



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

**Új típusú funkcionális gabona órleményből készült
végtermék minősítése, a funkció és az összetétel közötti
kapcsolatok értelmezése**

Készítette: **Bucsella Blanka**
 Biomérnök hallgató

Témavezető: **Dr. Tömösközi Sándor**
 Egyetemi docens

Konzulens: **Szendi Szilvia**
 Doktoráns

2012.

Tartalomjegyzék

1	Bevezetés és célkitűzés.....	6
2	Búzaszemtől a kenyérig.....	8
2.1	A búza.....	8
2.2	A búzaszem.....	9
2.2.1	A búzaszem felépítése és részeinek általános kémiai összetétele	9
2.2.1.1	Magbelső összetétele.....	11
2.2.1.1.1	Aleuron réteg	11
2.2.1.1.2	Endosperm	12
2.2.2	A technológiai tulajdonságokat meghatározó összetevők kémiai bemutatása ...	12
2.2.2.1	Búzafehérjék.....	12
2.2.2.1.1	Osborne oldhatóság.....	12
2.2.2.1.2	Funkcionális- és molekuláris csoportosítás	14
2.2.2.2	A búzakeményítő és ételmi rost poliszacharid alkotóinak jellemzése	16
2.2.2.2.1	A keményítő gélképző hatása	16
2.2.2.2.2	Nem keményítő jellegű poliszacharidok, mint ételmi rostalkotók	17
2.3	A búza malmai feldolgozása	21
2.3.1	Előkészítés az őrlésre.....	22
2.3.2	A gabona malmai keverése.....	22
2.3.3	Az őrlés.....	23
2.3.4	A lisztosztályozás, a késztermékek keverése	23
2.3.4.1	Hazánkban előállított klasszikus standard malmai frakciók és azok ételipari jelentősége	24
2.4	kenyér	26
2.4.1	A kenyérfeldolgozás lépesei.....	26
2.4.1.1	Dagasztás.....	27
2.4.1.2	Kelesztés, fermentáció	28
2.4.1.3	Sütés	29
2.4.2	A kenyér készítése során bekövetkező fizikai és biokémiai változások	29
2.4.2.1	A sikeváz kialakulását jellemző szerkezet-funkciós modellek.....	30
2.4.2.2	Makromolekulák szerepe a sütés során.....	31
2.4.2.3	Kis molekulású fehérjék, szabad aminosavak szerepe.....	31
2.4.2.4	Lipid-fehérje kölcsönhatás	32

2.5	A búzaliszt sütőipari értékének meghatározására alkalmazott módszerek.....	33
2.5.1	A fehérjeminőségtől függő paraméterek vizsgálata	34
2.5.1.1	Farinográf és Valorigráf	35
2.5.1.2	Mikrovalorigráf	37
2.5.2	A keményítőminőségtől függő paraméterek vizsgálata.....	38
2.5.2.1	A gyors viszkoanalizátoros technika (Rapid Visco Analyser).....	38
2.5.3	Próbasütés	40
3	Anyagok és módszerek	41
3.1	Felhasznált anyagok	41
3.2	Alkalmazott mérési módszerek	42
3.2.1	Beltartalmi paraméterek meghatározása.....	42
3.2.1.1	Nedvességtartalom meghatározása szabványos szárításos eljárással.....	42
3.2.1.2	Hamutartalom meghatározása szabványos hamvasztásos módszerrel.....	42
3.2.1.3	Nyersrost tartalom meghatározása	43
3.2.1.4	Nyerszsír tartalom meghatározása	44
3.2.1.5	Fehérjetartalom meghatározása Dumas-analízissel	45
3.2.2	Tészta vizsgálata.....	46
3.2.2.1	Mikrovalorigráfós mérési módszer	46
3.2.2.2	Nedves siker tartalom meghatározása	47
3.2.2.3	Gyors viszkoanalizátoros (RVA) mérés.....	47
3.2.3	Végtermék minősítés	48
3.2.3.1	Próbasütés: ICC-STANDARD No.131. adaptációja.....	48
3.2.4	A liszt és kenyér minták funkcionális komponenseinek mennyiségi meghatározása	51
3.2.4.1	Élelmi rost mennyiségi meghatározása	51
4	Eredmények értékelése	53
4.1	Lisztek beltartalmi eredményeinek értékelése.....	54
4.1.1	Lisztek nedvességtartalma	55
4.1.2	Lisztek nyersfehérje tartalma.....	56
4.1.3	Nedves sikeértalom	57
4.1.4	Lisztek nyerszsír tartalma.....	58
4.1.5	Lisztek hamutartalma	59
4.1.6	Lisztek élelmi rost tartalma	60
4.1.7	Lisztek számított keményítő tartalma.....	61

4.2	A reológiai mérések eredményei	62
4.2.1	Mikrovalorigráfos mérések eredménye	62
4.2.1.1	Ellágyulás értékek értelmezése	67
4.2.2	Viszkozitással összefüggő tulajdonságok vizsgálata – a gyors viszkoanalizátorral végzett mérések eredményének értékelése.....	69
4.3	Próbasütés eredményének értékelése.....	75
4.3.1	A próbacipó beltartalmi összetételének bemutatása.....	79
4.4	A különböző vizsgálati módszerekkel nyert paraméterek összehasonlító elemzése	80
5	Összefoglalás	84
6	Irodalom jegyzék	86

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnék köszönetet mondani mindenkinek, aki támogatta TDK dolgozatom létrejöttét.

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

Külön köszönet illeti **Szendi Szilviát**, PhD hallgatót, akik mind a mérések során, mind az értékelésnél segítségemre volt.

Köszönöm továbbá, **Harasztos Anna Helga**, PhD, **Szűcsné Makay Erika**, technikus és **Lőrincz Réka**, BSC hallgatóknak, hogy a mérések kivitelezésénél segítségemre voltak.

Köszönettel tartozom a Gabona Kutatócsoport doktoránsainak, **Török Kittinek**, aki mindenben támogatott és **Bagdi Attilának**, aki mindenben segítségemre volt.

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 Műegyetemen" c. projekt (TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0002) szakmai célkitűzéseinek megvalósításához.

Külön köszönet a Gyermely Zrt.-nek a kísérleteimhez nyújtott szakmai és anyagi segítségét.

1 Bevezetés és célkitűzés

A fogyasztók növekvő hányada tekinthető tájékozott, tudatos fogyasztónak. Ennek a folyamatnak érthető következménye, hogy az élelmiszerek funkciói részben változnak: az alapvető funkció, a fiziológiás igények kielégítése mellett egyre többen szeretnék a tudatos élelmiszerfogyasztásra, mint az egészség megőrzés és a betegség megelőzés egy fontos és kézenfekvő lehetőségére tekinteni. Ez az igény a táplálkozásban és az élelmiszeripari fejlesztések irányát is kijelöli: a bizonyítottan egészségtámogató összetevők mindennapi táplálkozásba történő be-, illetve visszaillesztése nem csak az egyén, hanem a társadalom számára is óriási előnyt és lehetőséget jelent. Ebből a szempontból a gabona alapanyagok, és elsősorban a búzából készült malomipari és élelmiszeripari termékek ilyen irányú fejlesztése nagy jelentőségű lehet, hiszen gyakorlatilag majdnem mindenki által fogyasztott alapélelmiszerként hozzájárulhat az életminőség általános szintű javításához. A kérdés, hogy a nagy hagyományokkal és szerteágazó termékprofillal rendelkező gabona, sütő- és tésztaipari területeken milyen táplálkozási tartalékokat sikerül feltárni és mozgósítani.

A búzafeldolgozás egyik hagyományosan ismert, azonban jelenleg kiaknázatlan területe lehet a rostanyagokban, és bioaktív komponensekben is gazdagabb héj közeli frakciók élelmiszercélú hasznosítása. Ezek az őrleményfrakciók a hagyományos technológiák többségénél részben vagy egészben eltávolításra kerülnek, melynek oka a hagyomány, a technológiai végtermékminőség javítása és részben a héjrészekben található szennyeződések elválasztása. Ezzel azonban a búza tápérték-potenciáljának egy jelentős részét elveszítjük. Az élelmi rost komponensek pozitív élettani hatása bizonyított, a fejlett országok leggyakoribb nem fertőzéssel terjedő krónikus betegségeinek (keringési megbetegedések, cukorbetegség) megelőzésében játszik szerepet, emiatt funkcionális komponensnek nevezzük, és az élelmi rosttal dúsított élelmiszeripari terméket funkcionális terméknek nevezzük. A Gyermely ZRt. és a BME Alkalmazott Biotechnológiai és Élelmiszer-tudományi Tanszéke más konzorciumi partnerekkel együttműködve ilyen új típusú búza őrlemény, malomipari termékcsoport fejlesztésén dolgoznak. A munka jelenlegi fázisának fő feladata az új típusú termékek előállítási technológiájának és minőségének beállítása, a termék specifikációja, a minőségstabilitás biztosítása, valamint az őrlemény feldolgozóipari szempontból lényeges tulajdonságainak megismerése. Ebbe a szerteágazó, feladatokat tartalmazó kutatómunkába

sikerült bekapcsolódnom. Munkám alapvető célkitűzéseit a következőképpen tudom megfogalmazni:

- Részvétel a Gyermely Zrt malmában végzett technológiai kísérletekben. Ennek során alkalmam volt két különböző minőségű alapanyagból végzett úgynevezett zártörlésben mintákat venni. Itt célunk volt a hagyományos és az újonnan fejlesztett őrleményfrakciók összehasonlító vizsgálata és minőségstabilitásának tanulmányozása. Ezért négy lisztfrakciót, a három hagyományos lisztet (Bl55, Bl80 és Bl112), valamint az újonnan fejlesztett kísérleti őrleményt (BKL) vettünk többször mintát, melyeket a későbbiekben vizsgáltunk.
- A hagyományos és az új fejlesztésű őrlemények beltartalmának összetételének összehasonlító vizsgálata.
- Valamennyi őrleményből készített tészta viszkozitás és dagasztási tulajdonságainak tanulmányozása.
- Sütőipari végtermékesztek elvégzése szabványos sütési próbák alkalmazásával, valamint
- az új őrlemény specifikációja, a hagyományos és az új fejlesztésű lisztek vizsgálata során tapasztalt eltérések értelmezése.

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) NTP kutatási projektek támogatása tette lehetővé, emellett a téma kapcsolódik a "Minőségorientált, összehangolt oktatási és K+F+I stratégia, valamint működési modell kidolgozása a Műegyetemen" c. projekt (TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0002).

2 Búzaszemtől a kenyérig

2.1 A búza

A gabona a világ élelmiszer ellátásában kiemelkedő szerepet tölt be. Feltehetően a közel-kelet Termékeny Félhold területéről származik, mára azonban világszerte elterjedt haszonnövény. A búza, a *Triticum* növénynemzetség a perjefélék (*Poaceae*) családjába tartozik. Az idők folyamán jelentősége nem csökkent, napjainkra a nagy tűrő- és termőképességű fajok terjedtek el. A világon a legnagyobb területen termesztett gabona típus, melynek kiemelkedő szerepét az őrleményének egyedülálló sütőipari szerepe biztosítja. Emellett fontos szempont, hogy a feldolgozása során keletkező melléktermékek alkalmasak takarmányozási célokra [1].

