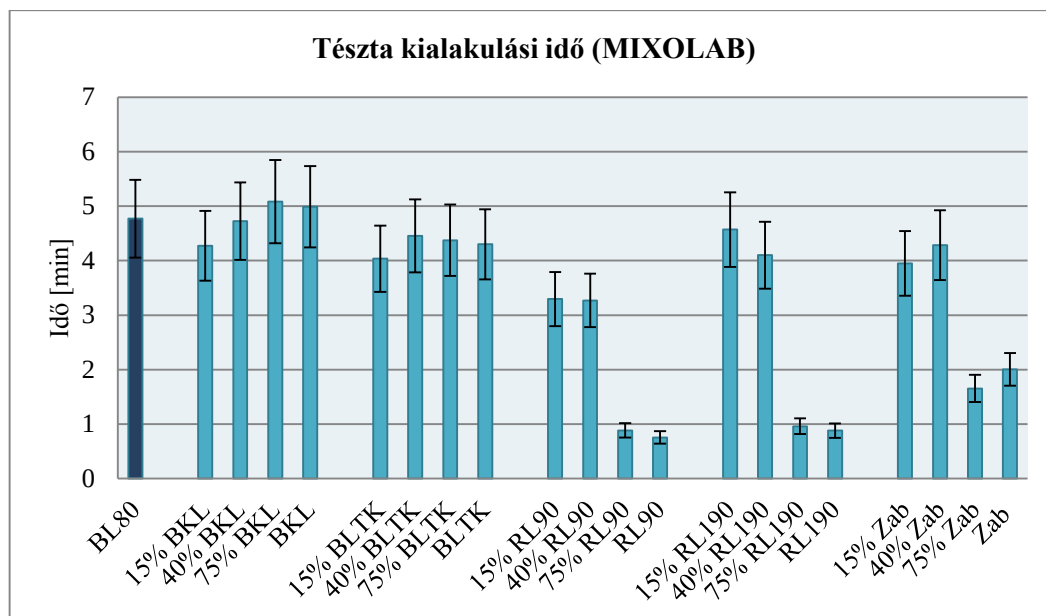
4.5. A fehérje és szénhidrát tulajdonságokat együtt vizsgáló Mixolabos mérések eredményeinek értékelése

A Mixolabos mérések során kapott görbe kezdeti szakasza a mikrovalorigráfhoz hasonlóan a tészta kialakulási időt és a stabilitást jellemzi, azaz a fehérjeminőségtől függő paramétereket. A ennél a módszernél is meghatároztam a *vízabszorpciókat*, ezeket a 4.20. ábra: A lisztek Mixolabos mérése során kapott vízabszorpciói (*megismételhetőség: 0,25%*) szemlélteti. A vízabszorpciók között a mikrovalorigráfos eredményekhez hasonló tendencia áll fent a különböző liszt típusok esetében. A búzalisztek (BKL, BLTK) és a rozslisztek (RL90, RL190) adagolása a BL80-hoz növeli a vízabszorpciót, a zabliszt adagolása pedig kis mértékben csökkenti.



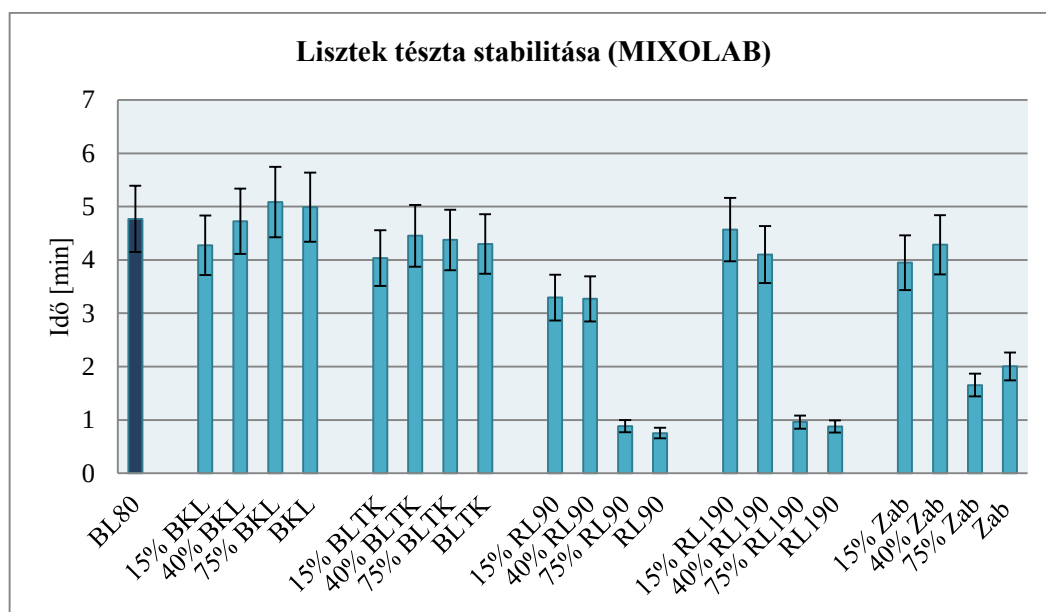
4.20. ábra: A lisztek Mixolabos mérése során kapott vízabszorpciói
(*megismételhetőség: 0,25%*)

A *tészta kialakulási idő*nek ennél a mérésnél a görbe C1 pontja felel meg (4.21. ábra). A leghosszabb tészta-kialakulási idő a BKL-re jellemző, ennél kicsivel rövidebb időre van szüksége a BL80-nak, és a BLTK-nak. A legrövidebb tészta kialakulási idő a rozslisztekre mérhető. Az RL90, RL190, és zabliszt adagolása mellett a tészta kialakulási idő hasonló, csökkenő tendenciát mutat. A 15 és a 40%-os keverékek értékei közel azonosak, ezután újabb ugrás következik, a 75%-os keverékek értéke közel az alaplisztek értékeit veszik fel.



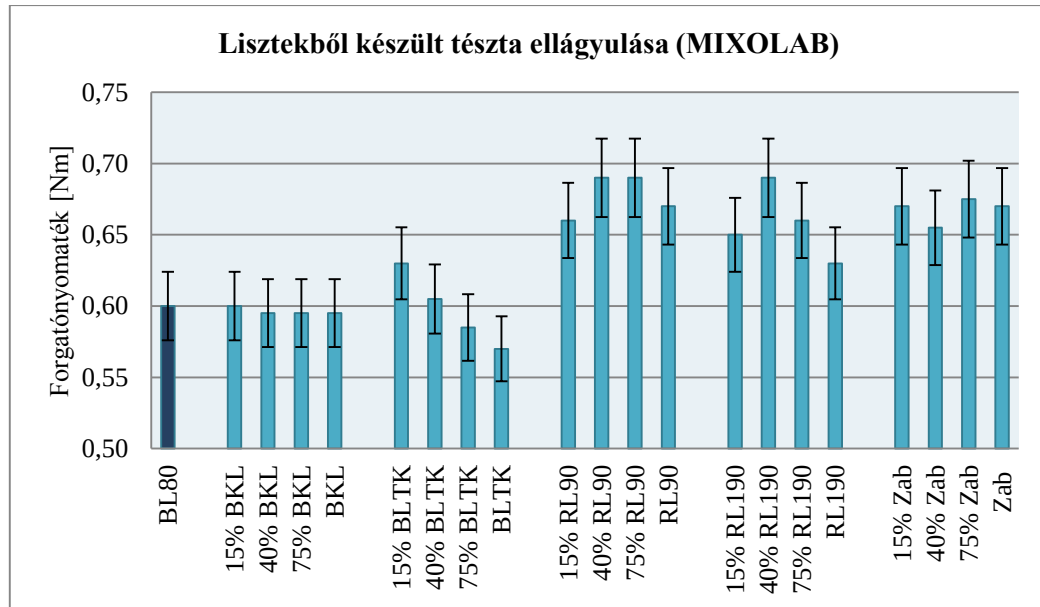
**4.21. ábra: Lisztek Mixolabos mérése során kapott DDT értékek
(megismételhetőség: 15%)**

A lisztek Mixolabos mérése során kapott *tészta-stabilitás* értékeit a 4.22. ábra szemlélteti. A stabilitás értéke a BL80-nak, a BKL-nek, és a BLTK-nak közel azonos. Ezen liszteknek és a belőlük készült keverékeknek a diagramjára illesztett hibaszávok minden esetben átfednek, így elmondható hogy az ilyen típusú lisztek érdemben nincsenek hatással a hagyományos búzaliszt stabilitás értékére. Az RL90, RL190, és a Zabliszt adagolása mellett a tészta kialakulási idő értékeiben tapasztalt tendencia figyelhető meg.



**4.22. ábra: Lisztek Mixolabos mérése során kapott stabilitás értékek
(megismételhetőség: 13%)**

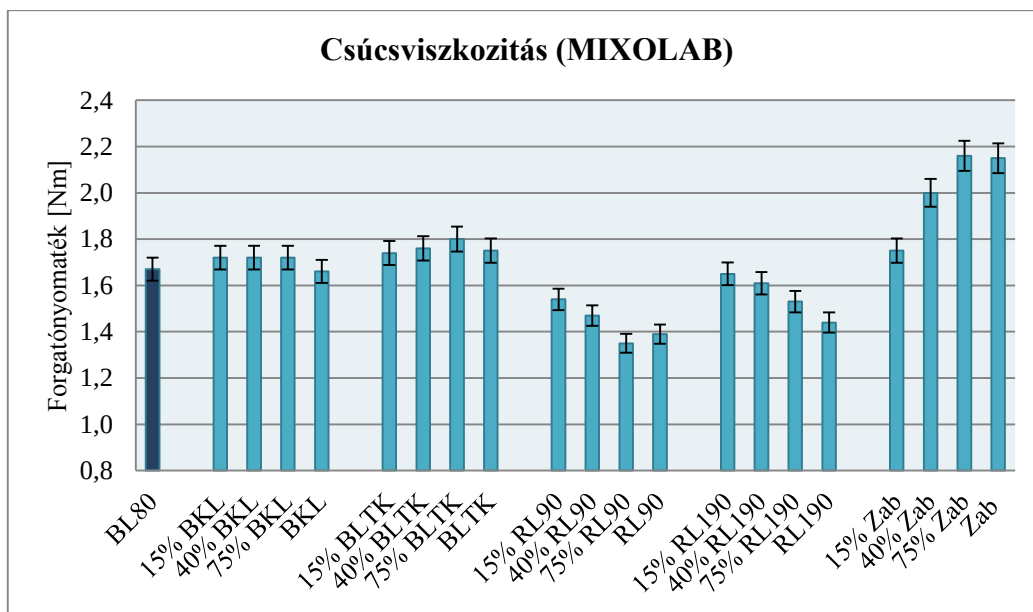
A Mixolabos mérés során kialakult *tészta ellágyulás*ának értékeit a 4.23. ábra szemlélteti. Az alaplisztek közül a rozs- és zablisztek rendelkeznek a legnagyobb ellágyulás értékkel. A BL80 és a BKL ezeknél alacsonyabb, de egymáshoz képest közel azonos értéket vesznek fel, ebből kifolyólag a BKL adagolása nem változtatja meg a keverékeikből készült tészta ellágyulás értékét.



4.23. ábra: Lisztek Mixolabos mérése során kapott ellágyulás értékek
(megismételhetőség: 4%)

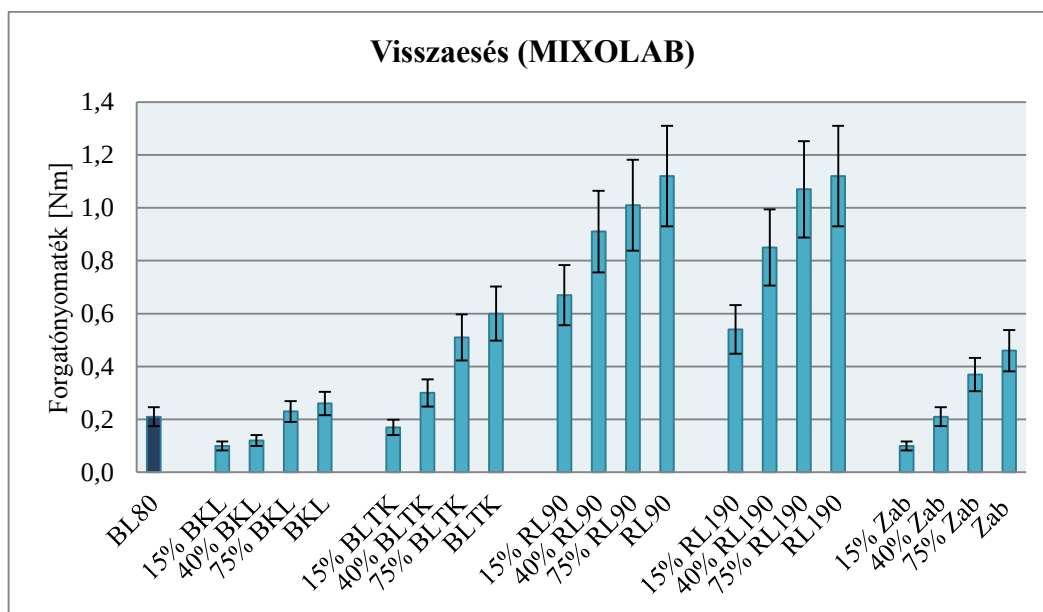
A Mixolabos görbe második tartománya az elsősorban keményítő minőségtől függő paramétereket szemlélteti. Ide tartozik a csirizesedésre jellemző C3, a stabilitásra és az amiláz aktivitásra jellemző C4, és a retrogradáció mértékétől függő C5, valamint az ezekből származtatott paraméterek, a C3-C4 (C34), és C5-C4 (C54) különbségek.

A C3 paramétereket a 4.24. ábra szemlélteti. A Zablisztre jellemző a legnagyobb csúcsviszkozitás érték, a rozslisztekre ennek nagyjából a felét mértem. A három búzaliszt (BL80, BKL, BLTK) értékei közel azonosak, ennek megfelelően a BL80-BKL, és BL80-BLTK esetében a keverékek C3 értékei is nagyon hasonlóak az alaplisztekéhez. Az RL90, és RL190 keverékek esetén hasonló mértékben csökken a csúcsviszkozitás, a Zabliszt esetén pedig nő a paraméter értéke.



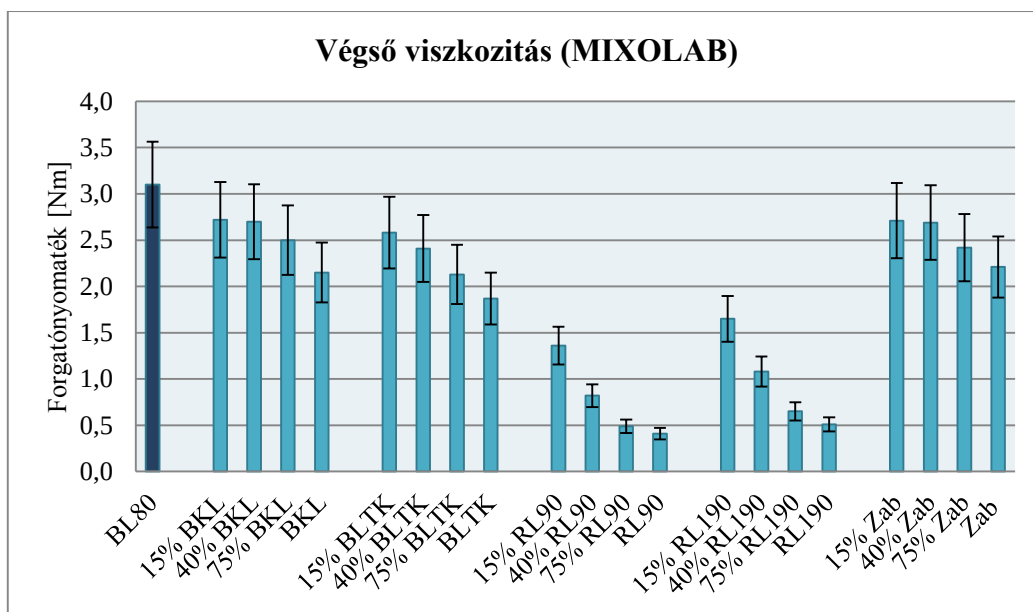
4.24. ábra: Lisztek Mixolabos mérése során kapott csúcsviszkozitás (C3) értékek
(Megismételhetőség: 3%)

A görbéről leolvasható C3-C4 különbség a visszaesést fejezi ki, ez az érték utal a keményítő stabilitására hőmérséklet-emelkedés mellett. A C34 értékeket a 4.25. ábra szemlélteti. Szembetűnő, hogy a BL80-ra mérem a legkisebb visszaesést, ellenben a rozslisztek értéke többszöröse a többi alaplisztének. A második legmagasabb értékkel a BLTK rendelkezik, ezt követi a zab, majd a BKL. A BL80-hoz történő adagolás minden liszt típus esetében hasonló, növekvő tendenciát mutat.