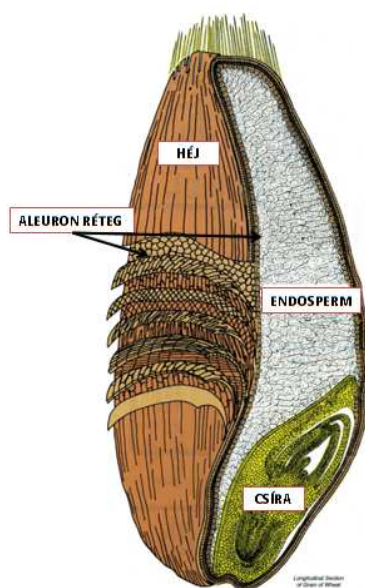
A máig vitathatatlan szerepét az élelmiszeriparban és a mezőgazdaságban a speciális tulajdonságaiból adódó feldolgozásnak és hosszú eltarthatóságának köszönheti. A többi gabona típustól a magasabb fehérje tartalommal különbözik. A búza egyedi fehérje mintázata által létrehozott térháló, a siker. A sikérváznak köszönhető a búza alapú termékek egyedi konzisztenciája. Hagyományosan és legnagyobb mennyiségben az alapélelmiszernek számító kenyérféleségeket készítenek belőle, de ezek részaránya fokozatosan csökken a legkülönbözőbb hagyományos és újonnan fejlesztett finom pékáruk, más sütőipari tészta-, édes- és cukrászipari termékek, gyorsfagyasztott/elősütött élelmiszerek térhódításával.

Manapság az élelmiszertudományok hatására a pozitív élettani hatásokkal bíró komponensek maximális kinyerése és piaci felhasználása jelenti a malmi frakciók feldolgozásának új irányát. Magyarország gabona termeszto adottsága kiemelkedő, amit a mezőgazdasági és éghajlati sajátosságai tesznek lehetővé, ezért kiemelt kutatási terület élelmiszertechnológiai és -tudományi szempontból a búza táplálkozási értékeinek kiaknázása [1, 2].

2.2 A búzaszem

2.2.1 A búzaszem felépítése és részeinek általános kémiai összetétele

A búzaszem felépítését tekintve három fő egységre tagolható: a *mag* részre, a *héjra*, és a *csírára* (1. ábra). A szem egyes részei eltérő mintázatot mutatnak összetétel szempontjából, melyek a funkcióbeli különbségek az okai. Az egyedfejlődésért felelős egység a csíra, melynek táplálék ellátásáért a magbelső, és a szem mechanikai és biológiai védelméért a héj a felelős [1].



1. ábra: Búzaszem felépítése

A *héj* a környezettel érintkező része a szemnek, mely a termés védelmi vonalát képezi biológiai és fizikai szempontból. A törzsfejlődés során a felhép, terméshép és a maghép szorosan összenőtt, ezért a héjrész eltávolítása a magbelsőől teljes mértékben nem lehetséges. A szem jellegzetes vörös barna színét a karotinoidok adják. A pigmentek a technológia során indikátorként is szolgálnak, a héj jelenléte a jellegzetes szín alapján egyértelműen kimutatható. A héj rugalmasabb szerkezetű, mint a magbelső, ennek oka, hogy a héj az „átjáró” a levegő és víz számára, tehát alkalmazkodnia kell a méretváltozásokhoz. A

búzaszem lipid tartalmának egy része a héjban található, ez az oka a korpa liszt hamarabb bekövetkező avasodásának. A héj sejtjei üres, már nem élő sejtek halmaza, amit főleg vázanyagok alkotnak, amik nem keményítő jellegű poliszacharidok, mint például a cellulóz [1, 3].

Szövettypus	Fehérje	Lipid	Nyersrost	Keményítő	Cellulóz	Pentozán	Hamu
Hosszanti sejtek	3,9	1,0	27,7	-	32,1	50,1	1,3
Haránt sejtek	10,7	0,5	20,7	-	22,9	38,9	10,6
Maghéj	6,9	0,8	23,9	-	27,0	46,6	3,4
Aleuronréteg	31,7	9,1	6,6	-	5,3	28,3	10,9
Endosperm	12,6	1,6	0,3	80,4	0,3	3,3	0,6
Csíra	34,0	27,6	2,4	-	-	-	5,8

1. táblázat: A búzamazag összetétele a szárazanyag %-ába

A csíra a búzaszem gyorsan osztódó szövete. A többi magrészhöz képest az ásványi anyag tartalma nagy (4,5 %). Magas fehérje tartalom (25%) jellemzi a magas lipid tartalom (8-13%) mellett (1. táblázat)[1, 3].

A magbelső jelentős részét nagy tömegű keményítő-fehérje mátrix alkotja. A búzaszem egyik jellemző paramétere a szemkeménység, mely a technológia szempontjából meghatározó tulajdonság, mivel a magbelső beltartalmi paramétereire következtethetünk belőle. A nagy szemkeménység magas sikérfehérje tartalomra utal. A magas sikértartalmú búzának a fajlagos vízfelvevő képessége is magasabb, ez a tulajdonság a tészta erősségének minőségi értékszámára.

A magbelső (endosperm) morfológiailag két részből áll:

- Az aleuron réteg a héj és az endosperm keményítő-sikér részének határán található egy sejtsoros szövet, mely vízzeloldható fehérjékben gazdag. A benne található fenolos vegyületek adják a jellegzetes szürkés színt. Magas szénhidrát tartalma miatt irányult rá a figyelem az utóbbi időben. A klasszikus őrleményekhez képest az őrleményszemcséi apróbbak, tapadósabbak.

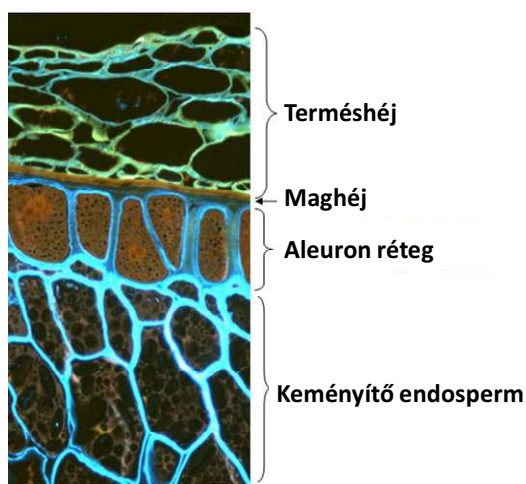
- *Endosperm*: azaz liszttest, vízoldhatatlan fehérjékben és keményítőben gazdag rész. A malomipar számára ez a szemalkotó a legfontosabb, a piacképes lisztek előállítására szolgál. A malmi technológia során a endosperm minél tisztább és minél nagyobb hatásfokú kinyerése elsődleges cél [1].

2.2.1.1 Magbelső összetétele

A kutatási témám szempontjából kiemelkedő szerepűek a magbelső endosperm és aleuron rétegei, ezek kémiai és fizikai tulajdonságait részletesebben tárgyalom. Az endosperm a mag egész tömegének 80%-át teszi ki.

2.2.1.1.1 Aleuron réteg

Az aleuron réteg határvonal a héj és a tartalék keményítőt tartalmazó endosperm között. Az aleuron egy sejtsoros, az endosperm magkomponenst burkoló réteg. Az aleuron réteg sejtjeinek morfológiája eltér az endosperm sejtjeitől. Alakját tekintve hasábhoz hasonló, amit kettősrétegű sejtfal határol (2. ábra) [4]. Az aleuron réteg enzimeit a csirázás során a tartalék tápanyagok lebontásáért felelősek. A búzában található albuminok és globulinok jelentős része a héj részben és az aleuron rétegben található [3, 4].



2. ábra: A búzaszem szövetei

A malmi művelet során az aleuron réteg a korpában koncentrálódik. A korpában dúsulnak fel a vízoldhatatlan rost komponensek, mert az aleuron rétegtől a külső szövetek felé haladva a váz anyagok mennyisége nő. A terméshéjnak a védelem szempontjából kiemelkedő szerepe van, ezért itt a legmagasabb a szövetet erősítő anyag mennyisége. A korpa nem

keményítő jellegű poliszacharid profilja komplex, nagy mennyiségben tartalmaz cellulózt, pentozánokat, arabinóz és xilóz alapú polimereket. Ezen polimerek a sejtfaalak alkotóelemei. Az aleuron réteg a héj sejtjeivel szemben élő sejtek alkotta szövet, amely tele van protoplasztokkal. Ez okozza a korpa magas szénhidrát és fehérje tartalmát [1, 3, 4].

2.2.1.1.2 Endosperm

Az aleuron nélküli magbelső a keményítőben gazdag (80%) endosperm. A keményítő csírázáshoz szükséges tartalék tápanyag, ami mikroszkópikus (~10 µm) szemcsék formájában van jelen. A szénhidrátok mellett 1,5% lipidet és 13% fehérjét tartalmaz. A fehérje frakciót albuminok, globulinok és a fő fehérjék a sikérváz alkotói a gliadinok és gluteninek alkotják. Az ásványi anyagok és a diétás rost mennyisége csekély, 0,5-1,5%. A szövetet alkotó sejtek hosszanti irányban megnyúlt, vékonyfalú struktúrát mutatnak (2. ábra).

2.2.2 A technológiai tulajdonságokat meghatározó összetevők kémiai bemutatása

A dolgozatomban a búza fehérje és szénhidrát komponenseit részletesebben tárgyalom. Ennek oka egyrészt a keményítő és fehérje frakciók végtermékre gyakorolt bizonyított hatása, másrészt az élelmi rostban gazdag általam vizsgált őrlemény sütőipari tulajdonságait nagyban meghatározó nem keményítő jellegű poliszacharidok megismerése.

2.2.2.1 Búzafehérjék

A búzafehérjék a búzaszem szárazanyag tartalmának körülbelül 10-15%-át alkotják, azonban szerepük a búza minőségére nézve meghatározó [1]. A búzafehérjék csoportosítása régebben az oldhatóságuk alapján, manapság inkább az elhelyezkedésük, az általuk betöltött biológiai funkció és a szerkezetük alapján történik. A továbbiakban a búzafehérje frakciók csoportosításáról lesz szó.

2.2.2.1.1 Osborne oldhatóság

A gabonafehérjék csoportosítására Osborne extarkciós módszert alakított ki 1907-ben, amely alapján az alábbi kategóriákat tartalmazza [5, 6]:

Frakció	Oldószer
Albuminok	Víz
Globulinok	Só oldat
Prolaminok	Alkohol
Glutelinek	Sav vagy lúg
Maradék fehérjék	Redukció/ultrahangos kezelés után

2. táblázat: Osborne féle gabonafehérje frakciók

A búza prolaminjait gliadinoknak, a glutelinjeit pedig glutenineknek, és a két frakció együttesét siker fehérjének nevezzük.

Albuminok

Az albuminok vízoldható fehérjék, amelyek hő vagy csapadékképző reagens (ammónium-szulfát) hatására koagulálódnak. Méretük kicsi: 16-67kDa, szerkezetük globuláris. A búzaszem teljes albumin tartalmának $\frac{2}{3}$ része α -amiláz inhibitor. A frakcióban a proteáz és amiláz inhibitorokon kívül még β -amilázok találhatóak, melyek a kis- és nagy molekulatömegű glutenin alegységekhez kapcsolódnak, és képesek polimerizációra. Többnyire a csírában és a héjban vannak jelen, enzimek vagy az anyagcsere résztvevői [7-9].

Globulinok

A globulinok sós vízben oldódó fehérjék. Általában az albuminokkal együtt fordulnak elő, de azoknál kisebb mennyiségben: az összes fehérjének mindössze 5%-a globulin. Azonos mérettartományba esnek, mint az albuminok, és a zömmel funkcionális fehérjék tartoznak ide [7-9].

Gliadinok

A gliadinok 70%-os alkoholban oldódnak, a sikerfehérjék közé tartoznak. A molekuláik globuláris jellegűek, egy poláros farkat és egy apoláros fejet tartalmaznak. A poláros régióknak magas a glutamin, glutaminsav és prolin tartalma, ezért a prolaminok közé tartoznak. Másodlagos szerkezetükre a kevés helikális és sok rendezetlen régió jellemző. Intramolekuláris diszulfid hidakkal rendelkeznek, de intermolekuláris diszulfid hídjaik nincsenek, így nem is hajlamosak a polimerizációra. A frakció körülbelül 40-50 komponensre választható szét [7, 8, 10, 11].

Gluteninek

A gluteninek savas vagy lúgos környezetben oldódnak. Szerkezetüket tekintve hasonlóak, mint a gliadinok, azzal a különbséggel, hogy a diszulfid hídjaik intermolekulárisak, ezért képesek polimereket képezni. A glutenin alegységek szerkezete rendezetlen, jellemzően kevés hélixszel. Ezen polimerek molekulatömege akár 20000 kDa is lehet. Alegységeiket diszulfid hídjaik redukálószeres bontásával lehet felszabadítani [8, 11, 12].

A glutenin alegységeket osztályozhatjuk kis- és nagy molekulatömegű csoportokba: HMW-GS (high molecular weight glutenin subunit) (10-100 kDa) és LMW-GS (high molecular weight glutenin subunit) (100-10000 kDa) [8, 11, 12]. Elektroforetikus mobilitás alapján osztályozva a glutenin alegységeket négy csoportot különböztetnek meg: A,B,C,D. A HMW alegységek alkotják az A-csoportot, az LMW alegysége a maradék háromba tartoznak. Az A-csoportba körülbelül 40 különböző alegység tartozik, a polimerizációnál ők adják a polimer vázat, amihez az LMW alegységek kapcsolódnak. Két az x-típus és y-típus, ahol az x-típushoz tartoznak a nagyobb (83-88kDa) HMW alegységek, az y-típushoz pedig a kisebbek. A glutenineknél a B-, C- és D-csoportok mozgékonyasága a gliadinok elektroforetikus mobilitásával összevethető [8, 12-14].

2.2.2.1.2 Funkcionális- és molekuláris csoportosítás

A molekuláris biológia és analitikai módszerek fejlődésével búzafehérjéket az általuk betöltött biológiai szerep szerint három csoportba sorolják, melyek bizonyos mértékű átfedést mutatnak az Osborne féle oldhatósággal, illetve az elhelyezkedéstől függő csoportosítással is, ahogy azt a 4. táblázat mutatja. Az albuminok és globulinok jelentős része az aleuron rétegben található, és ott részt vesz az anyagcserében. A csírafehérjék elsősorban a csíra életben

tartásáért felelős enzimek, főleg globulinok és gliadinok. A liszttestben (endosperm) a sikeérfehérjék, azaz a nagy polimerizáltsági fokú gliadinok, gluteninek és egyéb fehérjék találhatók [4].

Elhelyezkedés	Biológiai szerep	Osborne frakció	Kémiai összetétel
Aleuron fehérjék	Anyagcserében résztvevő fehérjék	Albuminok	Egyszerű fehérjék
	Enzimek (membrán-, védő-, szabályozó-, riboszóma- és egyéb fehérjék)	Globulinok	Összetett fehérjék (lipo-, glüko-, nukleo-, metalo-, kromo- és foszfoproteinek)
Csirafehérjék	Tartalékfehérjék (alacsony- és nagy molekulatömegű fehérjék)	Gliadinok	
Endosperm fehérjék		Gluteninek	
		Egyéb fehérjék	

3. táblázat: Búzafehérjék csoportosítási módjai

A sikeérfehérjék csoportosíthatók a polimerizációra való hajlamuk szerint, mely tulajdonságot jellemzően a kéntartalom befolyásol (3. ábra:).

Sikeérfehérjék				
Monomer prolamínok			Polimer prolamínok	
Kénben szegény prolamínok	Kénben gazdag prolamínok			HMW prolamínok
ω -gliadinok	α/β -gliadinok	γ -gliadinok	LMW-gluteninek	HMW-gluteninek

3. ábra: Sikeérfehérjék molekuláris csoportosítása

A kénben gazdag prolamínok hajlamosabbak a polimerizációra, a HMW prolamínok szintén magas kéntartalommal bírnak, és ennek megfelelően igazi óriásmolekulák. A polimerizációra való hajlam nem csupán a kén tartalom függvénye, hanem annak, hogy a – kén tartalmú – ciszteinek által alkotott diszulfid hidak mekkora része intermolekuláris. Ez a frakció körülbelül 10%-át teszi ki a sikeérfehérjéknek. A klasszikus csoportosítás szerinti ω -

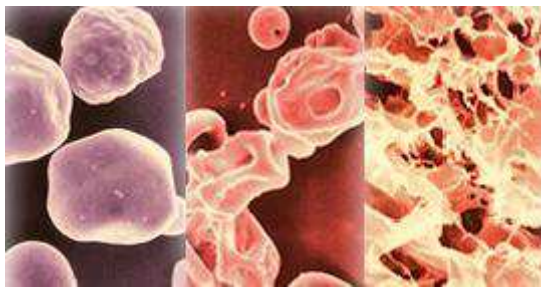
gliadinok tartoznak ide. A kénben gazdag prolaminek a sikefehérjék körülbelül 70-80%-át adják. A cistein tartalmuk körülbelül 2-3%. A klasszikus csoportosítás szerinti α -, β -, γ -gliadinok és az LMW glutenin alegységek tartoznak ide (B-, C-, D-csoport). A HMW-prolaminek a sikefehérjék 6-10 %-át teszik ki. A klasszikus csoportosítás szerinti HMW-glutenin alegységek polimerjei tartoznak ebbe a csoportba. A molekulát alkotó cisteinek inter- és intramolekuláris kötések kialakítására képesek [4].

2.2.2.2 A búzakeményítő és ételmi rost poliszacharid alkotóinak jellemzése

A búzaszem rendkívül magas szénhidrát tartalommal rendelkezik. A búza egyes szénhidrát alkotói kémiai, fizikai és táplálkozástani szempontból eltérést mutatnak. A keményítőt, mint egyszerű energiaforrást felépítése és fizikai tulajdonságai alapján mutatom be. A nem keményítő jellegű poliszacharidokat, mint ételmi rost komponenseket felépítésük, jellemző fizikokémiai tulajdonságuk és élettani hatásuk alapján részletezem. Az egyes alkotók kenyér minőségére és sütésre gyakorolt hatását a későbbi fejezetben fejtem ki részletesen.

2.2.2.2.1 A keményítő gélképző hatása

A keményítő glükóz egységekből felépülő polimer, 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 lánchról 25-30 egységenként α (1-6) kötésű elágazás található. A két összetevő aránya határozza meg a keményítő fizikai tulajdonságait, így a gélesedést is. Minél magasabb az amilóz tartalom az amilopektinhez képest, annál kisebb a duzzadás mértéke és annál gyengébb a kialakult gél erőssége azonos keményítő koncentráció esetén. A keményítő gélesedési tulajdonsága fontos fizikai jellemző [15, 16].

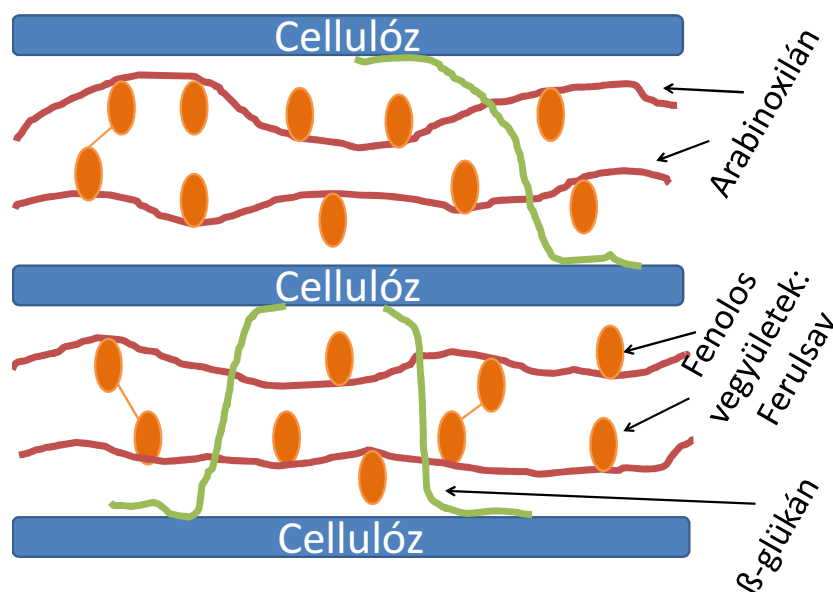


4. ábra: A keményítő gélesedési folyamatát bemutató ábra hőmérséklet növekedés és mechanikai behatásra

A keményítő tulajdonság megismerése szempontjából fontos szerepe van a gél fogalmának. A gélek átmenetet képeznek a szilárd és folyadék halmazállapot között. Szilárd halmazállapotú tulajdonságaikra az alaktartóság és deformálhatóság jellemző. Az alaktartóságukat a szerteágazó szerkezetnek köszönhetik. Ez a szerkezet képes folyadék felvételével duzzadni és száraz térfogatának többszörösére nőni. Jelentős folyadék tartalma miatt fizikai tulajdonságai az oldatokéhoz hasonló. Attól függően, hogy a polimerláncokat, keményítő esetében az amilózt és amilopektint kémiai kötések vagy fizikai erők tartják össze meg különböztetünk kémiai és fizikai gél. A biopolimerek esetében nincs éles különbség, ezért nehezen sorolhatók a két anyagtudományi kategóriába. A gélek tulajdonságait több paraméter befolyásolja, például pH, hőmérséklet, összetétel. A búza keményítők esetében hűtés hatására az amilóz visszaalakul eredeti állapotába, az amilopektin irreverzibilis változást szenvednek ezáltal megtartják gél állagukat (4. ábra) [17].

2.2.2.2.2 Nem keményítő jellegű poliszacharidok, mint élelmi rostalkotók

Az általam taglalt poliszacharidok második nagy csoportja a nem keményítő jellegű poliszacharidok, melyeket táplálózástani kategorizálás szerint 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 gasztro intesztinális rendszerben lévő táplálék koncentrációját változtatja meg a víz abszorpciója révén, ezzel befolyásolva más komponensek felszívódását a bélből. Kémiai szempontból a diétás rost csoportjába sorolhatók a nem keményítő jellegű poliszacharidok: arabinoxilán, rezisztens keményítő, kitin, pektin, β -glükánok[18, 19].