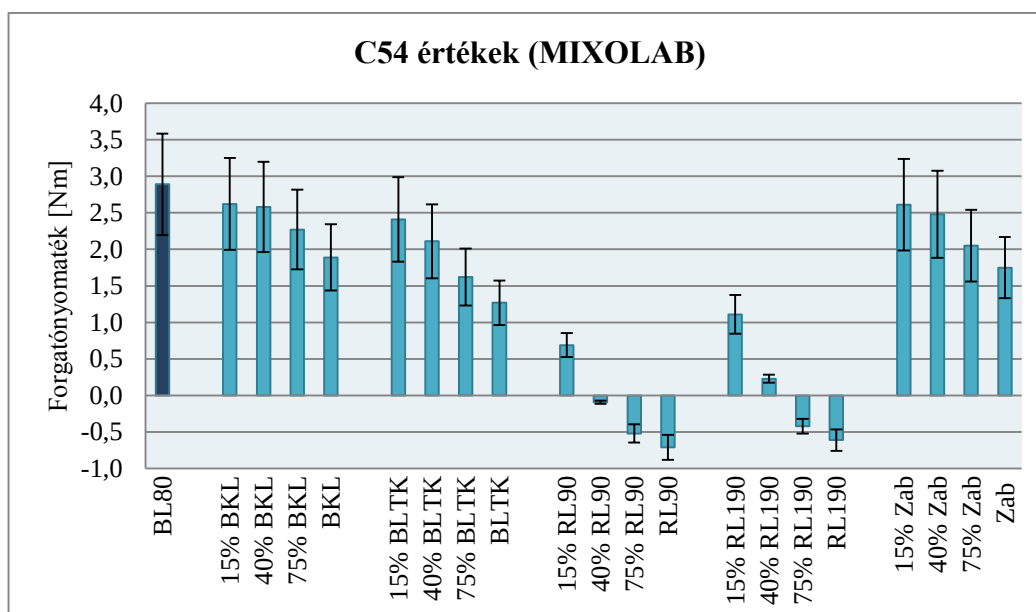


4.25. ábra: Lisztek Mixolabos mérése során kapott C34 értékek
(Megismételhetőség: 17%)

A retrogradációt jellemző $C5$ paraméter értékeit a 4.26. ábra szemlélteti. Ezen paraméter értéke a búzalisztek esetén a korpa-frakció növekvő arányával csökken. A Zabliszt a BLTK-hoz hasonló értéket vesz fel, és hasonló mértékben csökkentik a keverékekre mért viszkozitást. Az RL90-re, és RL190-re rozslisztre a többi alapliszt értékének a töredéke mérhető, ezek adagolása már 15%-ban a felére csökkenti a keverékek értékét.



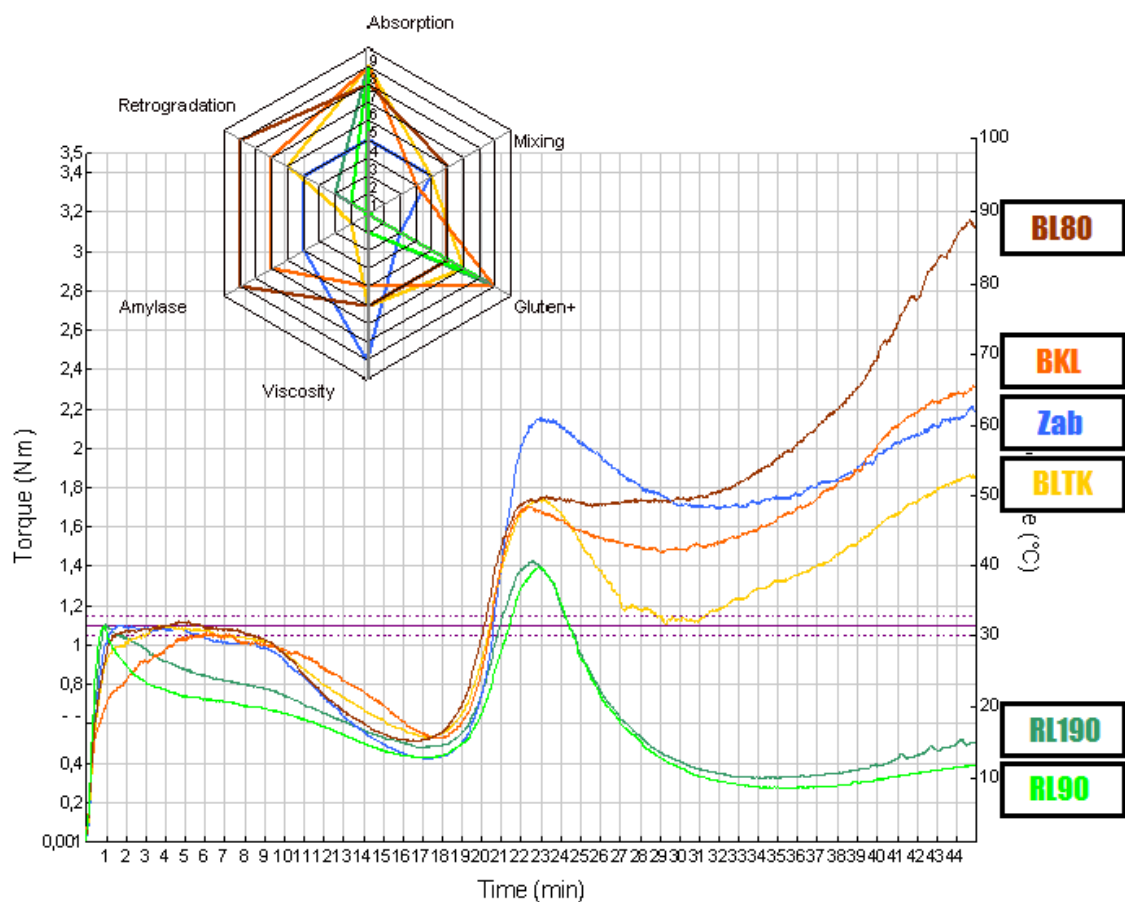
4.26. ábra: Lisztek Mixolabos mérése során kapott végső viszkozitása ($C5$) értékek (Megismételhetőség: 15%)



4.27. ábra: Lisztek Mixolabos mérése során kapott $C54$ értékek (Megismételhetőség: 24%)

A C54 paraméter értékeit a 4.27. ábra szemlélteti. Ez a paraméter kifejezi, hogy a mintában található keményítőmolekulák retrogradációja milyen mértékben megy végbe hőmérsékletcsökkenés hatására. A paraméter értéke a BL80 liszt esetén a legmagasabb, ezt követi a BKL és a zabliszt, majd a BLTK és végül az RL190, és az RL90. A BKL, BLTK és zabliszt esetében az adagolással csökkenő tendencia közel azonos mértékű. A diagramon szembetűnő, hogy a rozsliszt negatív értéket vesz fel. Ez azt jelenti, hogy a görbe utolsó szakaszában a C4 pont után ahelyett, hogy a hűtés során bekövetkező retrogradáció hatására a nyomaték megnőne, ezeknél a mintáknál még lejjebb csökken.

Az egyes alaplisztekre jellemző Mixolabos görbéket a 4.28. ábra szemlélteti. Igen szembetűnőek a fent említett tulajdonságok, látható, hogy az alaplisztek közül egyedül a rozslisztek görbéje végződik a C4 paraméter alatti nyomaték-értéknél.



4.28. ábra: Az alaplisztek jellegzetes Mixolabos görbéi és profiljai

A Mixolabos mérés technika további előnye, hogy a mért/számított értékekből, az összehasonlító elemzést nagymértékben megkönnyítő, ún. minőség-profil is megadható (lásd módszertani rész). A Pókháló-diagramok alapján megállapítható, hogy minden vizsgált liszt egyéni minőségprofillal rendelkezik. Érdekes megemlíteni, hogy BKL típusú liszt ezen profilja alapján a fehérje-tulajdonságaiban a rozsliszthez, szénhidrát (főleg keményítő) jellegű tulajdonságaiban pedig leginkább a BL80-hoz hasonlítható.

Nagyon érdekes az a megfigyelés, hogy a BKL lisztünk és a zabliszt a reológiai mérések során sok esetben hasonlóan viselkedtek, hasonló profilt adtak. Ha összevetjük a zab beltartalmi paramétereit az irodalmi adatokkal nagy negatív eltérés mutatkozik a rost-, lipid-, és hamutartalomban. Ez felveti a kérdést, miszerint a minta ténylegesen teljes kiőrlésű zab, vagy esetleg egyéb őrleményt is tartalmaz. Ennek a kérdésnek a megválaszolása nem feladatom, azonban a későbbiek során érdemes lehet zabból, saját őrléssel előállított zabliszttel is elvégezni a vizsgálatokat.

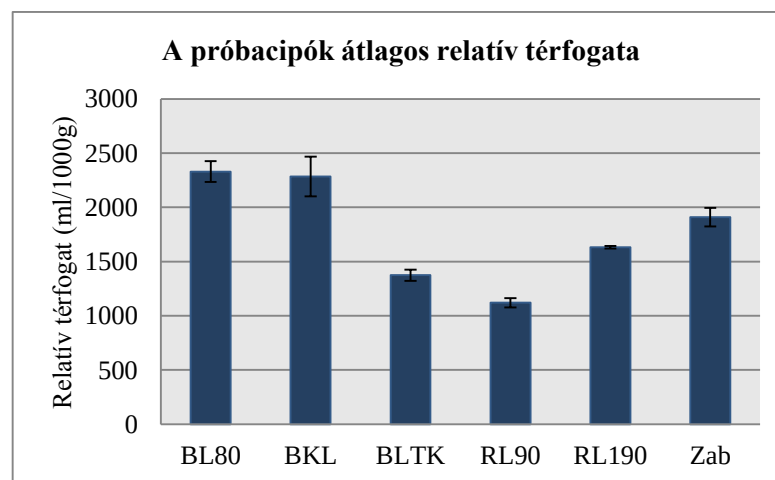
4.6. A próbacipók értékelése

A komplex lisztminősítés során a végtermék tesztek teszik igazán láthatóvá a különböző liszt típusok technológiai viselkedése közötti különbségeket. Próbacipót a 6 alaplisztből (BL80, BKL, BLTK, RL90, RL190, Zab) sütöttem. A BKL-ről úgy véltük, hogy jellegében a teljes kiőrlésű őrleményekre hasonlít, ezért nem a hagyományos fehérlisztre alkalmas sütési módszert választottunk. Másrészt a rozslisztből önmagában csak kovászos eljárással készíthető cipó, így minden sütést kovászos eljárással végeztem az egyszerűbb, és pontosabb összehasonlítás érdekében.

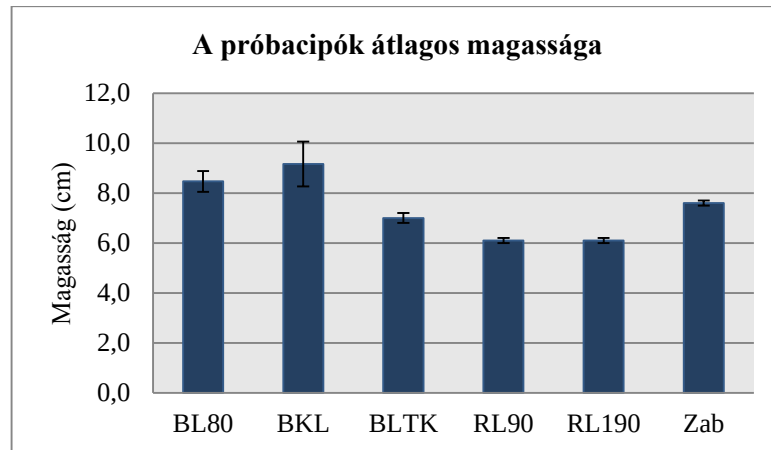
A próbasütés során azt tapasztaltam, hogy a BKL lisztből a BL80-hoz hasonló jellegű cipó készíthető, azonban a BKL esetében a 3 cipóból kettőnél a héj elvált a bélzettől, ami miatt a cipótérfogat értékek nem teljesen reprezentatívak. Ennél kicsivel gyengébb minőségűre sikerült a zablisztből készült cipó. A rozslisztből és a BLTK-ből alacsony, tömör bélzetű cipót sikerült sütni. A cipók képeit a 11. Melléklet tartalmazza.

A cipók értékelését a fizikai tulajdonságainak mérése alapján végeztem. Megmértem a cipók tömegét és térfogatát, azonban ezeket a paramétereket együtt kezelem, mivel a relatív térfogat a meghatározó mérőszám a lisztminősítés során.

A relatív térfogatokat a 4.29. ábra, a magasságokat a 4.29. ábra szemlélteti. Látható, hogy a két paraméter értékei hasonló tendenciát mutatnak a liszt típusok szerint. A BL80 és BKL liszttekből készült cipók átlagos relatív térfogata közel azonos. A BLTK és rozs cipók közel fele ekkora értéket mutatnak.

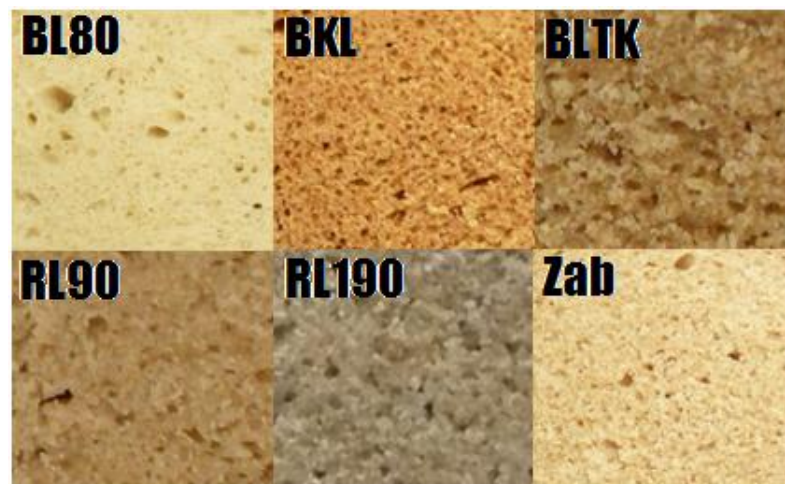


4.29. ábra: A próbacipók átlagos relatív térfogata



4.30: A próbacipók átlagos magassága

A BKL lisztnél megfigyelhető volt, hogy nem alakult ki a klasszikus búzalisztekre jellemző ropogós héj, csak puha, vékony, helyenként buborékos sötét színű héj jött létre.



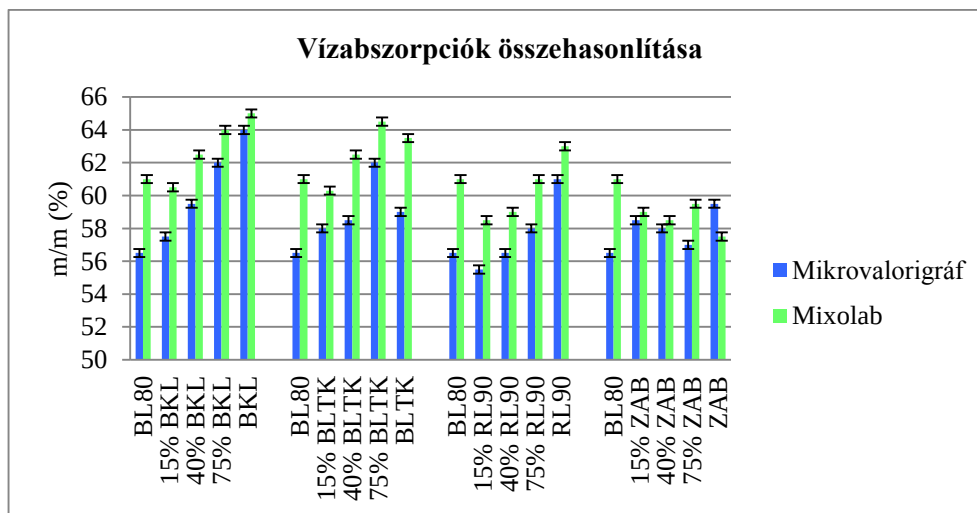
4.31. ábra: A különböző típusú lisztekből készült cipók bélzetei

A végtermék minősítés során fontos szerepe van az érzékszervi vizsgálatoknak. Idő hiányában jelen dolgozat keretein belül nem kerül sor érzékszervi vizsgálatra, csak vizuális jellemzésre, azonban a későbbiek során szeretném ezzel is kiegészíteni a vizsgálataimat. A 4.31. ábra szemlélteti a cipók bélzeteinek nagyított képét, melynek egy érzékszervi vizsgálat során fontos szerepe van. Látható, hogy a BKL típusú lisztből készült cipó bélzetének jellege a BL80-hoz, és a Zabhoz hasonló. Színben a BKL a BL80 és a BLTK között helyezkedik el. Összességében a BKL típusú liszt nagy térfogatú, homogén bélzetű cipó sütésére alkalmas, ami elősegíti ennek a különleges örleménynek a mielőbbi széles körű elterjedését a sütőiparban.

4.7. A fehérjeminőségtől függő paraméterek együttes értelmezése, korrelációs vizsgálatok

Ebben a fejezetben a lisztminták fehérjeminőségét a Zeleny értékei, és a Mikrovalorigráfos és Mixolabos mérések során kapott paraméterei alapján hasonlítom össze. A korrelációs analízist *Statistica* (9.0, SataSoft Hungary) programmal végeztem, a vizsgálathoz 95%-os konfidenciaszintet választottam. Fontos megemlíteni, hogy a statisztikai analízis során kevés minta állt rendelkezésre, tehát a hipotézisvizsgálathoz alkalmazott t-próbák szabadsági fokainak a száma is kevés. Emiatt relatíve nagy másodfajú hibával kellett dolgoznom, azaz nagy volt annak a valószínűsége, hogy elfogadom, hogy nem korrelálnak az adataim, pedig valójában korrelálnak. Ennek elkerülésére az összetartozó paramétereket közös diagramon ábrázoltam (az egyes paraméterek mértékegységei nem azonosak, ezért az értékeket százalékos skálán ábrázoltam).