5. ábra: A búzaszem héj szerkezete

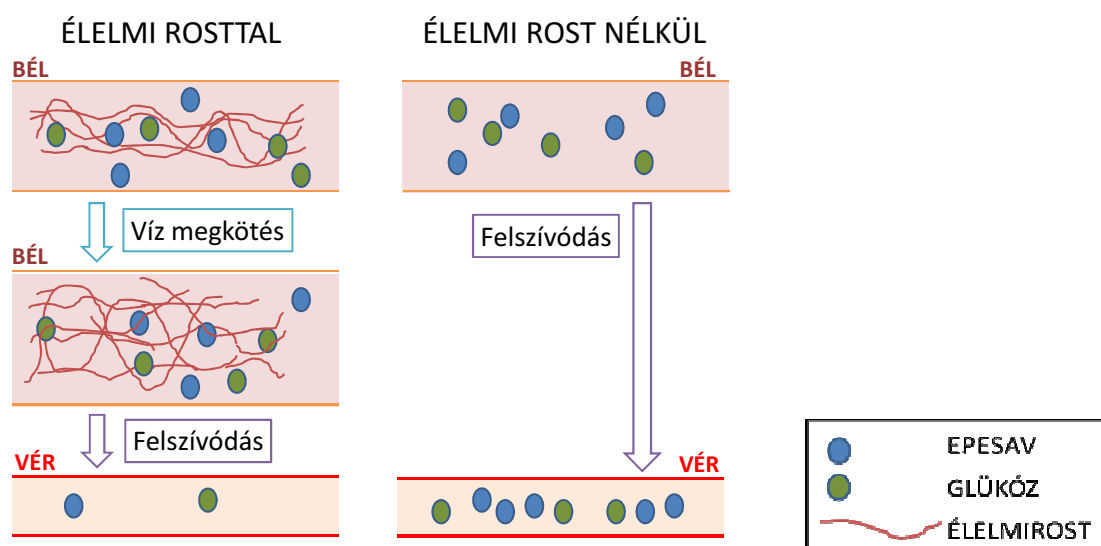
Az ételmi rost nem keményítő-jellegű poliszacharid alkotói a növények sejtfal elemei, elsősorban vázanyagok (5. ábra). Ezek a komponensek egy keresztkötött térhálót alakítanak ki a növényi sejtfalban. Csoportosításuk oldhatóságuk alapján történik, ami alapján az alábbi két típusba sorolhatók:

- oldható ételmi rost: a bélben a mikroflóra fermentációval gázzá alakul és fiziológiailag aktív termék képződik belőle
- oldhatatlan ételmi rost: vizet abszorbeál az emésztőcsatornában és bontás nélkül ürül ki a szervezetből [18].

Az ételmi rost-komponensek és funkcionális tulajdonságaik

Táplálkozásunk egyre több funkcionális komponensének jelentőségét ételmisszer-tudományi kutatások tárják fel. Funkcionális ételmisszer, minden olyan feldolgozott ételmisszer, amely tápláló jellege mellett élettanilag kedvező hatású komponenseket tartalmaz, melyek erősítik a szervezetvédekező mechanizmusait, hozzájárulnak a betegségek kockázatának csökkentéséhez, javítják a fizikai állapotot és lassítják az öregedést. Az ételmi rostban gazdag ételmisszer funkcionális ételmisszer. A nem keményítő jellegű poliszacharidok mint ételmi rost alkotók és ezáltal funkcionális komponensek táplálkozástani jelentőségét, kémiai és fizikai hátterét a továbbiakban ismertetem, eltekintve a feldolgozási technológiára gyakorolt hatásuktól [20].

Alapvetően az enzimes emésztésre rezisztens rost fogyasztás az elfogyasztott táplálék tápérték csökkenését okozza. Az emésztő rendszerben az elfogyasztott táplálék összetételét változtatva, a komponensek abszorpcióját befolyásolják [18, 19, 21]. Az oldható rostok az epesavakhoz kötődve gátolják azok visszaszívódását a szervezetbe, így csökkentve a koleszterin szintet a véráramban [19]. Az oldható rostok gyengítik a cukrok felszívódását, mérsékelve ezzel a szervezet étkezés során bevitt cukorra adott választ. A 6. ábrán látható, pozitív táplálkozási hatásuk mechanizmusa. A bélben a diétás rost komponensek víz abszorpció révén gélesedni, duzzadni képesek. A kialakult térháló ketrecként zárja magába az epesavak jelentős részét és a cukor frakciókat, ezért ezek felszívódása kisebb mértékű, mint élelmi rost nélküli élelmiszerek esetében.



6. ábra Epesav és glükóz felszívódása élelmi rost jelenlétében és annak hiányában

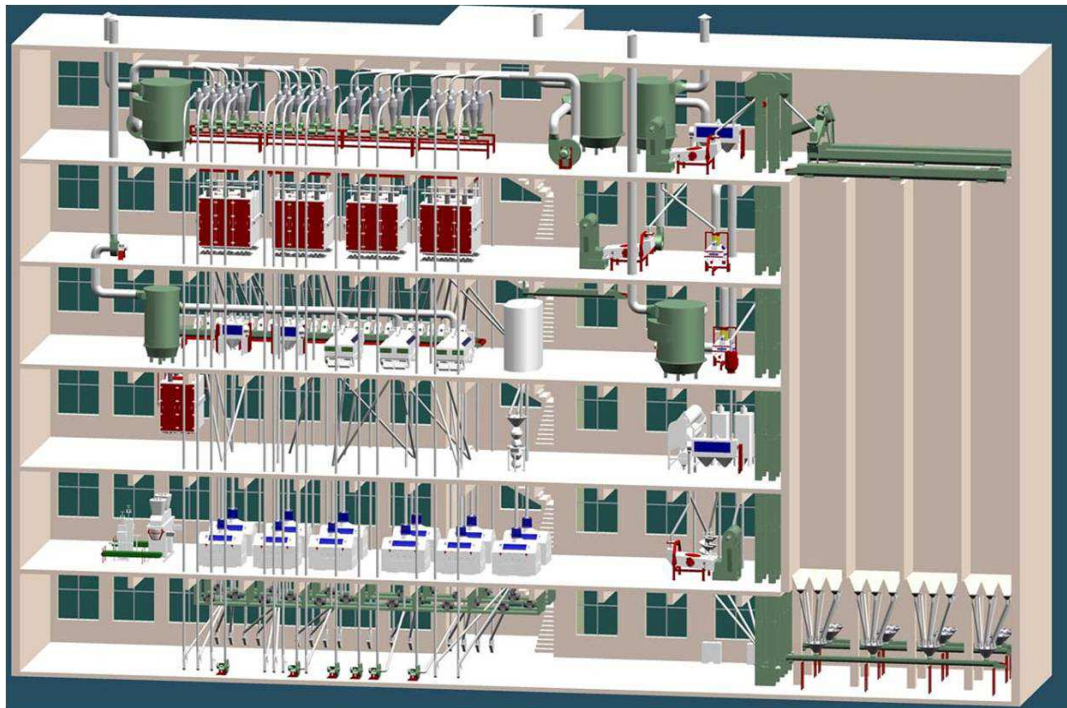
Az oldhatatlan rostot a diabétesz kialakulásának csökkentésével hozzák kapcsolatba, ennek mechanizmusa eddig ismeretlen [22]. Az oldható és oldhatatlan élelmi rost frakciók tápcsatornában mutatott szerepét és azok hatásait az 4. táblázat tartalmazza. A rost fent említett preventív tulajdonságait nagymértékben a polimer jellegének köszönheti. A víz megkötéssel kialakult fizikai hidrogél szinte szabályozó elemként működik a bélben.

	Funkció	Hatás
oldható + oldhatatlan	burkot képez az elfogyasztott táplálékon, teltség érzetet ad	csökkenti az étvágyat[21,22]
oldható rost	az emésztés során vizet abszorbeálva gélesedik, így a szénhidrátokat bezárva lassítja a glükóz felszívódását	a vér glükóz szintjének csökkentése
	csökkenti a teljes és az LDL koleszterinek mennyiségét	keringési betegségek kialakulásának csökkentése
	szabályozza a vércukor szintet	diabétesz kialakulását csökkenti [22]
	kiegyensúlyozza a pH értéket az emésztő rendszerben és stimulálja a rövid láncú zsírsavak fermentációját	bél rák kockázat csökkentése
oldhatatlan rost	gyorsítja a tápanyagok átjutását az emésztő rendszeren	szabályozza az ürítés rendszerességét
	székletet burkolja	enyhíti a szorulást

4. táblázat: Oldható és oldhatatlan élelmirost élettani jelentősége

2.3 A búza malmi feldolgozása

A búza élelmiszeripari szempontból hasznos részeinek liszt formájában történő kinyerése a malmi technológia során képződik. A munkám központjában álló új típusú őrlemény malmi előállítására teljesen új technológiai fejlesztést igényel. A malmi feldolgozási műveletek főbb állomásait (7. ábra) a továbbiakban röviden taglalom.



7. ábra: A malom üzemi modellje

A technológiai folyamat elsődleges célja a magbelső és a héj elválasztása, és különböző őrleményfrakciók előállítása. A vásárlói igények központba helyezésével eltérő minőségű és felhasználási célú termékek kerülnek a piacra. Az őrlemények minősége sok tényező együttes eredménye, melyet az alapanyag minősége, a búzaszem kémiai összetétele, fizikai tulajdonságai határozzák meg. A technológiának a vevői elvárásoknak megfelelően állandó minőségű liszt frakciókat kell biztosítania. A technológia három fő lépésből áll:

- előkészítő műveletek
- őrlés, szitálás
- késztermék keverése

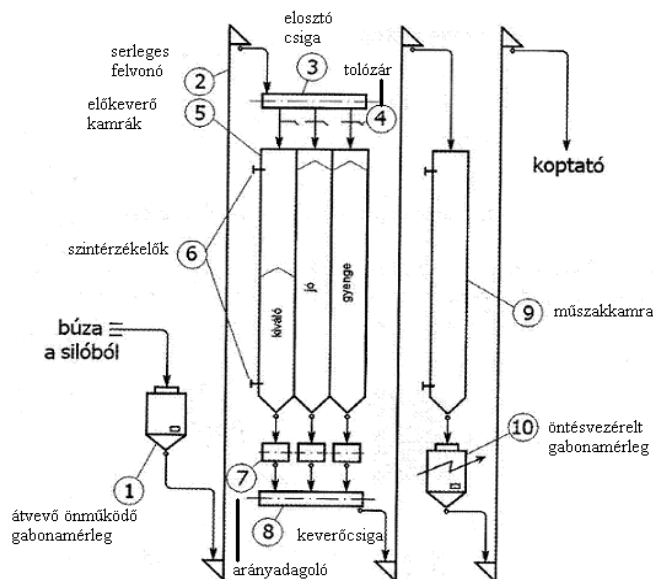
2.3.1 Előkészítés az őrlésre

Az előkészítés során történik a búza keverése, tisztítása, idegen anyag eltávolítása és a kondicionálása az őrléshez. Az előkészítő folyamat meghatározó jelentőségű a malmi végtermék minőségét tekintve. Az őrlést előkészítő következő művelet a tisztítás, mely a termény közé került idegen anyagok, szennyezők és értékcsökkent magvak eltávolítását jelenti[1]. A tisztítás több műveletből áll. A *rostálás* a szemek jellemző méreteinek különbségén alapuló művelet. A *szélosztályozás* alapja a szemcsék aerodinamikai tulajdonságainak különbsége. A gabonahalmaz mindig tartalmazhat vasszennyeződéseket (pl. munkagépekről), a végtermék élelmiszerbiztonsága és a berendezések üzembiztonsága érdekében ezek eltávolítása szükséges, ezt mágneses szétválasztással végzik. A gabonaszemekkel azonos vastagságú, de eltérő hosszúságú vagy alakú anyagok *triőrözéssel* választhatók ki a halmazból. A *felülettisztítás* során a szem felületén megtapadó porrészecskék és mikroorganikus szennyeződések távolítják el [1, 4, 23-25].

Az előzőleg megtisztított búzaszemeket kondicionálással teszik alkalmassá az őrlésre. A folyamat során a búzát nedvesítik és pihentetik. A nedvesítés hatására a szemek megduzzadnak a vízfelvétel révén, és bennük biokémiai folyamatok indulnak. A nedvesítéssel a késztermék nedvességtartalma beállítható. A kondicionálás fő paraméterei a nedvesítés mértéke, az alkalmazott hőmérséklet és a művelet időtartama. A nedvesítés optimális értéke 15,5 % a gabona nemétől, szemkeménységétől, az évszaktól függően [1, 24, 25].