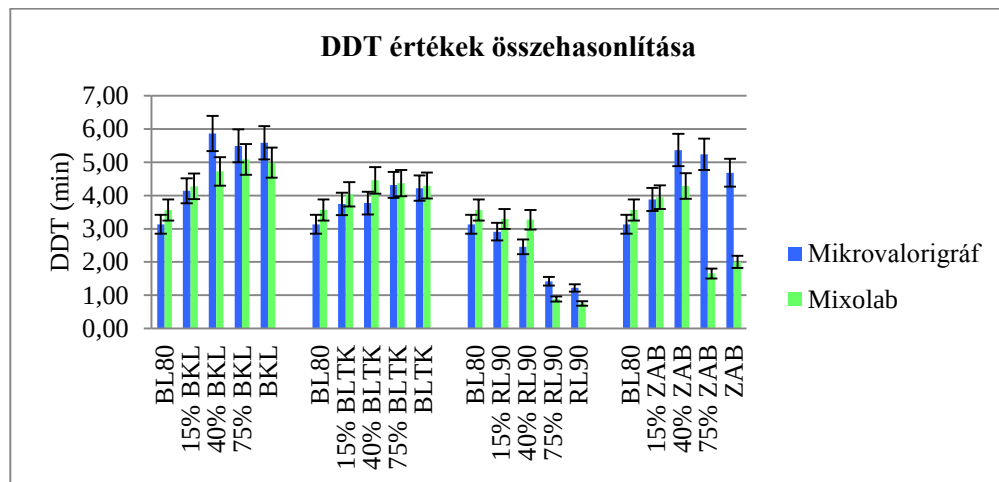
A Mikrovalorigráffal és Mixolabbal meghatározott vízabszorpciók között az analízis szerint nem áll fent erős korreláció ($r=0,54$), azonban ha ezen értékeket közös diagramon ábrázolom felfedezhető némi hasonlóság a tendenciák között (4.32. ábra).



4.32. ábra: A Mikrovalorigráffal és Mixolabbal mért vízabszorpció értékek.

A Mikrovalorigráffal mért vízabszorpcióval negatív korrelációban áll a *Zeleny index* ($r=-0,81$). Ha kizárólag búzalisztről lenne szó, pozitív korrelációban kellene hogy álljanak ezek az értékek, hiszen a Zeleny-index éppen a liszt szemcsék vízfelvételével kapcsolatos, azonban itt a különböző típusú lisztek eltérő beltartalmi paraméterekkel bírnak.

A Mikrovalorigráf és Mixolabos *tészta kialakulási idők* között a korrelációs analízis eredménye szerint nincs szignifikáns kapcsolat ($r=0,63$), azonban a 4.33. ábra: A Mikrovalorigráffal és Mixolabbal mért DDT értékek jól szemlélteti, hogy néhány kiugró értéket leszámítva van hasonlóság az értékek között.



4.33. ábra: A Mikrovalorigráffal és Mixolabbal mért DDT értékek

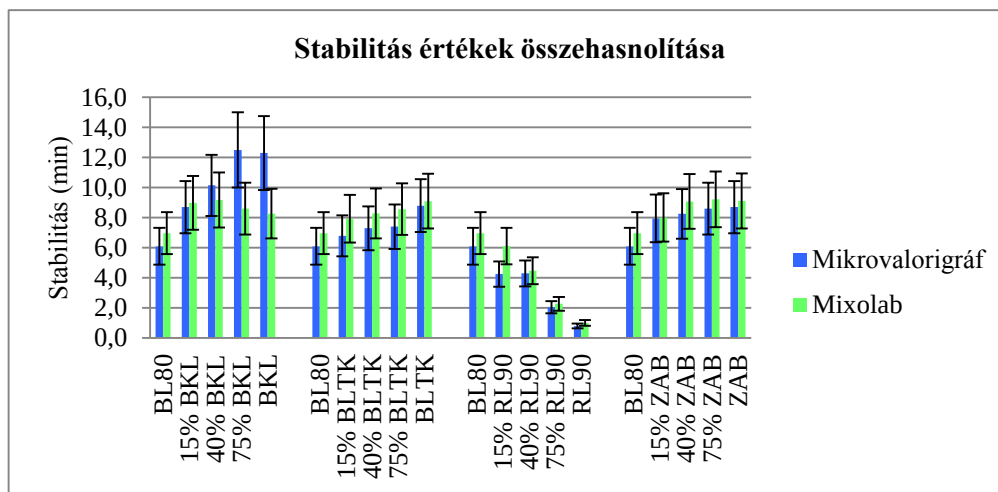
A beltartalmi paraméterek és a tészta-tulajdonságok közötti kapcsolatot jellemző korrelációs együtthatókat 4.1. táblázat foglalja össze. Pozitív korreláció tapasztalható a minták *nyerszsír* tartalma és a tészta kialakulási ideje között, a nyerszsír tartalom továbbá negatívan korrelál a tészta ellágyulással. Emellett nem okoz nagy meglepetést, hogy a tészta stabilitás és a nyerszsír tartalom között szintén erős, azonban pozitív korreláció áll fent. A beltartalmi paraméterek közül az *oldható diétás rost* is mutat kapcsolatot a tészta-tulajdonságokkal. A tészta ellágyulással pozitívan, a stabilitással negatívan korrelál.

4.1. táblázat: Korrelációs együtthatók a beltartalmi paraméterek és a tészta-tulajdonságok között

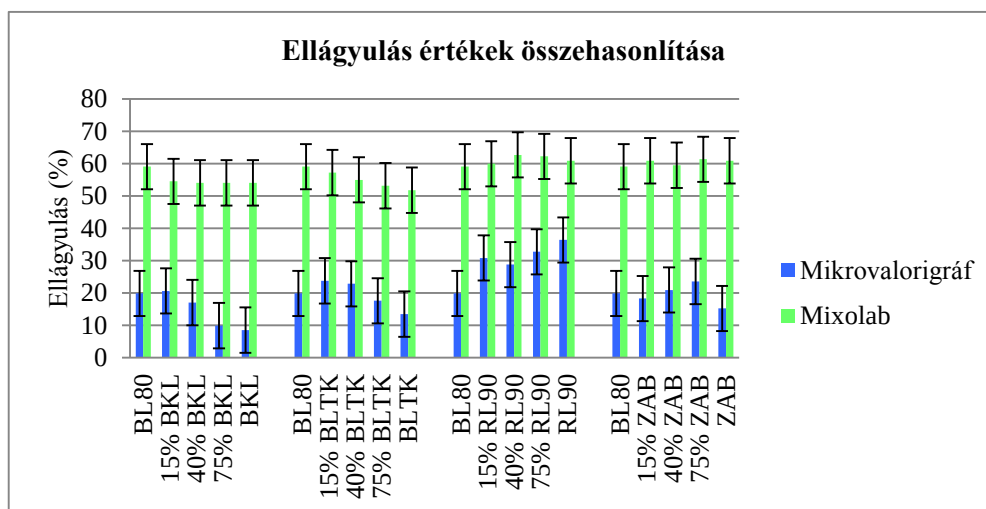
	MIKROVALORIGRÁF				MIXOLAB			
	Aw	DDT	Ellágyulás	Stabilitás	Aw	DDT	Ellágyulás	Stabilitás
Fehérje	0,55	0,83	-0,81	0,87	0,38	0,73	0,54	-0,50
Nyersrost	0,48	0,63	-0,63	0,66	0,50	0,39	0,35	-0,58
Összes diétás rost	0,63	0,30	-0,25	0,31	0,57	0,00	-0,09	-0,27
Oldható diétás rost	0,23	-0,79	0,88	-0,81	0,14	-0,85	-0,96	0,62
Nyerszsír	0,23	0,97	-0,94	0,94	-0,10	0,51	0,82	-0,39
Hamu	0,62	0,77	-0,75	0,81	0,52	0,50	0,42	-0,57

A Mikrovalorigráffal és Mixolabbal kapott *stabilitás* értékek között pozitív korreláció áll fent ($r=0,81$), ezt a 4.34. ábra is jól szemlélteti.

Az *ellágyulás* értékeknél alacsonyabb a korrelációs együttható ($r=0,61$), azonban diagramon ábrázolva a két műszerrel mért értékek tendenciája hasonlít egymásra (4.35. ábra). Az *ellágyulás* értékek közti különbséget az okozhatja, hogy a Mixolabos mérés során a készülék a 8. percben elkezdheti melegíteni a tésztát, ezzel növelve az *ellágyulás* mértékét.



4.34. ábra: A mikrovalorigráffal és Mixolabbal mért stabilitás értékek



4.35. ábra: A mikrovalorigráffal és Mixolabbal mért stabilitás értékek

A végtermék értékelése során fontos a tészta-tulajdonságokat és az összetételt jellemző paramétereket vizsgálni. A Mikrovalorigráfos és Mixolabos paraméterek, és a cipókra meghatározott paraméterek közötti korrelációs együtthatókat a 4.2. táblázat: **Korrelációs együtthatók a tészta-tulajdonságok és a cipók méretei között** foglalja össze. Az r értékek alapján a DDT és a stabilitás mindkét mérésnél pozitív, az *ellágyulás* mindkét mérésnél negatív korrelációban áll a *relatív térfogattal* és a *cipók magasságával*.

4.2. táblázat: Korrelációs együtthatók a tézta-tulajdonságok és a cipók méretei között

	MIKROVALORIGRÁF				MIXOLAB			
	Aw	DDT	Ellágyulás	Stab.	Aw	DDT	Ellágyulás	Stab.
Relatív cipótérfogató	0,18	0,72	-0,75	0,76	0,10	0,79	-0,46	0,67
Cipó magasság	-0,04	0,60	-0,63	0,62	-0,10	0,68	-0,29	0,66

A beltartalmi paraméterek közül a fehérjetartalomnak van legnagyobb hatása a cipó relatív térfogatára, továbbá az oldható diétás rost mind a relatív térfogatra, mind a cipó magasságára negatív hatással van (4.3. táblázat).

4.3. táblázat: Korrelációs együtthatók az összetétel és a cipók méretei között

	Fehérje	Nyersrost	Össz. diétás rost	Oldható diétás rost	Nyerszsír	Hamu
Relatív cipótérfogató	0,89	0,10	-0,24	-0,83	0,54	0,37
Cipó magasság	0,73	-0,15	-0,50	-0,82	0,43	0,11

Az ilyen jellegű elemzésekre azért van szükség, mert a minősítési módszerek közül nem mind alkalmazható különféle célú mérésekhez. Azonban ha sikerül igazolni a különböző módszerekkel kapott eredmények közötti kapcsolatokat, akkor ezek átszámíthatóak egymásba.

Egy másik ok, ami szükségessé teszi az összefüggések vizsgálatát, hogy ilyen módon feltárhatunk olyan törvényszerűségeket, melyek mélyebb vizsgálata, molekuláris magyarázatának megtalálása közelebb visz mind az anyag viselkedésének megismeréséhez, mind általánosabb érvényű összefüggések azonosításához és megismeréséhez.

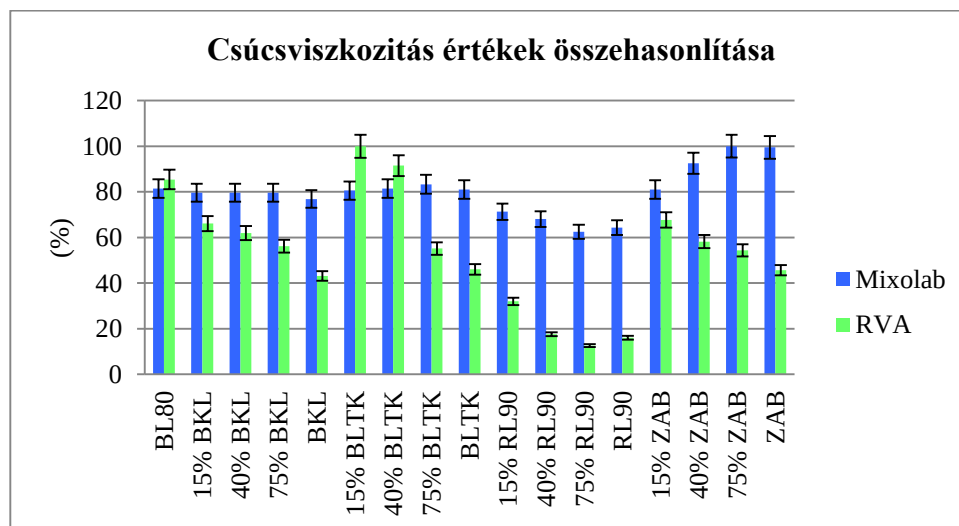
4.8. A szénhidrát összetételtől függő paraméterek együttes értelmezése, korrelációs vizsgálatok

A szénhidráttól függő tulajdonságokat Mixolabbal, RVA-val és esésszámuk alapján próbáltam megismerni, ebben a fejezetben megvizsgálom, hogy ezek a módszerek és paramétereik milyen kapcsolatban állnak egymással. A három módszer közti korrelációs együtthatókat a 4.4. táblázat tartalmazza.

4.4. táblázat: Korrelációs együtthatók a szénhidráttól függő paraméterek között

		MIXOLAB				RVA			Esésszám
		C3	C34	C5	C54	Csúcsviszk.	Visszaesés	Végső viszk.	
MIXOLAB	C3	1,00	-0,50	0,61	0,74	0,42	0,49	0,65	0,29
	C34	-0,50	1,00	-0,97	-0,84	-0,89	-0,75	-0,97	-0,93
	C5	0,61	-0,97	1,00	0,83	0,94	0,85	1,00	0,88
	C54	0,74	-0,84	0,83	1,00	0,60	0,44	0,86	0,80
RVA	Csúcsviszk.	0,42	-0,89	0,94	0,60	1,00	0,95	0,92	0,82
	Visszaesés	0,49	-0,75	0,85	0,44	0,95	1,00	0,82	0,60
	Végső viszk.	0,65	-0,97	1,00	0,86	0,92	0,82	1,00	0,88
Esésszám		0,29	-0,93	0,88	0,80	0,82	0,60	0,88	1,00

A Mixolabos mérés során kapott C3 paraméter az RVA-val kapott csúcsviszkozitással egyenértékű. Köztük a korrelációs együttható alacsony ($r=0,42$). A 4.36. ábra azt mutatja, hogy a zab kivételével azonos tendenciát követnek a két módszerrel kapott paraméterek. A zab esetén fordított tendencia mutatkozik, ami azzal magyarázható, hogy a zab különleges keményítő-összetétellel bír (lásd elméleti rész), amire ezek a módszerek nincsenek optimalizálva.



4.36. ábra: Mixolabbal és RVA-val mért csúcsviszkozitás értékek

Az RVA-val mért csúcsviszkozitás a visszaeséssel és a végső viszkozitással erős pozitív korrelációban áll. Érdekes hogy ezen paraméterek Mixolabbal mért párpai közül a C5 szintén pozitívan, C34 értéke azonban a negatívan korrelál a csúcsviszkozitással.

Egy másik közös paramétere a Mixolabnak és az RVA-nak a visszaesés (C34). A várakozásokkal ellentétben ezen paraméterek között negatív korreláció áll fent ($r = -0,75$). A C34 paraméterre befolyással van a minta oldható rost tartalma is ($r = 0,94$). Az oldható rost továbbá negatívan korrelál C5-tel, és C54-el.

A visszaesés és az esésszám közötti kapcsolatot is érdemes megvizsgálni. Azt várnánk, hogy ha alacsony a visszaesés, akkor magas az esésszám, hiszen ekkor az anyag viszkozitása nagy lesz. Ennek megfelelően a közöttük lévő korrelációs együttható $r = -0,93$. Az esésszám a C5 paraméterrel, és ennek RVA-párjával, a végső viszkozitással is pozitív korrelációban áll. A végső viszkozitás és C5 paraméterek között erős pozitív korreláció áll fent ($r = 0,99$).

A szénhidrát-tulajdonságok és a próbacipók minősége közötti korrelációs együtthatókat a 4.5. táblázat foglalja össze. Erős negatív korreláció áll fent a C34 paraméter és a cipó méretei között. A C5, végső viszkozitás, C54 és az esésszám pozitív kapcsolatot mutat a relatív cipótérfogat, és a cipók magassága között.

4.5. táblázat: Korrelációs együtthatók a szénhidrát-tulajdonságok és a cipók méretei között

	MIXOLAB				RVA			Esésszám
	C3	C34	C5	C54	Csúcs-viszk.	Visszaesés	Végső viszk.	
Relatív cipótérfogat	0,31	-0,90	0,78	0,81	0,62	0,39	0,77	0,86
Cipó magasság	0,43	-0,94	0,86	0,77	0,74	0,58	0,84	0,81

A korrelációs vizsgálatok során az tapasztalható, hogy a Mixolabos és RVA mérések között meglepően kevés az erősen szignifikáns kapcsolat. A Mixolabos mérésnek a szénhidrát-tulajdonságokat vizsgáló szakasza 27 perces, az RVA mérés pedig mindössze 12 perc hosszúságú. Ezen tények összessége felveti a kérdést, hogy a jövőben érdemes lehet a két mérés idejét valamilyen módon összehangolni, és a méréseket nagy számú mintával elvégezni annak érdekében, hogy az összehasonlító elemzések minél reprezentatívabbak lehessenek.