2.3.2 A gabona malmi keverése

Az egyes gabona tételek minőségi különbségeket mutatnak fizikai és kémiai tulajdonságok tekintetében. A búza, mint biológiai anyag beltartalmi paraméterei környezettől függnnek: termesztési viszonyoktól, időjárástól azonos fajtán belül is. A sarzsok közti különbségek meghatározzák a technológia és a késztermék minőségét. A tételek közti különbségek csökkentése, kiegyenlítése a vásárlók igénye. A további sütőipari felhasználás állandó minőségű lisztet igényel. Az egyenletes minőségű végtermék megköveteli az egyenletes minőségű alapanyagot, tehát a malmi művelet kiegyenlített búza alapanyagot kíván. A fenti probléma megoldására a gabona keverés műveletét alkalmazzák (8. ábra), így a változó minőségű alapanyagból állandó minőségű liszt frakciók állíthatók elő [1, 24].



8. ábra: A gabonakeverés folyamatábrája [1]

2.3.3 Az őrlés

Az őrlés célja a magbelső és a héj szétválasztása, ami aprító és osztályozó műveletek sorozatából áll. A folyamat végén a magbelsőt liszt formájában, a héjat korpaként nyerik ki. Fontos a csíra eltávolítása, mivel a magas lipid tartalma miatt könnyebben romlandóvá, kevésbé eltarthatóvá teszi a malmi termékeket. Azonban az elválasztás sosem tökéletes, a magbelsőből nyert liszt tartalmaz csekély mennyiségű csírat és héjat is. Az őrlés főtermékei a lisztek, melléktermékei a korpák, a csírák illetve különböző takarmányőrlemények [1, 24, 25].

Az őrlés megfelelő technológiai sorrendű aprító és osztályozó műveleteket sorozata, ahol minden aprítást osztályozó művelet követ. Az *aprítás* szeparáló jellegű, olyan aprózódást hoz létre, ahol a magbelső szemcsék apróbbak, mint a héjrész szemcséi. Az *osztályozás* feladata az aprított őrlemények szétválasztása különböző minőségű és szemcseméretű frakciókra. Szitálás során az elválasztás méret, szemcsék sűrűsége szerint történik [1, 24, 25].

2.3.4 A lisztosztályozás, a késztermékek keverése

Az őrlési folyamat minden rendszerében keletkezik liszt. Az egyes rendszerek lisztjeinek színe, szemcsézettsége, hamutartalma és beltartalmi értéke azonban különböző. Az egységes lisztminőség létrehozása céljából szükséges az őrlési műveletek végén a lisztek

keverése, egyneműsítése. A különböző liszttypusokat a malmok a félkésztermékek osztályozásával, összevezetésével, majd egyneműsítő keverésével alakítják ki [24].

A technológiai rendszerek lisztjeit liszttypusonként külön-külön előkeverik és a lisztgyűjtő kamrák felé továbbítják. Ez a keverés azonban nem elegendő az egyöntetű késztermék előállításához, mivel az őrlés során is változhat a lisztminőség, ezért szükség van az őrletidőszak alatt képződött késztermékek egyneműsítő keverésére. A keverésre a gyűjtőkamra tartalmának átforgatását használják [1].

2.3.4.1 Hazánkban előállított klasszikus standard malmi frakciók és azok élelmiszeripari jelentősége

A malmok a búza egyes részeiből más beltartalmi paraméterekkel és fizikai tulajdonságokkal rendelkező lisztfrakciókat állítanak el. Minden őrleménytípusnak megvan az élelmiszeripari felvevő piaca. A búzából malmi úton az alábbi klasszikus standard őrleményeket készítenek Magyarországon a Magyar Élelmiszerkönyv szerint [26]:

1. **Búza finomliszt BL 55:** *Finomszemcsés őrlemény, a búzamazbelsőre (endospermiumra) jellemző színű, héjrész gyakorlatilag nem tartalmaz.*
2. **Búza kenyérliszt, fehér BL 80** *Finomszemcsés őrlemény, színe a búzamazbelső és a héj árnyalatától függ, a típusnak megfelelő mértékű finomszemcsés héjrész tartalmaz.*
3. **Búza kenyérliszt, félféher BL 112** *Finomszemcsés őrlemény, színe, világossága a búzamazbelső árnyalatától, a jelen lévő héjrész mennyiségétől, továbbá a búza alapszínétől függ.*
4. **Étkezési búzadara** *A búza amazbelsőjének nagy szemcsés őrleménye, fehérés krémszínű, kismértékben a daraszemcsére tapadó héjat is tartalmazhat.*
5. **Búza rétesliszt BFF 55** *A búza amazbelsőjére jellemző árnyalatú, meghatározott szemcseméret-összetételű, ún „fogós” őrlemény, a típusra jellemző, megengedett mennyiségű finomszemcsés frakció és héjrész előfordulása mellett.*
6. **Tésztaipari búzaliszt TL 50** *A búza amazbelsőjére jellemző árnyalatú, meghatározott szemcseméret-összetételű, a búza réteslisztnél kissé „fogósabb” őrlemény, a típusra jellemző, megengedett mennyiségű finomszemcsés frakció és héjrész előfordulása mellett.*
7. **Graham-búzaliszt** *A búzára jellemző színű, megközelítően teljes kiőrlésű, széles szemcsemérettartományban tartalmaz lisztet, továbbá nagyobb szemcseméretű*

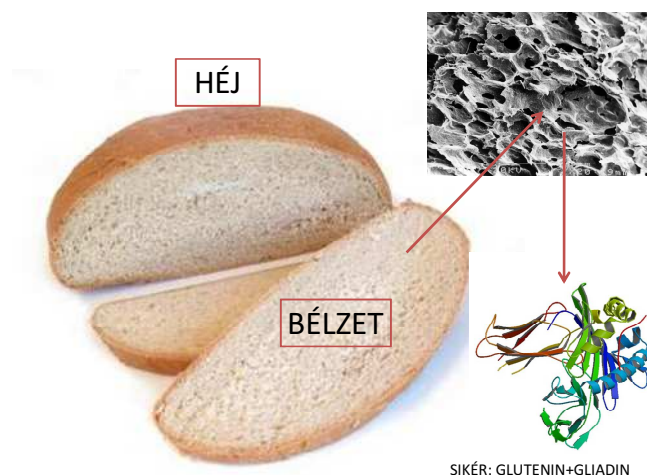
héjrészeket; a gabonaszem összes alkotórészét tartalmazza (beleértve a csírárt és a korpát is). A malmi előkészítés során csak a külső, szennyezett, vékony héjréteget távolítják el.

- 8. Teljes kiőrlésű búzaliszt** *A búzára jellemző színű, megközelítően teljes kiőrlésű finomszemcsés őrlemény, ami a gabonaszem összes alkotórészét tartalmazza (beleértve a csírárt és a korpát is). A malmi előkészítés során csak a külső, szennyezett, vékony héjréteget távolítják el. A Graham-búzalisztól szemcseméretben tér el.*
- 9. Étkezési búzakorpa** *Az étkezési búza terméshéját, aleuronrétegét és a csíra egy részét tartalmazza, a lisztnél nagyobb, meghatározott szemcseméret-eloszlás mellett.*
- 10. Tésztaipari durumbúzaadara** *A durumbúza magbelsőjére jellemző, sárgás alapszínű, nagy szemcsés őrlemény. A durumbúzára ugyancsak jellemző világos héjrészeket a típusra megengedett mértékig tartalmazhatja.*
- 11. Durumbúzaliszt, sima** *A durumbúza magbelsőjére jellemző, sárgás alapszínű, finomszemcsés őrlemény, csekély mértékű, a lisztszemcsékkel azonos méretű világos héjrészt is tartalmazhat.*

Hazánkban a BL 55, BL80 és BL112 őrlemények kenyérsütési felhasználása a legelterjedtebb.

2.4 kenyér

A malomipar örleményekből az élelmiszeripari termékek széles skálája állítható elő. A munkám szempontjából az új funkcionális liszt végtermék minősítése fő célom volt. Ahhoz azonban, hogy a kész végterméket, a kenyeret megfelelően tudjam jellemezni, a kenyér készítése és a technológiai folyamatok során lejátszódó fizikai és biokémiai változások ismerete szükséges, a továbbiakban ezeket mutatom be.



9. ábra: A kenyér felépítése

Elsőként a kenyérkészítés lépéseiről írok részletesen, majd a folyamat során lejátszódó fizikai kémiai és biokémiai változásokat részletezem, mindenek előtt a sikér kialakulását bemutattva.

2.4.1 A kenyérkészítés lépesei

A kenyérkészítésének vannak alapanyagai, segédanyagai és járulékos anyagai. Alapanyagnak nevezzük a termék előállításához nagy mennyiségben szükséges anyagokat: a lisztet és a vizet, segédanyagnak számít a kenyérhez feltétlenül, de viszonylag kismennyiségben szükséges élesztő és só [1]. Cukor hozzáadásával növelhető az élesztő metabolizmus, mert ez szolgál könnyen lebontható szénforrásként. A kenyérkészítésnek napjainkra többféle technológia alakult ki. Az alábbi lépések az általam is alkalmazott sütési eljárásban megtalálhatók:

- **dagasztás:** az alapanyagok összekeverése, homogenizálása, tészta kialakulás
- **köztes lépések**
 - **tészta pihentetés:** élesztők szaporodása, gázbuborékok képződése
 - **szétosztás és formázás:** a tészta különböző méretű gázbuborékainak eloszlása, a végtermék alakjának kialakítása
- **kelesztés** (fermentáció); élesztő működés, gázbuborék termelés okozta térfogat növekedés
- **sütés:** térfogat növekedés és a végső konzisztencia kialakulása.

A köztes lépések (pihentetés, formázás) sokfélék lehetnek a termék típusától függően. A fenti műveletek során a tészta deformálódik és jelentős méretváltozáson megy keresztül, ezen jelenségek a beltartalmi paraméterek mellett hőmérséklettől és hidratáltságtól való függést mutatnak. A kenyérfeldolgozás dinamikus folyamat folyamatos biokémiai, fizikokémiai és mikrobiológiai változással, melyet a hő és mechanikai hatás, az élesztők és az endogén enzimek idéznek elő. A tészta biopolimer komponenseinek változásai a dagasztás, fermentáció és a sütés alatt történnek. A kenyértészta szerkezetének kialakításában a sárgájafehérje játszik a döntő szerepet, míg a végső textúra létrehozásában és stabilitásában a keményítő a meghatározó komponens [27].

A továbbiakban a három minden kenyérfeldolgozás során megtalálható technológiai lépést részletesebben tárgyalom.

2.4.1.1 Dagasztás

A dagasztás művelete a kenyér alapanyagainak összekeverésére szolgál, amelynek emellett más funkciói is vannak. A dagasztás meghatározza a tészta mechanikai tulajdonságait, ezáltal közvetlen hatása van a végtermék minőségére. A keverés elegyíti az egyes összetevőket, hidratálja a búzalisztet, szolgáltatja a mechanikai energiát, ami szükséges a térháló kialakulásához, valamint levegővel dúsítja a tésztát, ami a gáz buborékok kialakulását teszi lehetővé [27].

A dagasztás során az egyen- és biaxiális deformáció járul hozzá a folytonos fehérje háló kialakulásához. A térszerkezet a diszulfid kötések és a módosított tiol hálópontok révén stabilizálódik. A dagasztás, emellett, hogy homogenizálja és hidratálja az összetevőket, a bevitt mechanikai energia révén lehetővé teszi a fehérje komponensek interakcióját és köztük

kémiai kötések kialakulását, amely a folytonos makromolekuláris viszkoelasztikus szerkezet megalakulásához vezet.