5. ÖSSZEFOGLALÁS

Munkám során különböző típusú liszteket (BL80, BKL, BLTK, RL90, RL190, Zab), és keverékeiket beltartalmi, reológiai és végtermék vizsgálatoknak vetettem alá. Alapvető célkitűzésem volt a Gyermelyi Zrt. által előállított új típusú funkcinális őrlemény tulajdonságainak minél átfogóbb jellemzése, és összehasonlítása a sütőipar által használt egyéb őrleményekkel. A mérések során a búzaminősítésben elterjedt, szabványos módszereket alkalmaztam, melyek közül külön kiemelném a Mixolabos technikát, mely egy viszonylag új mérési módszer, ezért az irodalomban kevés eredményt találunk az ilyen jellegű mérésekről.

Az eredmények komplex értékelése során arra kerestem a választ, hogy az új típusú őrlemény megállja-e a helyét piacon már forgalomban lévő őrleményekkel szemben, ezekhez képest milyen beltartalmi és reológiai paraméterekkel bír, és ezek milyen hatással vannak a végtermék minőségére.

A mérési eredmények ismeretében elmondható, hogy a funkcionális liszt beltartalmi összetételét tekintve valamennyi fő alkotó esetében eltérést mutat a többi mintához képest, ezek közül is kiemelendő magas fehérje- és élelmi rost tartalma. A reológiai mérések alapján a funkcionális liszt adagolása a hagyományos búzaliszthez a többi lisztnél kevésbé rontja, sőt, sok esetben javítja a tézstaszerkezetre jellemző tulajdonságokat.

A sütőipari végtermék tesztek eredménye nagy lehetőségeket tár a BKL liszt alkalmazása elé, hiszen az előzetesen reológiai mérésekkel megjósolt, pozitív tézsta tulajdonságok a próbacipókon egyértelműen tapasztalhatóak voltak. Külön érdemes kiemelni a kedvező stabilitás mellett a nagy vízfelvevő képességet, mely a sütőipari termékek minőség megőrzése szempontjából is értékes tulajdonság. Ez a tény még egy lépéssel közelebb juttatja az új típusú őrleményt ahhoz, hogy új, értékes tagja legyen a sütőiparban elterjedten alkalmazott gabonaőrleményeknek.

A dolgozatomban feltárt technológiai viselkedés és a kémiai összetétel közötti kapcsolat megértése kijelöli munkám folytatásának irányait is. Ezek között is kiemelten kívánok foglalkozni az új típusú őrlemény megváltozott fehérje- és szénhidrátprofiljának reológiai tulajdonságokat befolyásoló hatásainak vizsgálatával.

6. IRODALOMJEGYZÉK

1. Khan, K. and P.R. Shewry: Wheat Chemistry and Technology, IV. edition: Amer Assn of Cereal Chemists (2009)
2. Pomeranz, Y.: Wheat, Chemistry and Technology. 3rd Edition. Vol. II.: American Association of Cereal Chemists (1988)
3. Salgó, A.: Élelmiszerkémia és táplálkozástan I., Műegyetemi Kiadó (2001)
4. Dornez, E., et al.: Study of grain cell wall structures by microscopic analysis with four different staining techniques; Journal of Cereal Science 54, Pages 363-373 (2011)
5. Lásztity, R.: Cereal chemistry, Akadémia kiadó (1999)
6. Hansen, H., et al.: Effect of genotype and harvest year on content and composition of dietary fibre in rye (*Secale cereale* L.) grain; Journal of the Science of Food and Agriculture, 83, Pages 76-85. (2003)
7. Michael J B., J D B., Peter H.: The Encyclopedia of Seeds (2006)
8. Magyar Élelmiszerkönyv, II.kötet, 2-61 számú irányelv, Malomipari termékek, 3. kiadás. (2007)
9. P. R. Shewry: Wheat; Journal of Experimental Botany, Vol. 60, No. 6, Pages 1537–1553 (2009)
10. Dr. Gasztonyi, K.: Amit a rozslisztek sütőipari értékéről tudni illik; Sütőiparosok, Pékek: 52. évf. 1. sz. 15-16, 19-21.o (2005)
11. http://www.brooklyn.cuny.edu/bc/ahp/LAD/C4c/C4c_polysaccharides.html (12.09.15)
12. Li, J.-Y. and A.-I. Yeh: Relationships between thermal, rheological characteristics and swelling power for various starches; Journal of Food Engineering, 50(3): p. 141-148 (2001)
13. Singh, N., et al.: Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources; Food Chemistry, 81(2), Pages 219-231. (2003)
14. S.V. Gomand, T. Verwimp, H. Goesaert, J.A. Delcour: Structural and physicochemical characterisation of rye starch; Carbohydrate Research 346, Pages 2727–2735 (2011)
15. A. Mohammadkhani, F.L. Stoddard, D.R. Marshall: Survey of amylose content in *Secale cereale*, *triticum monococcum*, *T. turgidum* and *T. tauschii*; Journal of Cereal Science, Volume 28, Issue 3, Pages 273–280 (1988)

16. R Hoover, C Smith, Y Zhou, R.M.W.S Ratnayake: Physicochemical properties of Canadian oat starches; *Carbohydrate Polymers*, Volume 52, Issue 3, Pages 253–261 (2003)
17. W. Berski, et al.: Pasting and rheological properties of oat starch and its derivatives; *Carbohydrate Polymers* 83, Pages 665–671 (2011)
18. Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids (Macronutrients). Washington, D.C: The National Academies Press (2005)
19. Eastwood, M. and D. Kritchevsky: Dietary fiber: How did we get where we are?; *Annual Review of Nutrition*, 2005/25: Pages. 1-8 (2005)
20. L. Heikkinen S., et al.: Specific enzymatic tailoring of wheat arabinoxylan reveals the role of substitution on xylan film properties; *Carbohydrate Polymers*, 8 (2012)
21. Rieder A., et al.: Cereal β -glucan quantification with calcofluor-application to cell culture supernatants; *Carbohydrate Polymers* (2012)
22. Harasztos, A.: Bioaktív szénhidrátkomponensek gázkromatográfiás vizsgálata az alapanyagtól a termékig, BME-ABÉT (2010)
23. Mandalari, G., et al.: Fractionation and characterisation of arabinoxylans from brewers' spent grain and wheat bran; *Journal of Cereal Science*, 42(2), Pages 205-212. (2005)
24. Göllner, E., et al.: An arabinogalactan-protein from whole grain of *Avena sativa* L. belongs to the wattle-blossom type of arabinogalactan-proteins; *Journal of Cereal Science*, 53(2), Pages 244-249 (2011)
25. <https://www.adisseo.biz/Productguides/RovabioGuide/versatility.aspx> (12.09.07)
26. A. Rakha P., et al.: Variation in content, composition, and molecular weight distribution of extractable components; *Journal of Cereal Science*, Volume 54, Issue 3, Pages 324–331 (2011)
27. Nádosí M.: Búzaliszt vizsgálata - Élelmiszervizsgálati komplex labor, Budapest (2005)
28. Dobraszczyk, B.J. and M.P. Morgenstern: Rheology and the breadmaking process; *Journal of Cereal Science* (2003)

29. Rieder, A., et al.: Effect of barley and oat flour types and sourdoughs on dough rheology and bread quality of composite wheat bread; *Journal of Cereal Science*, Volume 55, Issue 1, Pages 44–52 (2012)
30. Miś, A., et al.: Use of farinograph measurements for predicting extensograph traits of bread dough enriched with carob fibre and oat wholemeal; *Journal of Food Engineering*, Volume 108, Issue 1, Pages 1–12 (2012)
31. Outi E. Mäkinen, Elke K. Arendt: Oat malt as a baking ingredient – A comparative study of the impact of oat, barley and wheat malts on bread and dough properties; *Journal of Cereal Science* (2012)
32. MSZ ISO 5530-3: A vízfelvevő képesség és a reológiai tulajdonságok meghatározása valorigráffal (1995)
33. Shewry, P.R. and G.L. Lookhart: *Wheat Gluten Protein Analysis*: AACC Press. (2003)
34. MSZ ISO 3093: Gabonafélék. Az esésszám meghatározása (1995)
35. Juhász R., Salgó A.: A gyors viszkoanalizátoros technika alkalmazási lehetőségei; *Élelmiszervizsgálati közlemények*, 52: 208-215 (2006)
36. Juhász, D.: Pannonbúza minőségű alapanyag zárt őrléséből származó malomipari frakciók funkcionális jellemzése; *BME-ABÉT* (2010)
37. Hódsági M., Gelencsér T., Salgó A.: A Mixolab technika alkalmazási lehetőségei; *Élelmiszervizsgálati Közlemények* (2010)
38. Chopin Applications Laboratory: *Mixolab applications handbook (Rheological and enzymatic analysis)*. Chopin Technologies, Villeneuve la Garenne, France. (2006)

7. Mellékletek

1. Melléklet: Lisztek beltartalmi összetétele
2. Melléklet: Lisztek Zeleny értékei
3. Melléklet: Lisztek mikrovalorigráfós mérési eredményei
4. Melléklet: Mikrovalorigráfós görbék
5. Melléklet: Lisztek RVA mérési eredményei
6. Melléklet: RVA görbék
7. Melléklet: Lisztek esésszám értékei
8. Melléklet: Lisztek Mixolabos mérési eredményei
9. Melléklet: Mixolabos görbék
10. Melléklet: Próbacipók adatai
11. Melléklet: Próbacipók képei
12. Melléklet: Korrelációs mátrix

1. Melléklet

7.1. táblázat: Lisztek beltartalmi összetétele

Minta Típus	Nedvesség- tartalom [%]	Nyersfehérje- tartalom [%]	Nyersrost- tartalom [%]	Összes diétás rost- tartalom [%]	Oldható diétás rost- tartalom [%]	Nyerszsír- tartalom [%]	Hamu- tartalom [%]	Nedves sikér- tartalom [%]
BL80	14,61	15,20	0,46	3,92	0,88	1,63	0,82	27,51
BKL	12,08	23,28	3,07	11,04	1,08	2,38	2,01	37,44
BLTK	11,02	13,89	3,69	12,47	1,40	2,24	1,79	20,72
RL 90	13,93	9,89	1,09	9,55	3,60	1,05	0,92	-
RL190	13,34	9,93	1,79	10,88	2,38	1,22	1,15	-
Zab	12,03	14,28	1,65	7,84	1,40	2,38	1,24	-

2. Melléklet

7.2. táblázat: Lisztek Zeleny értékei [ml]

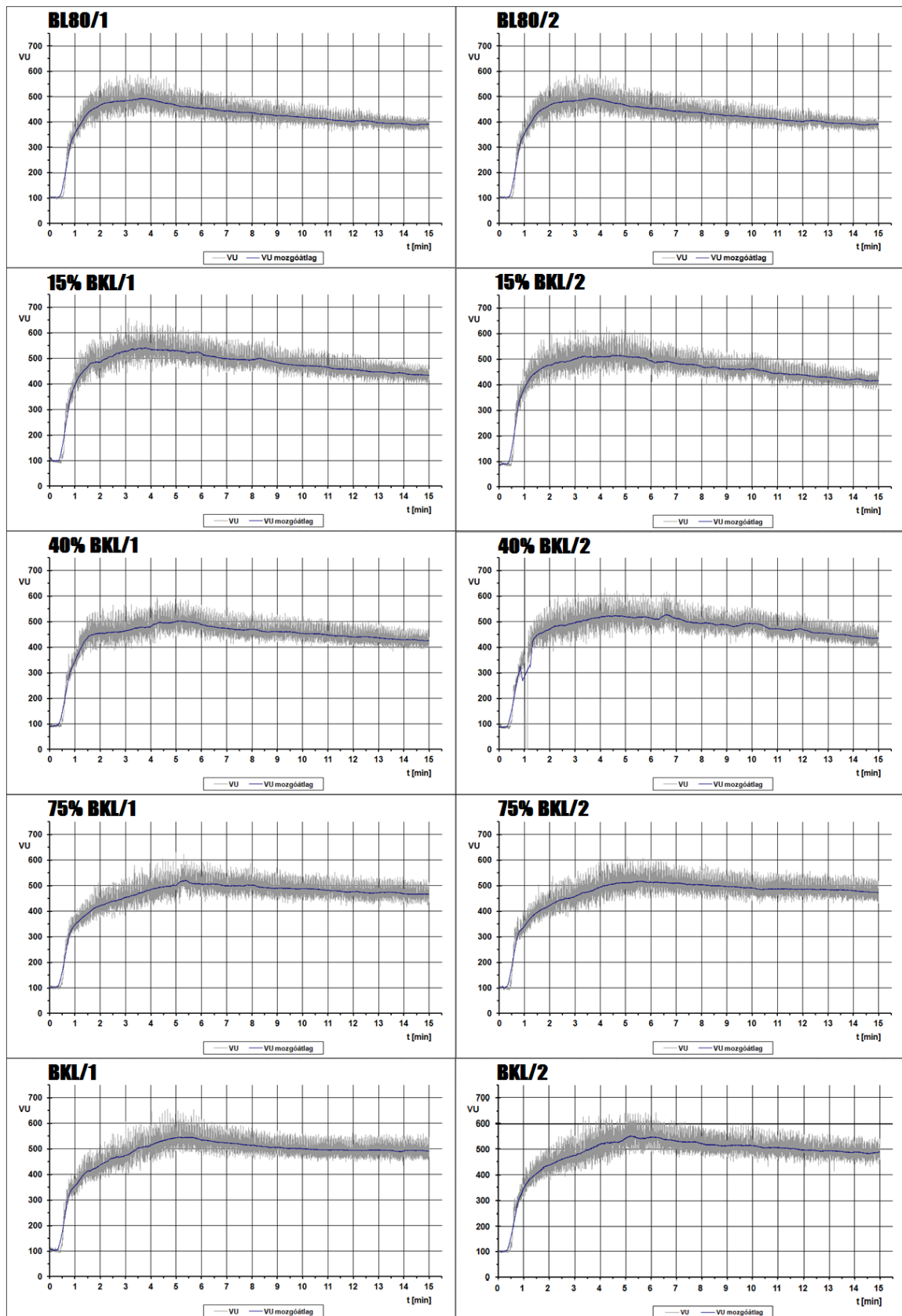
Minta típusa	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X _{ÁTLAG}
BL80	3,20	3,20	3,10	3,20	3,18
15% BKL	2,88	2,65	2,71	2,55	2,70
40% BKL	1,90	1,96	1,90	1,96	1,93
75% BKL	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18
BKL	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18
15% BLTK	2,52	2,45	2,45	2,36	2,45
40% BLTK	1,51	1,44	1,44	1,51	1,48
75% BLTK	1,28	1,48	1,41	1,31	1,37
BLTK	2,13	2,13	2,00	2,13	2,10
15% RL90	2,94	2,94	2,84	2,88	2,89
40% RL90	2,62	2,62	2,58	2,58	2,60
75% RL90	2,06	2,03	2,00	2,03	2,03
RL90	1,70	1,67	1,67	1,67	1,68
15% RL190	2,81	2,81	2,81	2,65	2,77
40% RL190	2,13	2,19	2,23	2,16	2,18
75% RL190	1,96	1,93	1,80	1,77	1,87
RL190	2,09	2,06	2,09	1,96	2,05
15% Zab	2,52	2,52	2,42	2,42	2,47
40% Zab	1,96	2,00	1,90	1,90	1,94
75% Zab	1,44	1,48	1,38	1,44	1,44
Zab	1,25	1,18	1,18	1,18	1,20