A kenyérfélesztés e fázisában még nincs méretnövekedés. A dagasztás állandó nyomaték leadásának periódusa biztosítja a tészta stabilitását, ezt a liszt típusához kell beállítani. Alulkeverés esetén a tészta inhomogén lesz, benne csomókkal, melyek a fermentációs szakaszban interferenciát okozhatnak, és rontják a végtermék minőségét. Fordított esetben, nagy fordulatszámú és az optimálisnál hosszabb ideig tartó dagasztás esetén ragadós, gyenge minőségű tésztát kapunk, amit a siker térháló gyengülése, összeomlása okoz. Az előbbieket figyelembe véve az optimális dagasztási idő meghatározása a tésztaminőség szempontjából elengedhetetlen [27].

A kenyértészta reológiai szempontból viszkoelasztikus anyag, melynek tulajdonságai átmenet mutatnak a viszkózus folyadékok és elasztikus szilárd anyagok között. A kenyértésztának elasztikusnak, nyújthatónak kell lenni ahhoz, hogy a későbbi folyamatok során bekövetkező tágulás, térfogat növekedés és a gázvisszatartás megfelelő mértékű legyen, s a térháló ne essen össze [27].

2.4.1.2 Kelesztés, fermentáció

A kelesztés előtti pihentetés és formázás kiegészítő művelet, mely a nagy gázbuborékok megsemmisítését szolgálja, hogy a gázbuborékok minél diszpergáltabban helyezkedjenek el a tésztában

A kelesztés minden kenyérsütési eljárásban megtalálható lépés, jellemző rá a nagyfokú térfogat növekedés. A kelesztés kezdetén az élesztősejtek adaptálódnak a környezethez és szaporodni kezdenek. Az élesztő az anaerob körülmények közt a szénhidrátot szén-dioxidra és alkoholra bontja [28], az enzimek jelenléte az élesztőben és a lisztben gyorsítja ezt a folyamatot. Fermentáció során keletkező szén-dioxid buborékokkal telíti a tésztát, szivacsos szerkezet alakul ki. Feltételezhető, hogy minden buborékot legalább egy élesztő sejt alakít ki. Térfogat növekedéshez szén-dioxid és a dagasztás során bekeveredett levegő buborékok vezetnek.

A térfogat növekedés a buborékokat határoló tésztafal vékonyodásához, majd összeomlásához vezet. A kezdeti tészta pihentetési szakaszt megszakíthatja a tészta osztása és formázása. A formázási lépésre nem minden liszt esetén van szükség. Bizonyos liszt fajtákban

az élesztő sejtek könnyen tudják nagy mennyiségű szén-dioxiddal telíteni a tésztát rövid idő alatt [27].

2.4.1.3 Sütés

A kelesztést követő sütési lépésben a kenyér elnyeri végső formáját. A sütést 200-300°C-on végzik 20-30 percig. A folyamat a gázbuborékok tágulását idézi elő, s ezzel együtt a tészta növekedését eredményezi. A hőmérséklet növekedésével a fermentáció mértéke is nagyobb lesz, így a szén-dioxid buborékok képződése felgyorsul, tovább fokozva a tészta növekedését. Mindeközben a képződött alkohol elpárolog a sütés során. A gázbuborékok növekedése a fermentációs és sütési szakasz alatt alakítja ki a bélzet jellegzetes struktúráját és így a termék alaptérfogatát és szerkezetét.

A növekedés akkor áll meg, amikor a hőmérséklet inaktíválja az élesztő sejteket, ez a 45°C-os tésztahőfok környékén következik be. A fehérjék denaturálódnak és a gázbuborékokat körbevevő sűrű váz félig merev szerkezetűvé válik a sütés folyamán, ez a bélzet kialakulásának menete. Az enzim reakciók során egyszerű cukrok keletkeznek, melyek a bélzet édes ízét adják. A kenyér héját a Maillard reakció termékei alkotják, amelyek a jellegzetes frissen sült kenyér illatáért is felelősek, a héj színének és ízének kialakítása mellett [1, 27].

A sütés során fontos paraméter az optimális hőmérséklet meghatározása a megfelelő gőzmennyiség mellett. Amennyiben az ideálisnál magasabb hőmérsékletet alkalmazunk, a héj hamar alakul ki, a bélzetből a gőzzé alakult nedvesség nem tud távozni. Ez a kenyér kiforrását eredményezi. Ellenkező esetben, alacsony sütési hőmérsékleten nem zajlanak le a merev szerkezetet kialakító reakciók, a kenyér nyers marad. Ha a sütő teret nem megfelelően párasítjuk, vagy nem telítjük vízgőzzel, a termék kiszárad [1].

2.4.2 A kenyér készítése során bekövetkező fizikai és biokémiai változások

A kenyér előállítását jellemző változások közül a sűrűváz kialakulását és a váz kialakulási modelleket tárgyalom elsőként, majd ezután a technológiai lépések során bekövetkező változások jellemzése következik.

2.4.2.1 A sikérváz kialakulását jellemző szerkezet-funkciós modellek

A kenyér vizsgálatához elengedhetetlen a bélzet egyedi struktúrájának kialakításáért felelős térháló, a siker megismerése. A búzára jellemző vázszerkezet a gabona fajták között egyedi jelenség, de a polimerek rendszerekben elterjedt. A siker szerkezet kialakításához szükség van a búza gliadin és glutenin tartalékfehérjéire és megfelelő mennyiségű vízre ezek hidratációjához. A siker nélkülözhetetlen a kenyérkészítésnél, befolyásolja a dagasztási, gyúrási és a sütési tulajdonságokat is. Többféle modell létezik a sikérváz kialakulásának leírására, mindegyik közös alapja az egyedi fehérje profil és szerkezet.

A **glutenin szerkezetén alapuló modellek** szerint a térhálót a glutenin alegységek diszulfid kötések révén stabilizálják. A fehérje polimerek molekulatömeg eloszlása hatással lehet a tészta minőségre. A nagy molekulásúlyú gluteninek végeikkel egymáshoz kötődve hoznak létre polimert, ezekhez kapcsolódó kis molekulásúlyú gluteninek elágazásokat alakítanak ki, majd ezek szolgálnak keresztkötőként. A modell vizsgálatához a részleges redukcióra van szükség, hogy a kénhidak megszűnjenek a láncok között, majd a funkcionalitás farinográffal vizsgálható. A kísérlet eredménye azt mutatta, hogy kis mennyiségű redukáló ágens (ditiotreitol) nagy minőség csökkenést idézett elő farinogramon, Ezzel bizonyították a S-S kötések jelentőségét a sikérváz kialakulásában [4].

A gyakorlati felhasználás, technológia szempontjából a **reológia alapú modellek** a legelterjedtebbek. Az eddigiek során kis-terhelésű dinamikus reológiai méréseket végeztek. A mérések során a tésztát jóval nagyobb terhelésnek vetik alá, mint amit a technológia során elszenved. Hátránya a dinamikus módszereknek, hogy csak egy bizonyos igénybevételre adott választ vizsgálhatják vele, nem az összes tészta kialakulás során lejátszódó összetett folyamat sorozatot.

Mint minden polimer rendszer esetében a tészta is akkor jó állagú, ha többször nyújtható, rugalmas. A nyújthatóság mértékét a keresztkötő molekulák nagysága határozza meg. Két faktor játszik szerepet a tészta erősségben; a sikerfehérjék kritikus méret fölötti aránya, illetve a fehérjék méreteloszlása. A háló tulajdonságait a fehérjék negyedleges szerkezete határozza meg. A fehérjék negyedleges szerkezetét diszulfid kötések révén kialakult fehérje polimerek és hidrogén hidak stabilizálta aggregátumok eredményezik. Fontos azonban megjegyezni, hogy a kenyérkészítés alatt kialakuló térhálós szerkezet minőségét a sikérvázon kívül a liszt más komponensei is befolyásolják, például a keményítő

és a nem keményítő jellegű poliszacharidok. A későbbiekben ezt szem előtt tartva kell a különböző malmi frakciókból készült kenyereket vizsgálni [4].

2.4.2.2 Makromolekulák szerepe a sütés során

A keményítő, a fehérje polimerek mellett, a másik nagyméretű biopolimer mely meghatározó szerepet játszik a kenyérsütésben. A keményítő könnyen fermentálható cukrokat tartalmaz az élesztő számára, szignifikáns hatást gyakorol a sütés során a reológiai tulajdonságokra. A sütés alatti hőmérséklet növekedés során a fehérje kitekeredési folyamatok hozzájárulnak a diszulfid hidak, oxidációs reakciók lejátszódásához és a hidrofób kölcsönhatásokhoz. A fenti hő indukálta folyamat révén alakulnak ki a fehérje aggregátumok. A sütés során tehát a fehérjék szerkezetet meghatározó szerepe másodlagossá válik a keményítő változása mellett. A folyamat során a keményítő vizet abszorbeál a környezetéből és megduzzad. Az amilóz láncok szemcsén belüli fázist alkotnak, ezzel megnövelve az anyag viszkozitását, ami állandó marad egészen addig, míg a növekvő hőmérséklet a keményítőszemcsék fizikai összeomlását nem okozza, ezzel csökkentve a viszkozitást. A magas hőmérsékleten az amilóz molekulák újrakristályosodása megy végbe. A hűlés során a keményítő gélesedése megy végbe, az újrakristályosodott amilóz láncok intramolekuláris kötésekkel stabilizálják a szerkezetet. A keményítő molekulák közötti reasszociációs folyamat, melyben főleg az amilóz a meghatározó, vezet a gél állag kialakulásához [27].

2.4.2.3 Kis molekulású fehérjék, szabad aminosavak szerepe

A kenyér ízéért a peptidek és a fermentáció illetve sütés során szabaddá váló bázikus és hidrofób aminosavak felelősek. A peptid és szabad aminosav frakció kialakulásában a hidrofób peptidek aránya és az endo- és exoproteáz aktivitás játszik fő szerepet. A peptidekből az aminosavak felszabadulását, hidrolízisét a liszt és az élesztő proteázai végzik. A szabad aminosavak nitrogén forrásként szolgálnak az élesztőknek és lactobacillusoknak, ezzel növelve a gázképződést, és hozzájárulva az élesztők alkohol toleranciájához, mindezzel javítva a kenyér táplálkozási értékét és az érzékszervi tulajdonságait.

A szabad aminosavak és az összes aminosav arányának változása a kenyér készítés egyes lépései során meghatározó jelentőségű a végtermék organoleptikus tulajdonságait tekintve. Dagasztás során a teljes aminosav mennyiség 64%-al növekszik, míg ezt a sütés során 55%-os

csökkenés követi. A legreaktívabb aminosavak a glutamin, leucin, ornitin, arginin, hisztidin és a lizin. A szabad aminosavak a kenyér ízének prekurzorai, mert a sütés során lejátszódó Maillard reakció során a végtermék egy fő tulajdonságát határozzák meg. A reakció során leucin, izoleucin, prolin és szerin reagál cukrokkal, mely létrehozza a kenyérre jellemző íz és aroma profilt. A fermentáció során keletkező túlzott leucin a végtermék kellemetlen ízéhez vezet [27].