3. Melléklet

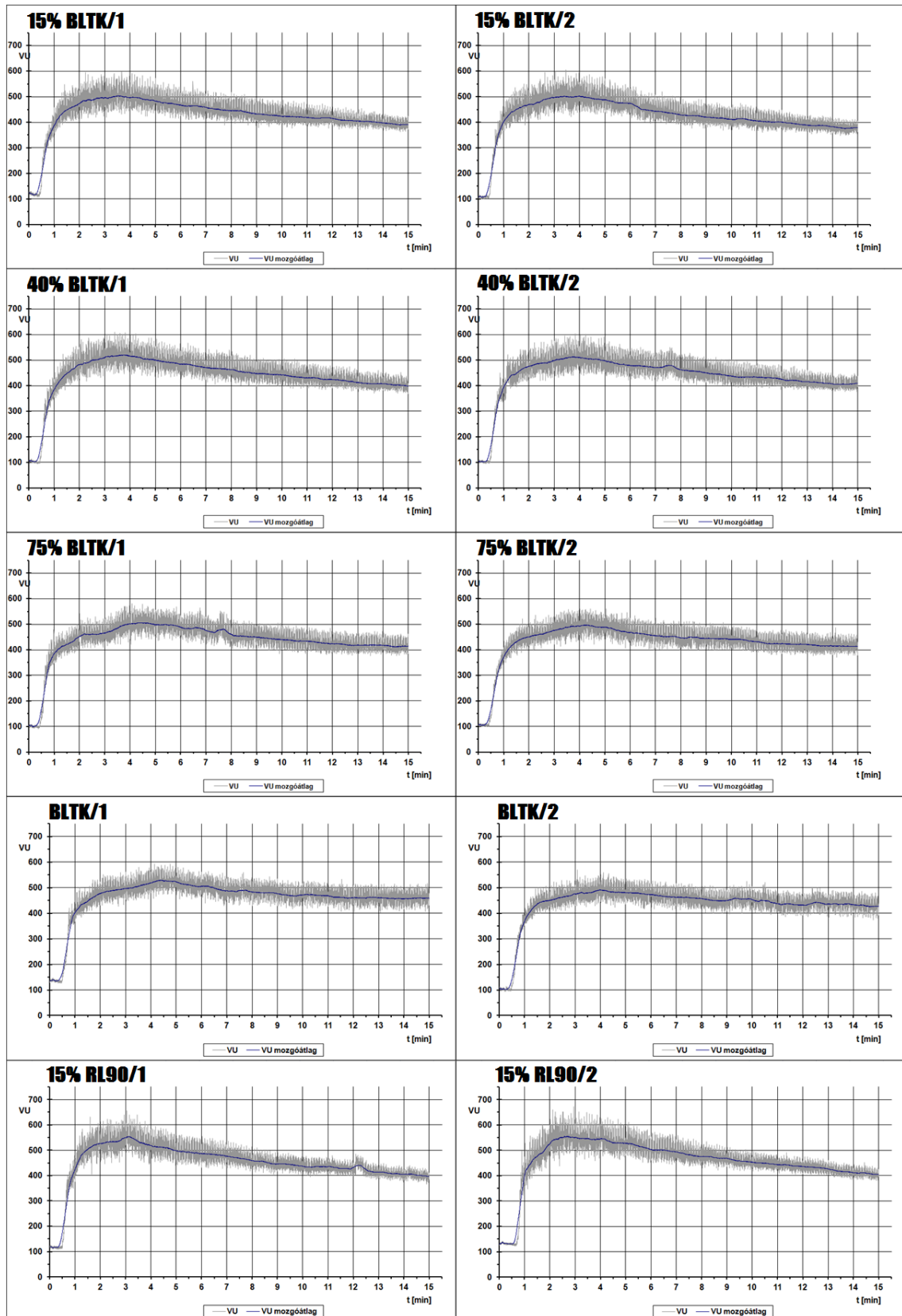
7.3. táblázat: Lisztek mikrovalorigráffal mért paramétere

Minta típusa	Vízabszorpció [%]	Nedvességtartalom [%]	VU_{max}	DDT [min]	DDT _{kor} [min]	Ellágyulás [VU]	Start letörés [min]	Stabilitás [min]
BL80	56,5	14,74	493	3,13	2,6	99	4,2	6,1
15% BKL	57,5	13,93	529	4,14	3,6	103	5,2	8,7
40% BKL	59,5	13,24	516	5,87	5,4	85	6,5	10,2
75% BKL	62,0	12,48	519	5,49	5,0	50	7,3	12,5
BKL	64,0	11,27	539	5,58	5,1	43	6,3	12,3
15% BLTK	58,0	13,84	503	3,75	3,2	119	4,8	6,8
60% BLTK	58,5	13,42	517	3,77	3,3	114	4,6	7,3
75% BLTK	62,0	12,75	501	4,32	3,8	88	5,4	7,4
BLTK	59,0	11,02	511	4,22	3,7	67	5,6	8,8
15% RL90	55,5	13,8	555	2,91	2,4	154	3,4	4,3
40% RL90	56,5	13,65	514	2,45	2,0	144	2,9	4,3
75% RL90	58,0	13,12	531	1,42	0,9	164	2,0	2,1
RL90	61,0	13,93	523	1,22	0,7	182	1,4	0,8
15% RL190	57,0	13,53	524	4,24	3,7	121	6,2	6,9
40% RL190	57,5	13,13	515	4,49	4,0	117	5,1	7,0
75% RL190	59,0	12,39	499	1,41	0,9	124	2,0	5,8
RL190	64,0	13,34	528	1,38	0,9	144	2,6	2,4
15% Zab	58,5	13,4	493	3,88	3,4	92	4,8	8,0
40% Zab	58,0	12,94	492	5,37	4,9	105	6,2	8,3
75% Zab	57,0	13,32	524	5,24	4,7	118	6,2	8,6
Zab	59,5	12,03	483	4,68	4,2	76	6,0	8,7

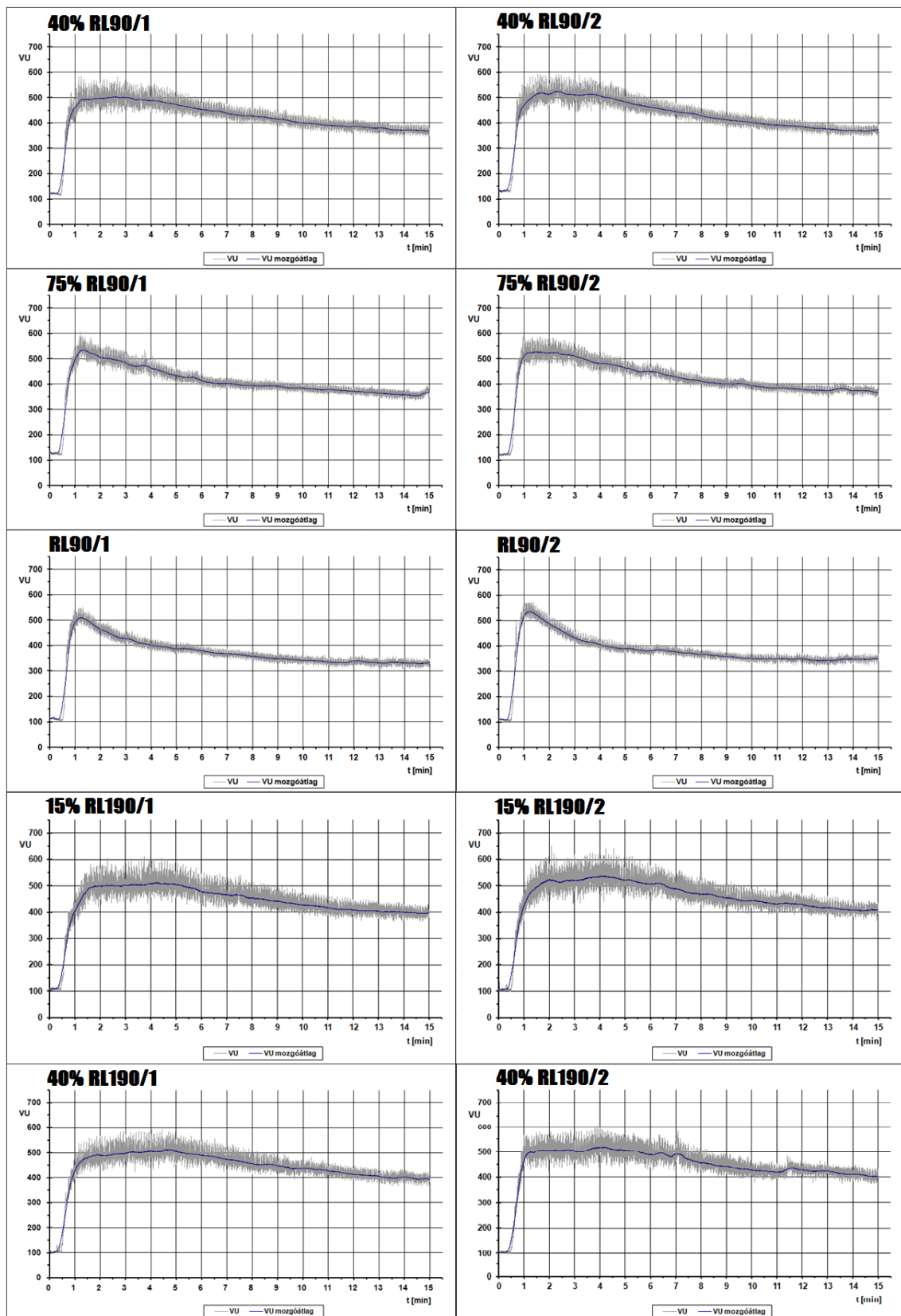
4. Melléklet



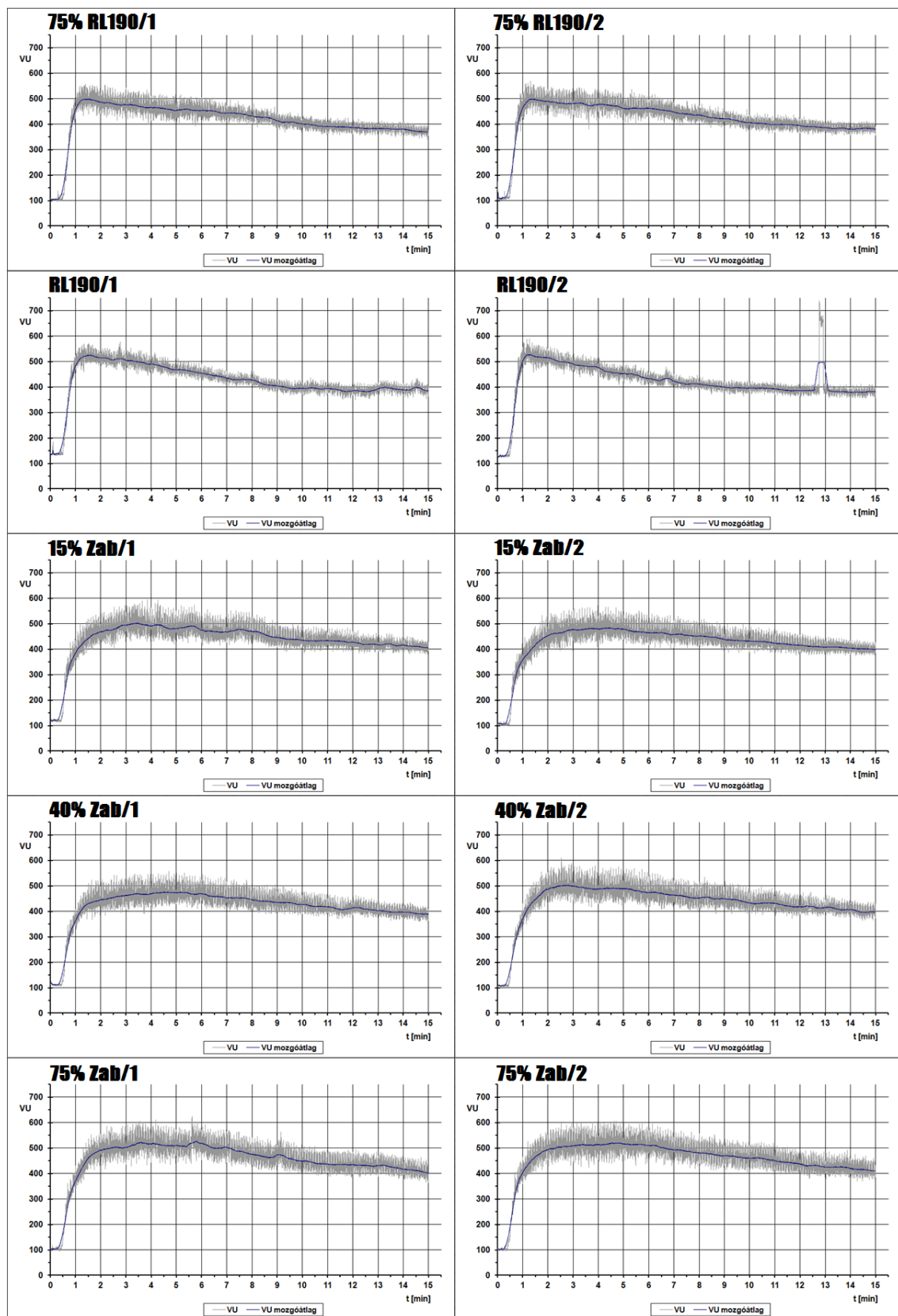
7.1. ábra: Valorigramok/1



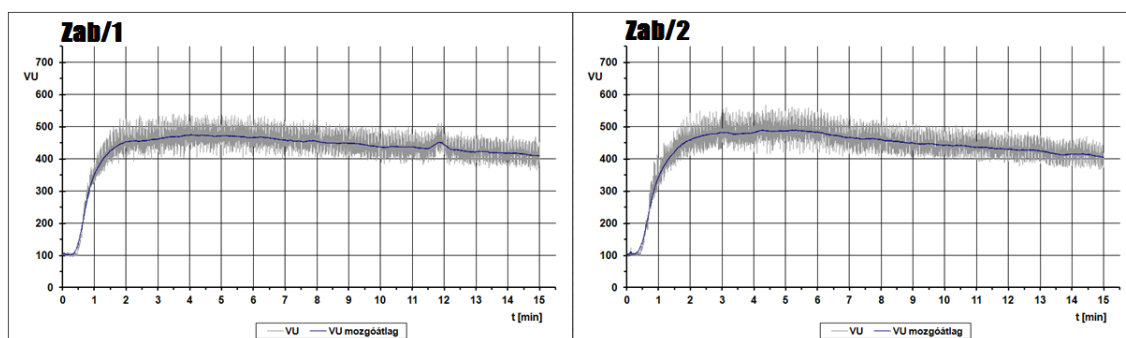
7.2. ábra: Valorigramok/2



7.3. ábra: Valorigramok/3



7.4. ábra: Valorigramok/4



7.5. ábra: Valorigramok/5

5. Melléklet

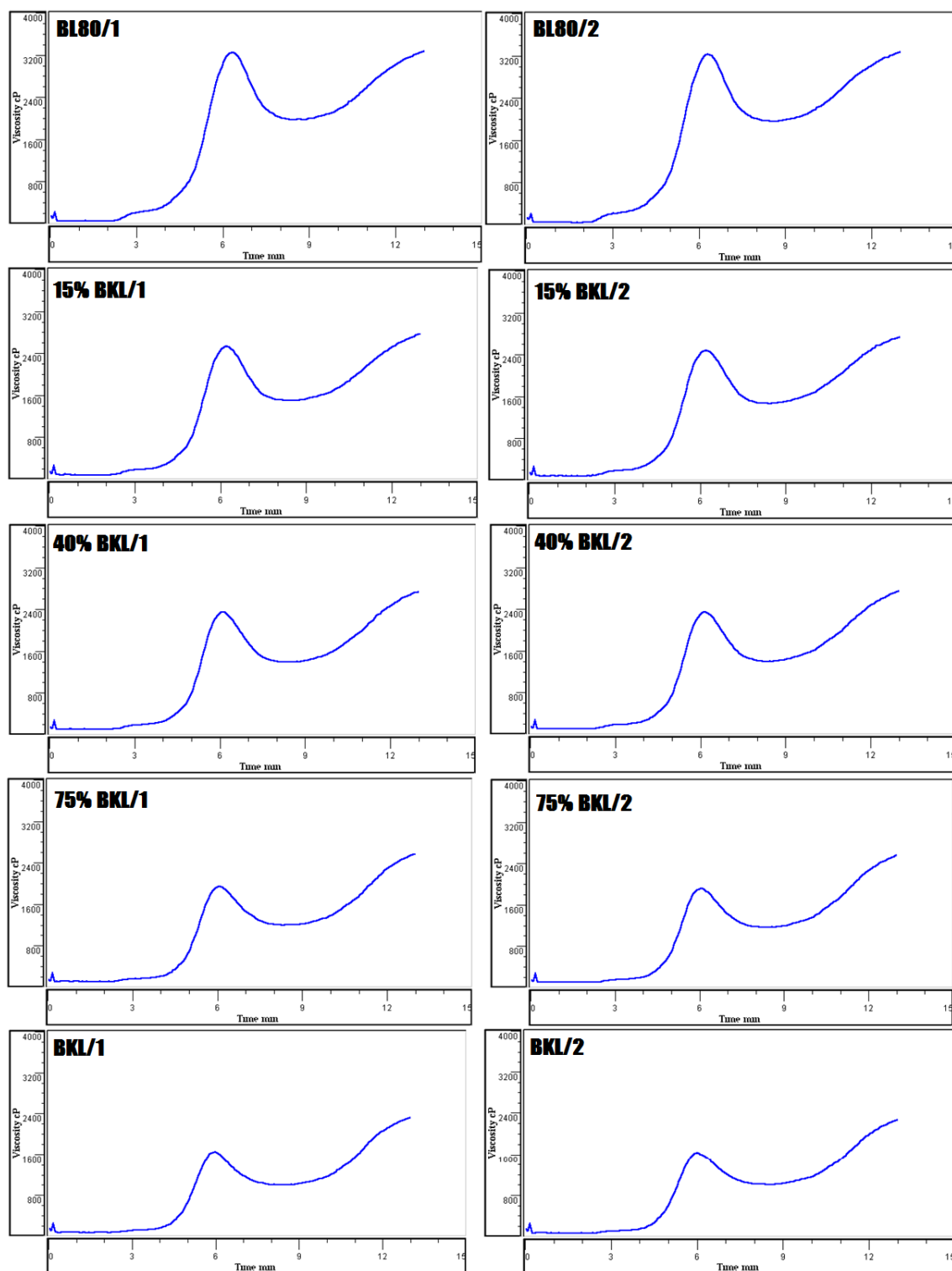
7.4. táblázat: Lisztek RVA-val mért paramétereit/1

Minta típusa	Csúcs-viszk. (cP)	Forró tészta viszk. (cP)	Visszaesés (cP)	Végső viszk. (cP)	Dermedés (cP)	Csirizedési idő (min)	Csirizedési hőmérséklet (°C)
BL80	3223,0	1948,0	1275,0	3263,0	1315,0	6,33	67,65
	3230,0	2036,0	1194,0	3347,0	1311,0	6,40	67,80
15% BKL	2475,0	1456,0	1019,0	2729,0	1273,0	6,20	64,60
	2519,0	1488,0	1031,0	2753,0	1265,0	6,27	68,60
40% BKL	2519,0	1388,0	951,0	2732,0	1344,0	6,20	87,90
	2519,0	1377,0	961,0	2730,0	1353,0	6,13	85,55
75% BKL	2519,0	1377,0	961,0	2730,0	1353,0	6,13	85,55
	2519,0	1156,0	752,0	2545,0	1389,0	6,07	88,05
BKL	2519,0	997,0	627,0	2260,0	1263,0	6,07	89,65
	2519,0	990,0	645,0	2312,0	1322,0	6,00	87,15
15% BLTK	2519,0	2375,0	1396,0	3933,0	1558,0	6,47	66,95
	2519,0	2293,0	1491,0	3867,0	1574,0	6,40	66,20
40% BLTK	2519,0	2008,0	1458,0	3608,0	1600,0	6,27	66,15
	2519,0	2058,0	1392,0	3631,0	1573,0	6,27	67,00
75% BLTK	2519,0	1142,0	949,0	2307,0	1165,0	5,93	66,10
	2519,0	1139,0	938,0	2341,0	1202,0	5,87	83,95
BLTK	2519,0	955,0	772,0	2040,0	1085,0	5,73	85,45
	2519,0	945,0	804,0	2049,0	1104,0	5,80	85,55
15% RL90	2519,0	405,0	815,0	958,0	553,0	5,47	68,65
	2519,0	363,0	834,0	893,0	530,0	5,33	68,60
40% RL90	2519,0	110,0	547,0	284,0	174,0	4,87	68,65
	2519,0	117,0	553,0	272,0	155,0	4,80	68,55
75% RL90	2519,0	67,0	412,0	134,0	67,0	4,07	68,70
	2519,0	59,0	411,0	132,0	73,0	4,13	68,70
RL90	2519,0	66,0	563,0	118,0	52,0	3,53	66,85
	2519,0	59,0	523,0	111,0	52,0	3,73	68,60
15% RL190	2519,0	370,0	553,0	999,0	629,0	5,40	86,45
	2519,0	367,0	568,0	991,0	624,0	5,47	68,60
40% RL190	2519,0	100,0	377,0	335,0	235,0	5,13	82,25
	2519,0	109,0	399,0	309,0	200,0	5,00	70,95
75% RL190	2519,0	78,0	218,0	157,0	79,0	4,60	73,35
	2519,0	69,0	223,0	140,0	71,0	4,60	68,55
RL190	2519,0	108,0	393,0	193,0	85,0	4,00	67,00
	2519,0	81,0	412,0	165,0	84,0	3,80	67,90

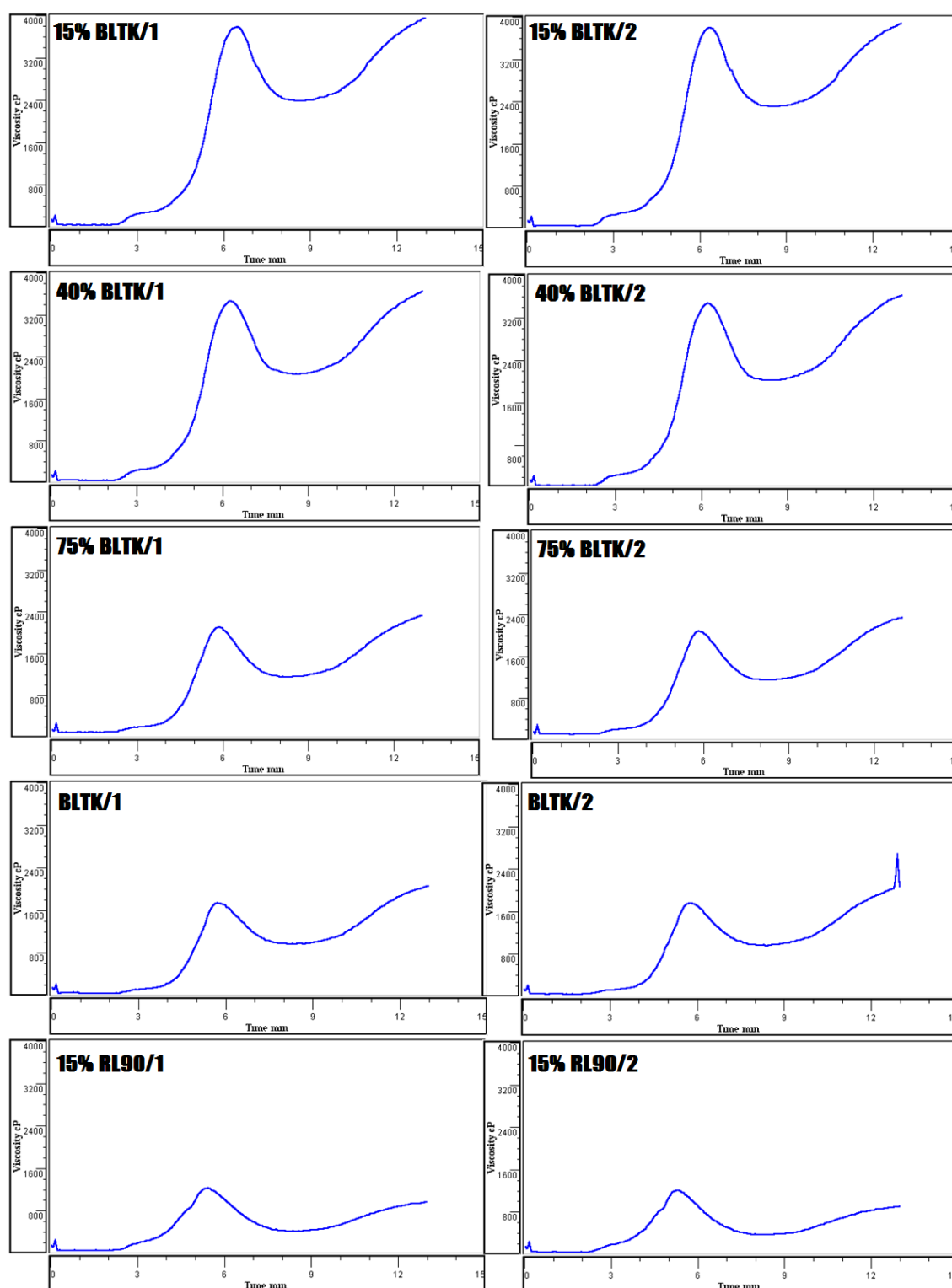
7.5. táblázat: Lisztek RVA-val mért paramétereit/2

Minta típusa	Csúcs-viszk. (cP)	Forró tészta viszk. (cP)	Visszaesés (cP)	Végso viszk. (cP)	Dermedés (cP)	Csirizesedési idő (min)	Csirizesedési hőmérséklet (°C)
15% Zab	2519,0	1416,0	1121,0	3046,0	1630,0	6,20	68,55
	2519,0	1498,0	1080,0	3107,0	1609,0	6,33	67,75
40% Zab	2519,0	1175,0	1026,0	2938,0	1763,0	6,07	87,20
	2519,0	1172,0	1024,0	2952,0	1780,0	6,07	85,50
75% Zab	2519,0	1081,0	920,0	2902,0	1821,0	6,00	85,45
	2519,0	1118,0	987,0	2976,0	1858,0	6,00	70,20
Zab	2519,0	848,0	877,0	2418,0	1570,0	5,80	86,45
	2519,0	846,0	876,0	2420,0	1571,0	5,80	83,71

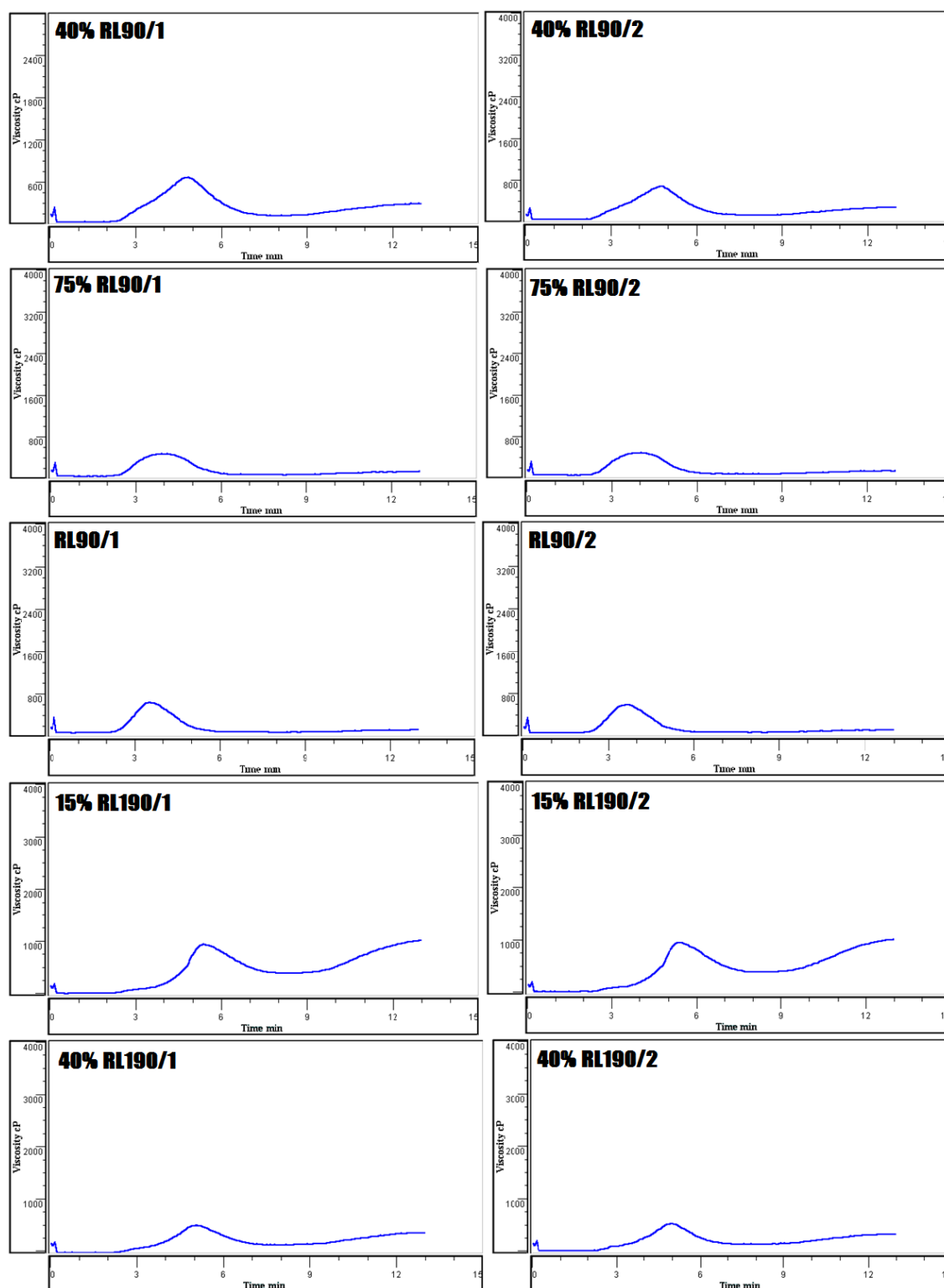
6. Melléklet



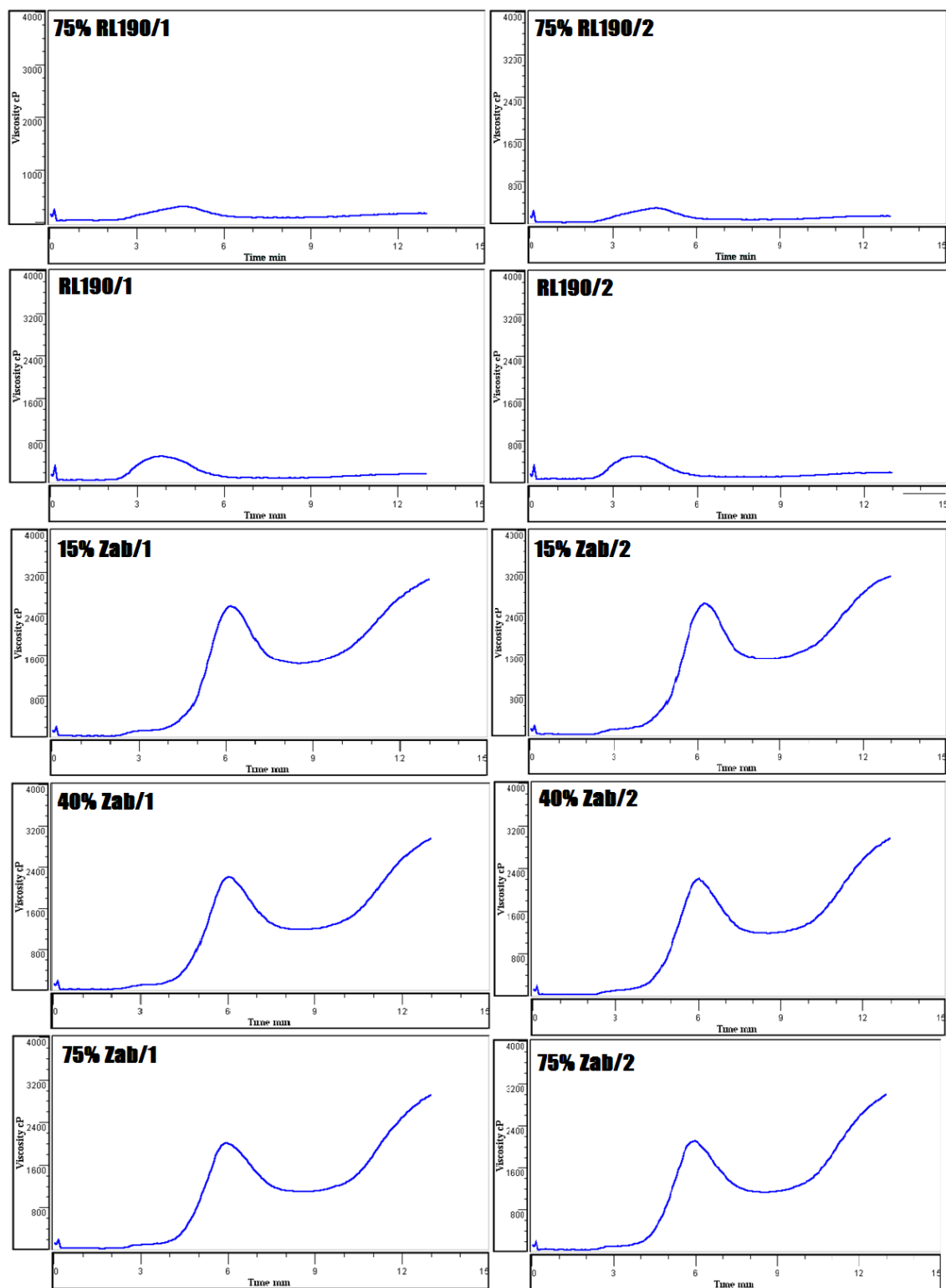
7.6. ábra: Lisztek RVA görbéi/1



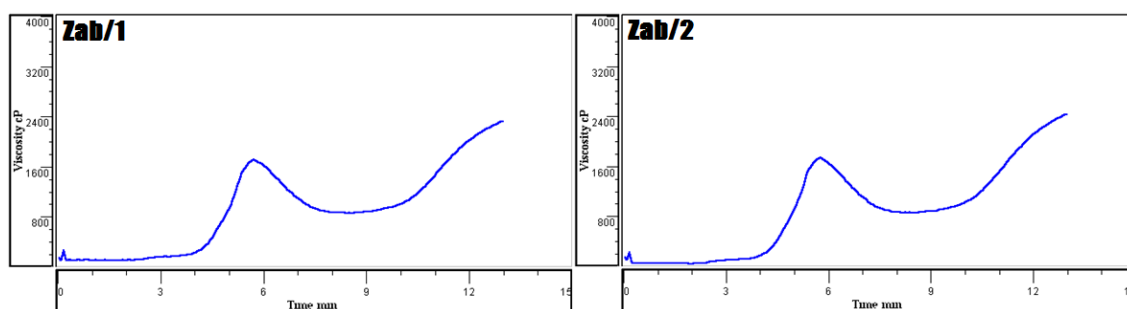
7.7. ábra: Lisztek RVA görbéi/2



7.8. ábra: Lisztek RVA görbái/3



7.9. ábra: Lisztek RVA görbéi/4



7.10. ábra: Lisztek RVA görbéi/5

7. Melléklet

7.6. táblázat: Lisztek esésszám adatai [s]

Minta típusa	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X _{ÁTLAG}
BL80	504	527	496	539	517
15% BKL	485	477	494	483	485
40% BKL	473	462	493	480	477
75% BKL	489	483	496	502	493
BKL	466	480	493	487	482
15% BLTK	500	501	519	489	502
40% BLTK	436	489	441	427	448
75% BLTK	401	389	398	418	402
BLTK	394	395	395	395	395
15% RL90	252	243	259	253	252
40% RL90	174	171	176	175	174
75% RL90	124	113	120	116	118
RL90	106	93	103	105	102
15% RL190	302	282	289	292	291
40% RL190	212	209	216	216	213
75% RL190	151	139	152	149	148
RL190	131	131	127	130	130
15% Zab	429	401	431	454	429
40% Zab	354	364	352	378	362
75% Zab	311	309	314	316	313
Zab	286	276	296	276	284