2.4.2.4 Lipid-fehérje kölcsönhatás

A lipid és fehérje kölcsönhatás ugyan csak fontos a kenyér végtermék minőségében. Mind a fehérje mind a lipid egységek külön-külön is meghatározóak. A lipidek elősegítik a tézta kialakulását és pozitívan hatnak a kenyér térfogatára. A dagasztás során a szabad lipidek több mint fele kölcsön hat a sikefehérjével, de az asszociáció típusa máig nem tisztázott. Az eddigi ismeretek alapján elmondható, hogy a nempoláros lipidek és a sikeváz között a kapcsolatot a hidrofób erők határozzák meg. A glikolipidek szintén hidrofób kölcsönhatások és hidrogénhidak által kapcsolódik a vázhoz, mindemellett a foszfolipidek feltételezhetően a gliadinokkal és a lipidhez kötött fehérjével is kölcsön hatnak.

A kenyér vitamin tartalma csekély. A termék vitamin tartalma növelhető a fermentációs idő növelésével. A liszt natív és endogén folát tartalma jó stabilitást mutat a sütési eljárás során [27].

2.5 A búzaliszt sütőipari értékének meghatározására alkalmazott módszerek

A sütőipari érték (sütőipari minőség) fogalma a liszt jó minőségű sütőipari termék előállítására való alkalmasságát (ill. annak mértékét) fejezi ki. 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.

Az egyes liszt frakciók sütőipari minőségét az őrlemény összetételéből nem lehet egyértelműen meghatározni, mert a komponensek együttese komplex kolloid rendszert alkot. A klasszikus analitikai módszerek nem alkalmasak az egyes alkotók közti interakciók vizsgálatára. A tészta, mint sütőipari közttermék, egyedi struktúrájú és tulajdonságú anyag bizonyos anyagtudományi módszerekkel vizsgálható legjobban, amelyek a reológiai tulajdonságokról adnak információt. A tészta reológiai viselkedéséből levonható következtetés a liszt sütőipari értékére vonatkozóan. Ennek becslésére több empirikus módszer ismert, melyek általában a liszt vízfelvevő képességét, enzimes állapotát, illetve a tészta mechanikai tulajdonságait vizsgálják.

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 alábbi táblázatban összefoglalom a főbb reológiai módszereket [29].

függő paraméter	módszer típusa	módszer	vizsgált paraméter
Fehérje tulajdonság	dagasztásos eljárások	Valorigráf	tésztakialakulás, stabilitás, ellágyulás, vízabszorpció
		Farinográf	
		Mikrovalorigráf	
		Mixográf	
	deformációs tesztek	Extezoográf	tésztaerősség, nyújthatóság
		Alveográf	
	üledékes módszer	Zeleny szedimentációs teszt	üledék térfogat
keményítő	esésszám mérés		enzim aktivitás
	gyors viszkoanalizátoros technika (Rapid Visco Analyser)		viszkozitás, csirizedés

10. ábra: Lisztminősítésre alkalmas reológiai tesztek csoportosítása

A kutatási témám szempontjából fontos, hogy a fehérje illetve a keményítő hatása mellett tapasztalható-e a nem keményítő jellegű poliszacharidok hatás a reológiai tulajdonságokra. A továbbiakban az általam használt módszereket mutatom be.

2.5.1 A fehérjeminőségtől függő paraméterek vizsgálata

A liszt reológiai tulajdonságainak ismerete minősítési szempontból rendkívül fontos, alapvetően meghatározza a sütőipari minőséget és feldolgozhatóságot. A búzalisztból készült termékek minősége és a tészta fizikai tulajdonságai között igen szoros összefüggés áll fent.

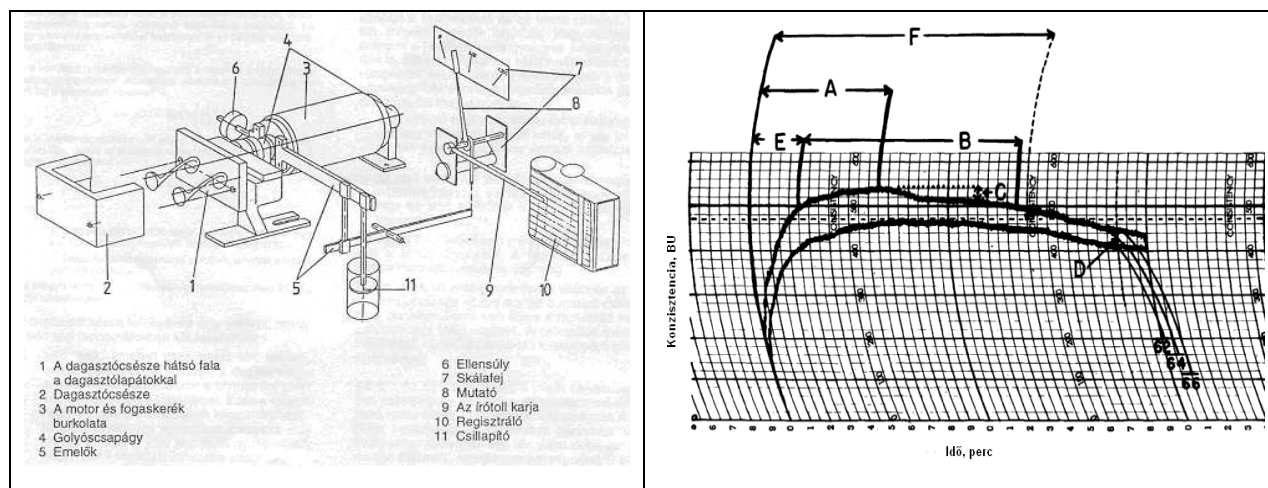
A dagasztásos módszer során a gépi dagasztással olyan folyamatot indítunk el, amikor a sikérfehérjéből létrejött térhálós szerkezetbe keményítőszemcsék és légbuborékok helyezkednek el, szabályos rendszerben. A végtermék minőségét a sikérfehérjék mennyisége és tulajdonságai döntően alakítják. A tészta stabilitásának és nyújthatóságának harmonikus aránya szükséges a jó végtermékhez. A tésztadagasztás alapvetően kétféle mechanizmus

szerint történhet. A típustól függően megkülönböztethetünk Z-karú keverőket (valorigráf, farinográf) és tús mixereket (mixográf) [30].

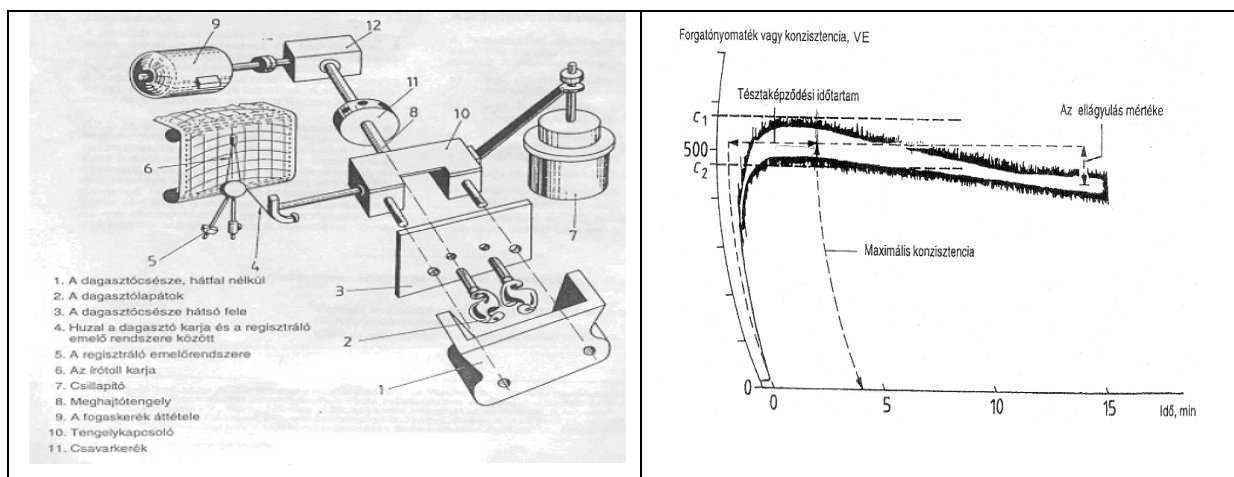
2.5.1.1 Farinográf és Valorigráf

A farinográf és a valorigráf keverő-dagasztó berendezések, melyek két, egymással szemben és eltérő sebességgel forgó Z-karból és a hozzá tartozó dagasztócsészből 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 [30].

A vizsgálat során a lisztből és vízből dagasztott tészta konzisztenciáját mérjük és regisztráljuk a dagasztás (tésztaképződés) és ellágyulás időtartama alatt. A dagasztási görbe lefutásából a liszt minőségére lehet következtetni [31, 32].



11. ábra: A farinográf és farinogram



12. ábra: A valorigráf és valorigram

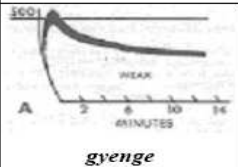
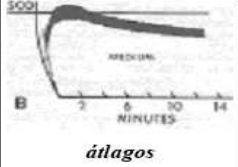
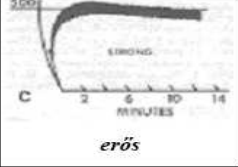
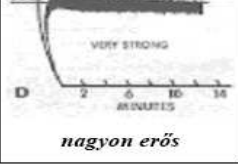
A regisztrált görbe (farinogram, valorigram) (11. ábra és 12. ábra) a tészta keverés hatására bekövetkező változását szemlélteti. A vízadagolás pillanatában a görbe gyors növekvő tendenciája jelzi a tésztaképződés megindulását. A regisztrált értékek a tészta aktuális konzisztenciáját jellemzik.

A 14% nedvességtartalmú liszt 500 FE (farinográf egység) illetve 500 VE (valorigráf egység) maximális konzisztencia szabvány szerinti értéke felel meg a farinográf, illetve valorigráf vízabszorpciónak. A vízabszorpció és a keverés maximális ellenállása között negatív, lineáris korreláció áll fenn, amelyből a keveréshez szükséges optimális vízmennyiség egyszerűen meghatározható. A liszt vízfelvevő képessége mellett, hogy utal a végtermék minőségére, a kenyérsütéshez is szükséges adat. Az optimális becsült vízabszorpcióból számítható az alkalmazandó víz mennyiség, amely az ideális tészta konzisztenciához szükséges.

A tészta kialakulási időt a vízadagolástól az optimális konzisztenciáig (500 FE, 500 VE) eltelt idő jellemzi. Az idő, amely alatt a görbe maximális konzisztencia értéken tartózkodik, a tészta stabilitását adja. A maximum után a görbe középvonala távolodik az 500-as vonaltól, ez a tészta gyengülését jelenti. A diagram leszálló ága a tészta ellágyulását jelzi[30].

A tésztaképződési idő fehérje minőségre vonatkozó jelzőszám, erős liszteknél hosszabb ez az idő, mint gyenge liszteknél. Az egyik legjelentősebb farinográf által meghatározott paraméter a stabilitás, ami a liszt minőségére enged következtetni. Az állandó keverés a bevitt mechanikai energia révén a kialakult siker váz összeomlik, ez a tészta ellágyulásához vezet. Minél hamarabb következik ez be, annál kevésbé képes ellenállni a tészta az őt ért mechanikai hatásoknak [30].

A különböző minőségű lisztek különböző farinogramokat, valorigramokat produkálnak. A különböző farinogramok és a liszt sikértartalma alapján a lisztek a 5. táblázat: **Különböző lisztminőségi osztályok** 5. táblázatban látható minőségi osztályokba sorolhatók [30].