8. Melléklet

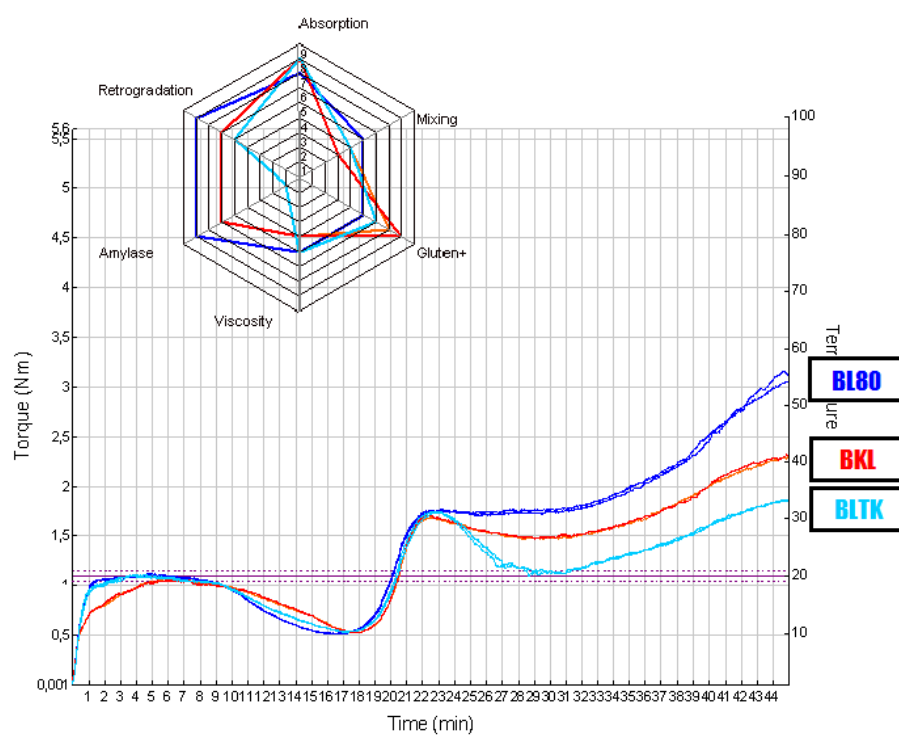
7.7. táblázat: Lisztek Mixolabbal mért paramétereit/1

Típus	Víz abszorpció (%)	C1				C2				C3				C4				C5				a (Nm/min)	β (Nm/min)	g (Nm/min)
		Idő (min)	Forgatónyomaték (Nm)	Tészta hőmérséklet (°C)	Stabilitás (min)	Idő (min)	Forgatónyomaték (Nm)	Tészta hőmérséklet (°C)		Idő (min)	Forgatónyomaték (Nm)	Tészta hőmérséklet (°C)		Idő (min)	Forgatónyomaték (Nm)	Tészta hőmérséklet (°C)		Idő (min)	Forgatónyomaték (Nm)	Tészta hőmérséklet (°C)				
BL80	61	3,60	1,12	31,3	6,87	17,23	0,46	56,2		23,52	1,67	81,6		30,17	1,43	89,0		45,05	2,32	58,5		-0,09	0,50	-0,05
		3,53	1,11	32,5	7,07	16,75	0,47	55,8		22,88	1,67	80,1		28,22	1,50	87,9		45,03	2,30	59,1		-0,05	0,36	-0,06
15% BKL	60,5	4,80	1,11	32,1	9,00	17,75	0,50	55,8		23,58	1,72	78,5		28,72	1,58	87,0		45,02	2,74	58,0		-0,12	0,54	-0,03
		3,75	1,11	32,3	8,97	17,02	0,51	55,0		22,98	1,72	77,7		26,30	1,65	84,7		45,02	2,69	59,9		-0,11	0,41	-0,06
40% BKL	62,5	4,60	1,11	32,2	9,33	17,42	0,51	56,3		22,97	1,71	77,1		29,72	1,58	88,3		45,03	2,70	58,5		-0,09	0,48	-0,02
		4,85	1,10	33,0	9,03	17,72	0,51	57,5		22,72	1,73	76,7		29,85	1,61	88,7		45,02	2,69	59,8		-0,08	0,54	-0,02
75% BKL	64	5,35	1,13	32,4	8,68	17,69	0,53	58,2		22,47	1,72	76,6		29,32	1,49	88,5		45,03	2,52	56,7		-0,05	0,44	-0,05
		4,82	1,12	32,7	8,53	17,78	0,53	59,2		22,42	1,72	76,9		30,08	1,48	89,2		45,02	2,47	57,2		-0,04	0,49	-0,01
BKL	65	5,18	1,11	32,2	8,38	17,92	0,51	58,9		22,47	1,66	76,3		29,98	1,37	88,6		45,05	2,10	58,6		-0,07	0,53	-0,04
		4,80	1,12	32,8	8,15	17,97	0,52	60,1		22,65	1,66	77,9		30,77	1,42	88,6		45,02	2,20	58,8		-0,03	0,52	-0,05
15% BLTK	60,3	4,00	1,13	32,2	8,05	16,35	0,48	53,8		23,30	1,73	80,7		29,90	1,56	89,1		45,02	2,64	56,7		0,00	0,41	-0,04
		4,07	1,11	33,1	7,80	16,62	0,49	55,3		23,17	1,74	80,6		29,57	1,58	89,2		45,02	2,51	58,9		-0,05	0,41	0,00
40% BLTK	62,5	4,13	1,12	31,7	8,28	16,30	0,51	53,5		23,07	1,75	79,5		29,80	1,43	89,0		45,05	2,40	56,3		-0,08	0,35	-0,05
		4,78	1,11	32,7	8,28	16,43	0,51	54,5		22,95	1,77	79,8		30,47	1,49	89,6		45,02	2,42	57,0		-0,07	0,36	-0,03
75% BLTK	64,5	4,42	1,12	31,0	8,67	17,22	0,53	57,0		22,93	1,79	79,5		29,23	1,26	88,8		45,02	2,08	58,4		-0,11	0,43	-0,12
		4,33	1,13	32,8	8,45	17,03	0,54	56,8		23,08	1,80	80,2		30,33	1,31	89,5		45,03	2,17	56,2		-0,08	0,47	-0,08
BLTK	63,5	4,50	1,12	32,3	9,07	17,08	0,54	56,9		22,87	1,75	79,0		27,13	1,19	87,0		45,03	1,87	58,2		-0,01	0,43	-0,19
		4,50	1,12	32,3	9,07	17,08	0,54	56,9		22,87	1,75	79,0		27,13	1,19	87,0		45,03	1,87	58,2		-0,01	0,43	-0,19
15% RL90	58,5	3,22	1,11	32,5	6,05	16,63	0,46	55,2		23,05	1,55	79,6		32,98	0,87	85,1		45,03	1,34	57,4		-0,05	0,37	-0,10
		3,37	1,13	31,6	6,17	16,58	0,45	54,4		23,08	1,53	78,9		33,13	0,86	84,2		45,05	1,38	57,2		-0,06	0,32	-0,08
40% RL90	59	3,22	1,13	31,5	4,40	16,47	0,43	54,0		23,03	1,46	79,0		34,02	0,55	81,9		45,05	0,82	56,2		-0,05	0,31	-0,10
		3,32	1,11	32,1	4,53	16,42	0,42	55,1		23,20	1,47	80,8		34,72	0,56	80,0		45,03	0,82	57,1		-0,04	0,30	-0,08

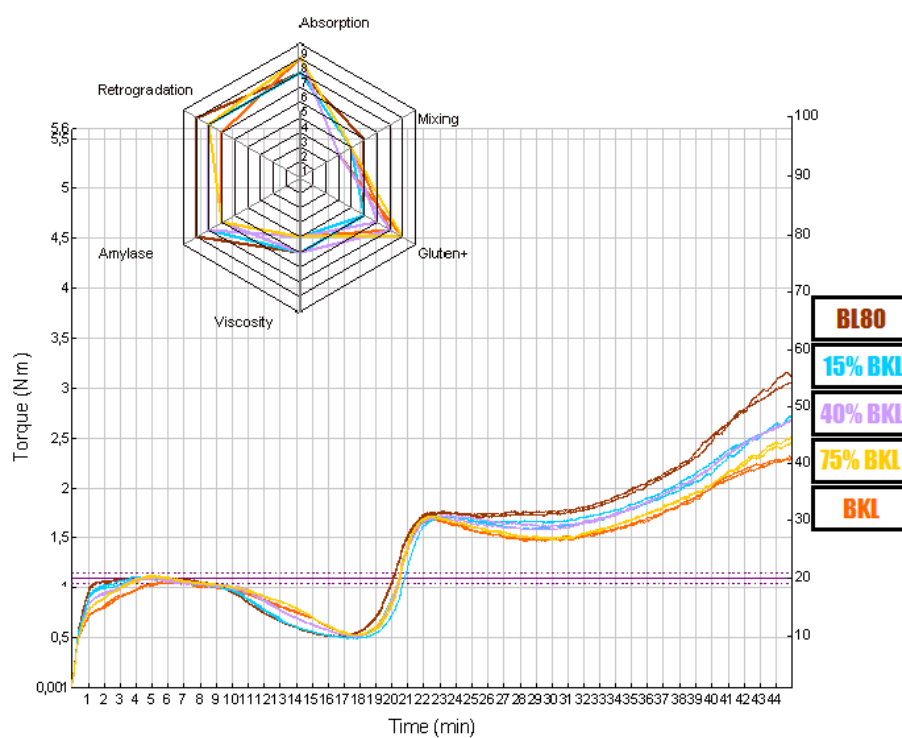
7.8. táblázat: Lisztek mixolabbal mért paramétereit/2

Típus		Víz abszorpció (%)				C1				C2				C3				C4				C5				a (Nm/min) β (Nm/min) g (Nm/min)		
						Idő (min)		Forgatónyomaték (Nm)		Tészta hőmérséklet (°C)		Stabilitás (min)		Idő (min)		Forgatónyomaték (Nm)		Tészta hőmérséklet (°C)		Idő (min)		Forgatónyomaték (Nm)		Tészta hőmérséklet (°C)				
75% RL90	61,0	0,92	1,07	31,4	2,32	17,17	0,41	56,9	22,90	1,34	79,4	34,92	0,33	79,0	45,03	0,46	56,2	-0,05	0,30	-0,07								
		0,85	1,12	31,1	2,23	16,30	0,41	54,5	22,87	1,35	79,0	35,75	0,34	77,3	45,02	0,51	53,8	-0,04	0,18	-0,07								
RL90	63,0	0,68	1,10	31,2	0,98	17,07	0,42	56,5	22,92	1,37	79,3	34,70	0,27	79,7	45,05	0,42	53,3	-0,04	0,24	-0,07								
		0,83	1,10	31,2	1,03	17,02	0,43	57,2	22,88	1,40	79,7	35,30	0,27	78,5	45,03	0,40	56,0	-0,04	0,25	-0,06								
15% RL190	60,0	4,75	1,07	33,3	7,42	17,03	0,44	56,8	23,55	1,66	81,3	32,85	1,12	85,5	45,03	1,65	57,8	-0,08	0,41	-0,05								
		4,38	1,10	31,8	7,68	16,77	0,45	55,3	23,13	1,65	79,7	33,35	1,11	84,1	45,05	1,65	57,3	-0,06	0,34	-0,06								
40% RL190	60,5	4,17	1,13	32,3	5,43	16,65	0,44	55,3	23,23	1,61	80,3	34,67	0,77	80,5	45,03	1,09	56,6	-0,06	0,33	-0,09								
		4,03	1,13	32,4	5,32	16,38	0,44	55,1	23,30	1,61	80,7	33,98	0,75	82,5	45,03	1,06	56,7	-0,05	0,26	-0,10								
75% RL190	62,5	0,98	1,11	30,9	3,72	17,30	0,44	56,7	23,02	1,52	78,5	35,22	0,46	78,4	45,05	0,66	56,0	-0,05	0,26	-0,08								
		0,93	1,10	32,2	3,57	17,18	0,45	57,9	23,07	1,54	79,8	34,30	0,47	81,2	45,03	0,65	56,5	-0,04	0,34	-0,09								
RL190	65,0	0,93	1,11	31,7	2,57	16,78	0,48	55,7	22,53	1,43	77,2	34,08	0,32	82,3	45,03	0,52	53,9	-0,05	0,22	-0,09								
		0,83	1,12	32,0	2,20	17,23	0,48	57,6	22,40	1,45	78,0	33,33	0,32	83,7	45,02	0,50	56,0	-0,05	0,23	-0,08								
15% Zab	59,0	3,53	1,12	31,7	8,00	16,75	0,45	54,7	23,27	1,73	80,7	29,65	1,61	89,0	45,05	2,65	58,0	-0,12	0,50	0,01								
		4,37	1,16	32,5	8,03	16,55	0,48	55,4	25,25	1,77	84,7	30,37	1,69	89,8	45,03	2,76	58,3	-0,02	0,39	-0,01								
40% Zab	58,5	6,25	1,11	32,1	9,13	17,13	0,45	55,7	23,63	2,00	80,6	30,67	1,79	89,0	45,03	2,62	60,0	-0,10	0,61	-0,04								
		2,32	1,10	31,9	9,02	16,83	0,45	55,8	23,58	2,00	81,5	30,85	1,79	88,9	45,02	2,75	57,0	-0,05	0,58	-0,01								
75% Zab	59,5	1,69	1,12	30,8	9,22	17,30	0,44	57,3	23,03	2,16	79,8	30,92	1,78	88,5	45,03	2,43	57,7	-0,05	0,49	-0,05								
		1,62	1,11	31,9	9,22	16,98	0,44	57,0	23,12	2,16	80,5	30,57	1,80	89,8	45,03	2,40	59,0	-0,11	0,41	-0,03								
Zab	57,5	1,88	1,10	31,8	9,20	17,32	0,43	58,7	22,93	2,14	79,4	31,57	1,68	88,5	45,03	2,22	58,0	-0,10	0,46	-0,09								
		2,13	1,10	32,4	9,02	17,32	0,42	58,5	22,93	2,15	80,1	31,80	1,69	88,3	45,03	2,19	58,7	-0,10	0,48	-0,07								

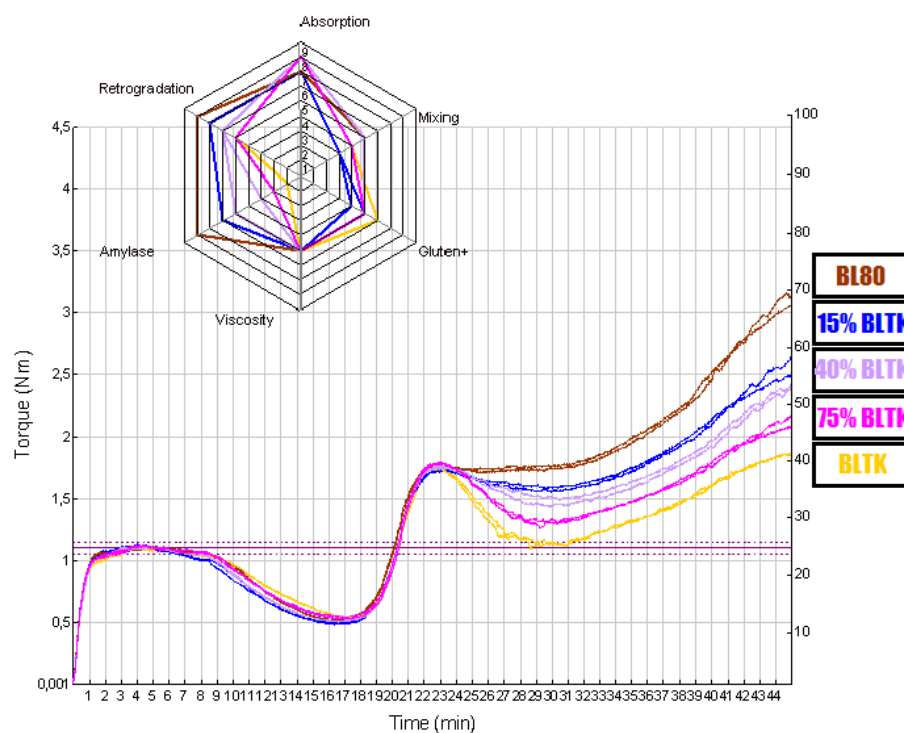
9. Melléklet



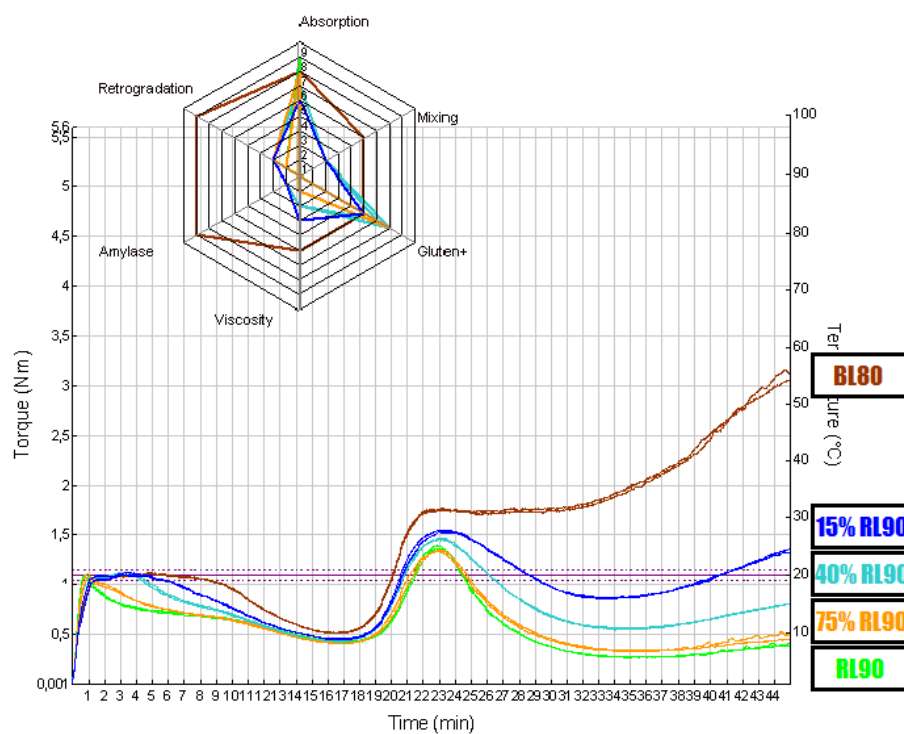
7.11. ábra: A búzalisztek Mixolabos görbéi



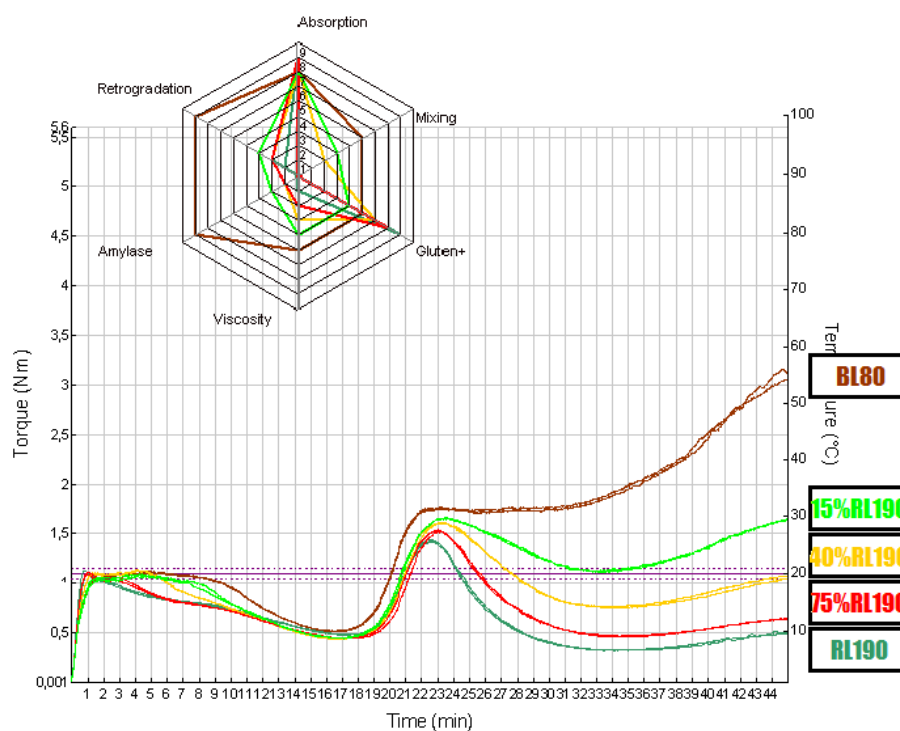
7.12. ábra: A BL80-BKL keverék lisztek Mixolabos görbéi



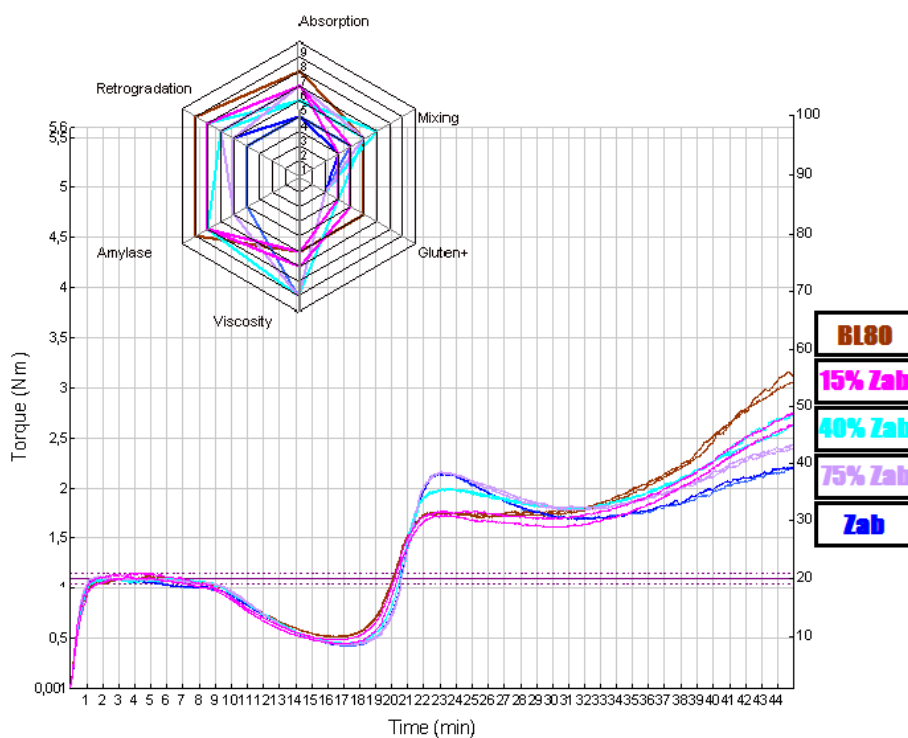
7.13. ábra: A BL80-BLTK keverék lisztek Mixolabos görbéi



7.14. ábra: A BL80-RL90 keverék lisztek Mixolabos görbéi



7.15. ábra: A BL80-RL190 keverék lisztek Mixolabos görbéi



7.16. ábra: A BL80-Zab keverék lisztek Mixolabos görbéi

10. Melléklet

7.9. táblázat: A próbacipók mérési eredményei

Minta típusa	Tömeg (g)	Átlag tömeg (g)	Térfogat (cm ³)			Átlag térfogat (cm ³)	Magasság (cm)	Átlag magasság (cm)	Relatív térfogat (ml/g)	Relatív térfogat (ml/1000g)
BL80	358,56	354,86	840	840	850	826,67	8,8	8,5	2,3	2329,58
	353,9		840	870	850		8,6			
	352,11		770	790	790		8,0			
BKL	369,76	369,59	800	760	770	844,44	8,2	9,2	2,3	2284,83
	370,28		870	810	860		9,5			
	368,72		930	880	920		9,8			
BLTK	368,9	367,93	550	500	530	505,56	7,2	7,0	1,4	1374,07
	368,28		480	530	500		6,9			
	366,6		480	480	500		6,9			
RL90	362,2	362,05	410	440	400	405,56	6,2	6,1	1,1	1120,16
	363,15		410	420	410		6,0			
	360,8		370	400	390		6,1			
RL190	362,61	362,52	595	579	610	591,56	6,1	6,1	1,6	1631,79
	362,33		600	590	590		6,0			
	362,62		600	580	580		6,2			
Zab	358,03	358,23	690	700	710	684,44	7,7	7,6	1,9	1910,63
	357,87		750	680	680		7,6			
	358,79		670	640	640		7,5			

11. Melléklet



7.17. ábra: A BL80 típusú lisztből készült próbacipók



7.18. ábra: A BKL típusú lisztből készült próbacipók



7.19. ábra: A BLTK típusú lisztből készült próbacipók



7.20. ábra: Az RL90 típusú lisztből készült próbacipók



7.21. ábra: Az RL190 típusú lisztből készült próbacipók



7.22. ábra: A Zablisztből készült próbacipók

12. Melléklet

7.10. táblázat: Korrelációs mátrix/1 (a pirossal jelölt számok szignifikáns korrelációt mutatnak)

			BELTARTALOM						VÉGTERMÉK	
	Átlag	Szórás	Fehérje [%]	Nyersrost [%]	Összes diétás rost [%]	Oldható diétás rost [%]	Nyerszsír [%]	Hamu [%]	Relatív térfogat [ml/1000g]	Magasság [cm]
Fehérje tartalom [%]	13,38	4,36	1,00	0,47	0,21	-0,67	0,67	0,72	0,89	0,73
Nyersrost tartalom [%]	1,75	1,21	0,47	1,00	0,89	-0,24	0,69	0,95	0,10	-0,15
Összes diétás rost [%]	7,86	2,97	0,21	0,89	1,00	0,21	0,38	0,80	-0,24	-0,50
Oldható diétás rost [%]	1,46	0,94	-0,67	-0,24	0,21	1,00	-0,72	-0,37	-0,83	-0,82
Nyerszsír tartalom [%]	1,69	0,53	0,67	0,69	0,38	-0,72	1,00	0,77	0,54	0,43
Hamu tartalom [%]	1,19	0,48	0,72	0,95	0,80	-0,37	0,77	1,00	0,37	0,11
Zeleny index [ml]	1,87	0,83	-0,29	-0,43	-0,60	-0,25	-0,41	-0,51	0,05	0,18
AW [%]	60,00	2,76	0,55	0,48	0,63	0,23	0,23	0,62	0,18	-0,04
DDT [min]	3,77	1,68	0,83	0,63	0,30	-0,79	0,97	0,77	0,72	0,60
Ellágyulás [VU]	93,63	53,52	-0,81	-0,63	-0,25	0,88	-0,94	-0,75	-0,74	-0,63
Stabilitás [min]	7,34	4,27	0,87	0,66	0,31	-0,81	0,94	0,81	0,76	0,62
AW [%]	62,00	2,89	0,38	0,50	0,57	0,14	-0,10	0,52	0,10	-0,14
DDT [min]	3,36	1,88	0,73	0,39	0,00	-0,85	0,51	0,50	0,79	0,68
Stabilitás [min]	7,29	3,53	0,54	0,35	-0,09	-0,96	0,82	0,42	0,67	0,66
Ellágyulás [Nm]	0,62	0,05	-0,50	-0,58	-0,27	0,62	-0,39	-0,57	-0,46	-0,30
C3 [Nm]	1,74	0,27	0,16	0,06	-0,22	-0,63	0,70	0,09	0,31	0,43
C34 [Nm]	0,49	0,41	-0,64	0,04	0,46	0,94	-0,49	-0,14	-0,90	-0,94
C5	1,95	0,98	0,49	-0,07	-0,51	-0,95	0,50	0,06	0,78	0,86
C54	1,11	1,05	0,74	0,38	-0,04	-0,95	0,89	0,53	0,81	0,77
Csúcs viszkozitás [cP]	1784,90	935,30	0,26	-0,27	-0,66	-0,81	0,20	-0,19	0,62	0,74
Visszaesés	815,70	267,66	-0,03	-0,45	-0,78	-0,66	0,06	-0,43	0,39	0,58
Végző viszkozitás (cP)	2033,60	1173,78	0,50	-0,01	-0,45	-0,97	0,56	0,11	0,77	0,84
ESÉSSZÁM	355,70	168,13	0,71	0,23	-0,20	-0,93	0,52	0,37	0,86	0,81
Relatív térfogat [ml/1000g]	7,67	1,20	0,89	0,10	-0,24	-0,83	0,54	0,37	1,00	0,96
Magasság [cm]	1804,00	541,35	0,73	-0,15	-0,50	-0,82	0,43	0,11	0,96	1,00

7.11. táblázat: : Korrelációs mátrix/2 (a pirossal jelölt számok szignifikáns korrelációt mutatnak)

	Zeleny index [ml]	REOLÓGIA															
		MIKROVALORIGRÁF				MIXOLAB								RVA			ESÉSSZÁM
		AW [%]	DDT [min]	Ellágyulás [VU]	Stabilitás [min]	AW [%]	DDT [min]	Stabilitás [min]	Ellágyulás [Nm]	C3 [Nm]	C34 [Nm]	C5 [Nm]	C54 [Nm]	Csúcs viszkozitás [cP]	Visszaesés	Végző viszkozitás (cP)	
Fehérje tartalom [%]	-0,29	0,55	0,83	-0,81	0,87	0,38	0,73	0,54	-0,50	0,16	-0,64	0,49	0,74	0,26	-0,03	0,50	0,71
Nyersrost tartalom [%]	-0,43	0,48	0,63	-0,63	0,66	0,50	0,39	0,35	-0,58	0,06	0,04	-0,07	0,38	-0,27	-0,45	-0,01	0,23
Összes diétás rost [%]	-0,60	0,63	0,30	-0,25	0,31	0,57	0,00	-0,09	-0,27	-0,22	0,46	-0,51	-0,04	-0,66	-0,78	-0,45	-0,20
Oldható diétás rost [%]	-0,25	0,23	-0,79	0,88	-0,81	0,14	-0,85	-0,96	0,62	-0,63	0,94	-0,95	-0,95	-0,81	-0,66	-0,97	-0,93
Nyerszsír tartalom [%]	-0,41	0,23	0,97	-0,94	0,94	-0,10	0,51	0,82	-0,39	0,70	-0,49	0,50	0,89	0,20	0,06	0,56	0,52
Hamu tartalom [%]	-0,51	0,62	0,77	-0,75	0,81	0,52	0,50	0,42	-0,57	0,09	-0,14	0,06	0,53	-0,19	-0,43	0,11	0,37
Zeleny index [ml]	1,00	-0,81	-0,38	0,18	-0,31	-0,02	0,38	0,17	-0,42	-0,14	-0,38	0,46	-0,07	0,73	0,77	0,41	0,41
AW [%]	-0,81	1,00	0,33	-0,17	0,33	0,54	-0,06	-0,28	0,09	-0,32	0,27	-0,45	-0,01	-0,66	-0,83	-0,43	-0,17
DDT [min]	-0,38	0,33	1,00	-0,97	0,99	0,00	0,63	0,81	-0,44	0,61	-0,62	0,57	0,93	0,28	0,08	0,62	0,64
Ellágyulás [VU]	0,18	-0,17	-0,97	1,00	-0,99	-0,05	-0,76	-0,89	0,61	-0,59	0,71	-0,68	-0,95	-0,43	-0,23	-0,73	-0,77
Stabilitás [min]	-0,31	0,33	0,99	-0,99	1,00	0,11	0,71	0,81	-0,55	0,52	-0,65	0,59	0,92	0,31	0,09	0,64	0,71
AW [%]	-0,02	0,54	0,00	-0,05	0,11	1,00	0,39	-0,26	-0,57	-0,77	0,15	-0,30	-0,20	-0,27	-0,50	-0,31	0,18
DDT [min]	0,38	-0,06	0,63	-0,76	0,71	0,39	1,00	0,74	-0,90	0,13	-0,82	0,75	0,72	0,69	0,45	0,76	0,97
Stabilitás [min]	0,17	-0,28	0,81	-0,89	0,81	-0,26	0,74	1,00	-0,57	0,76	-0,83	0,88	0,95	0,72	0,61	0,92	0,81
Ellágyulás [Nm]	-0,42	0,09	-0,44	0,61	-0,55	-0,57	-0,90	-0,57	1,00	0,08	0,52	-0,49	-0,47	-0,49	-0,26	-0,50	-0,79
C3 [Nm]	-0,14	-0,32	0,61	-0,59	0,52	-0,77	0,13	0,76	0,08	1,00	-0,50	0,61	0,74	0,42	0,49	0,65	0,29
C34 [Nm]	-0,38	0,27	-0,62	0,71	-0,65	0,15	-0,82	-0,83	0,52	-0,50	1,00	-0,97	-0,84	-0,89	-0,75	-0,97	-0,93
C5	0,46	-0,45	0,57	-0,68	0,59	-0,30	0,75	0,88	-0,49	0,61	-0,97	1,00	0,83	0,94	0,85	1,00	0,88
C54	-0,07	-0,01	0,93	-0,95	0,92	-0,20	0,72	0,95	-0,47	0,74	-0,84	0,83	1,00	0,60	0,44	0,86	0,80
Csúcs viszkozitás [cP]	0,73	-0,66	0,28	-0,43	0,31	-0,27	0,69	0,72	-0,49	0,42	-0,89	0,94	0,60	1,00	0,95	0,92	0,82
Visszaesés	0,77	-0,83	0,08	-0,23	0,09	-0,50	0,45	0,61	-0,26	0,49	-0,75	0,85	0,44	0,95	1,00	0,82	0,60
Végző viszkozitás (cP)	0,41	-0,43	0,62	-0,73	0,64	-0,31	0,76	0,92	-0,50	0,65	-0,97	1,00	0,86	0,92	0,82	1,00	0,88
ESÉSSZÁM	0,41	-0,17	0,64	-0,77	0,71	0,18	0,97	0,81	-0,79	0,29	-0,93	0,88	0,80	0,82	0,60	0,88	1,00
Relatív térfogat [ml/1000g]	0,05	0,18	0,72	-0,74	0,76	0,10	0,79	0,67	-0,46	0,31	-0,90	0,78	0,81	0,62	0,39	0,77	0,86
Magasság [cm]	0,18	-0,04	0,60	-0,63	0,62	-0,14	0,68	0,66	-0,30	0,43	-0,94	0,86	0,77	0,74	0,58	0,84	0,81