<i>Minőségi osztályra jellemző görbe</i>	<i>Tészta kialakulási idő [perc]</i>	<i>Vízabszorpció [%]</i>	<i>Fehérjetartalom [%]</i>	<i>Keményítő-szemcse sérülés</i>	<i>Felhasználás</i>
 <i>gyenge</i>	rövid (<2,5)	kis (<55)	kis (7,5-9)	alacsony	édes tésztából készült termékek, kekszek és metélt tészták
 <i>átlagos</i>	2,5-4	54-60	10-11,5	-	kis térfogatú kenyerek
 <i>erős</i>	4-8	>58	>11,5	-	kenyerek előállítására, gyengébb lisztek erősítésére (keverék liszt)
 <i>nagyon erős</i>	>10	-	>11,5	jelentős	javítóliszt

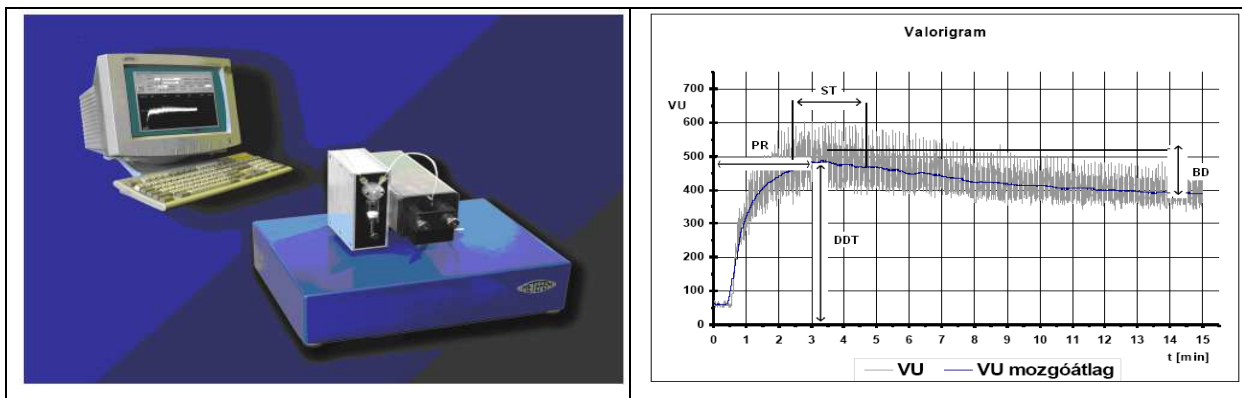
5. táblázat: Különböző lisztminőségi osztályok

2.5.1.2 Mikrovalorigráf

A Z-karú keverők több csökkentett mintamennyiséget igénylő változata áll rendelkezésre a laboratóriumi gyakorlatban. Az egyik a 10g mintaigényű Brabender farinográf. A másik a CSIRO (Ausztrália), a BME és a Metefém (Budapest) közös fejlesztése, a mikrovalorigráf (13. ábra).

A mikrovalorigráf keverési módszere megegyezik a hagyományos valorigráf és farinográfos keveréssel. A berendezést számítógép szabályozza, emellett automatikus vízadagolóval rendelkezik. A mérés végrehajtásához ~ 4 g liszt szükséges. A 13. ábra a mikrovalorigráf, a mikrovalorigráffal kapható keverési görbe és jellemző paraméterei láthatók. A görbe jellemző paraméterei a következők: DDT: Dough Development Time,

tésztakialakulási idő; PR: Peak Resistance, maximális tézstaellenállás; ST: Stability, stabilitás; BD: Breakdown, ellágyulás [33].



13. ábra: A mikrovalorigráf és a valorigram

2.5.2 A keményítőminőségtől függő paraméterek vizsgálata

A búza 65-80% szénhidrátot tartalmaz, amelynek fő alkotója a keményítő. Az amilóz-amilopektin arány jelentősen befolyásolja az ipari felhasználhatóságot. A keményítőtartalom a sikérszerkezet kialakulásában játszott jelentős szerepe miatt befolyással van a búzaliszt vízabszorpciójára [23].

A viszkozimetriás eljárások során a liszt-víz szuszpenzió, esetleg tézsta viszkozitásának változását elemezzük, melyből a hidrolitikus hatásokra (pl. keményítő bomlás) és ezen keresztül a csírázottságra lehet következtetni. Napjainkban is elterjedt, szabványos eljárás a Hagberg-Perten-féle esésszám meghatározás és az amilográfos mérés technika. További lehetőség a penetrométeres vizsgálat, amely azonban lassú, pontatlan módszer, ezenfelül készülékigényes. A jelenlegi egyik leggyorsabb, egyszerűen kivitelezhető, szabványos viszkozimetriás módszer a gyors viszkoanalizátoros technika (Rapid Visco Analyser, RVA) [34, 35].

2.5.2.1 A gyors viszkoanalizátoros technika (Rapid Visco Analyser)

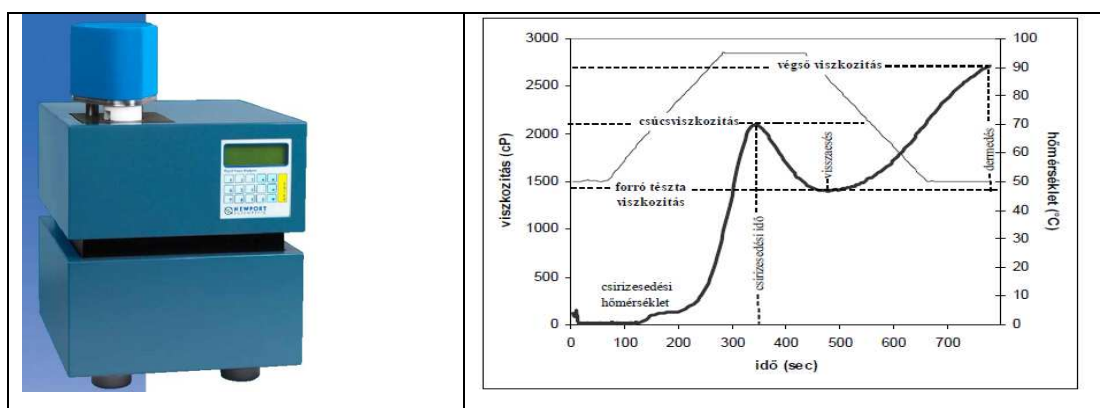
A gyors viszkoanalizátoros (Rapid Visco Analyser, RVA) technika egy egyszerű, jól reprodukálható, könnyen kivitelezhető reológiai módszer, amely a keményítőtartalmú minták fiziko-kémiai, technológiai, funkcionális tulajdonságairól nyújt felvilágosítást.

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 tégelyt egy szabályozható hőmérsékletű egységbe tesszük. A mérés során egy előre megadott időprogram szerint változtatjuk a hőmérsékletet. A mérés kezdetén a hőmérséklet a keményítő gélesedési hőmérséklete alatt van, majd amikor e hőmérséklet felé emelkedik, a keményítőszemcsék elkezdnek duzzadni, nő a viszkozitás. A hőmérséklet tovább nő, a szemcsék szétszakadnak, az amilóz oldatba kerül, és így csökken a látszólagos viszkozitás. A tartási szakaszban a mechanikai keverés és a magas hőmérséklet hatására a szemcsék tovább szakadnak, az amilóz molekulák kioldódnak. A hűtési szakaszban a keményítő molekulák valamelyest visszarendeződnek, ami gélképződéshez vezet, így a viszkozitás ismét nő a végső viszkozitás eléréséig.

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 minta jellegétől, illetve a mérés céljától függően különböző idő-hőmérséklet profilokat alkalmazhatunk. Gabonalisztek, illetve keményítők vizsgálata során legszélesebb körben az ún. Standard 1 profilt alkalmazzák (ICC Standard Method No. 162) [35].

Az RVA-mérés eredményeképpen egy idő-viszkozitás görbét kapunk (14. ábra). Az adott idő-hőfok profilhoz tartozó görbe lefutása jellemző a minta típusára, így pl. a keményítőtartalmú minták hasonló jellegű görbével rendelkeznek.



14. ábra: Az RVA-4SA készülék és az RVA-görbe nevezetes paraméterei [27]

1. Csirizedési hőmérséklet [$^{\circ}\text{C}$] („pasting temperature”): az a hőmérséklet, amelynél a viszkozitás legalább 25cP-zal növekszik 20 másodperc alatt.
2. Csúcsviszkozitás [cP] („peak viscosity”): a felfűtési szakaszban, vagy rögtön azt követően mért maximális viszkozitás
3. Csirizedési idő [min] („peak time”): az az időpont, amikor a csúcsviszkozitás megjelenik
4. Forró tészta viszkozitás [cP] („trough”): a csúcsviszkozitás után, a hűntartási szakaszban megjelenő lokális minimum
5. Végso viszkozitás [cP] („final viscosity”): a mérés végén mérhető viszkozitás
6. Dermedés [cP] („setback”): a végso viszkozitás és a forró tészta viszkozitás különbsége
7. Visszaesés [cP] („breakdown”): a csúcsviszkozitás és a forró tészta viszkozitás különbsége [35].

A csirizedési hőmérséklet mutatja a tészta főzéséhez szükséges minimális hőmérsékletet. A csúcsviszkozitás a keményítő vízkötő kapacitását mutatja. Ez jelzi a keverés és főzés során várható viszkozitásterhelést, valamint gyakran korrelál a végso termék minőségével, vagyis lisztminősítő tényező, magas értéke jó minőséget jelent. A végso viszkozitás az egyedi minták minőségét meghatározó paraméter. Megmutatja, hogy az anyag képez-e viszkózus tésztát vagy gél a főzés vagy a hűtés során. A visszaesés jellemző a képződött tészta nyírással, hőmérséklettel szembeni ellenállására, tehát fontos szempont sütőipari termékek gyártásánál [34].

2.5.3 Próbasütés

A próbasütés során a lisztből meghatározott körülmények között tésztát készítenek, kelesztik, majd kisütik azt. Az így kapott kenyerek érzékszervi vizsgálatnak vetik alá, ill. alaki hányadost és térfogatot is mérnek rajta. A tészta készítéséhez meghatározott mennyiségű vizet, lisztet, élesztőt és adalékanyagot használnak fel. A kapott tésztát gépi dagasztóval meghatározott ideig dagasztják, majd 30°C -on meghatározott ideig pihentetik és kelesztik. A kelesztés során az élesztők aktiválódnak, és enzimekkel elkezdik bontani a keményítőt. Az anyagcseréjük során gázbuborékok keletkeznek, melyeket a jó minőségű siker a tésztában tart, így a tészta laza állagú lesz. A sütés 260°C -on történik, és közben telítik a gőzfázist azért, hogy a cipó kérge ne repedezzen be. A sütés után vízpermettel kezelik a cipó felületét, így az fényes és csillogó lesz [30].

3 Anyagok és módszerek

3.1 Felhasznált anyagok

1. liszt minták:

A két különböző őrlési napon 2011.08.12. és 2011.08.19 a BL55, BL80, BL112 és funkcionális (BKL) liszteket malmi technológiából, zárt őrlésből vettem meghatározott időpontokban, a malmi stabilitás vizsgálata miatt. A 2011.08.12. vett minták a szokványos, 50% óbúza és 50 % új búza keverékei voltak. A 2011.08.19. mintavételi napon az aratás alatt a tábláról hozott új búza őrleményei voltak. Az egyes mintákat a liszt típus és mintavétel időpontja alapján azonosítóval (ID.) láttam el és a későbbiekben ezt használtam azonosításra. A malmi mintákat a mérésekig 20°C-on tároltam.

Minta szám	mintavétel napja	Mintavétel időpontja	Minta típusa
2011/117	2011.08.12	8:00	BL55
2011/118			BL80
2011/119			BL112
2011/121			BKL
2011/129		16:00	BL55
2011/130			BL80
2011/131			BL112
2011/133			BKL
2011/147	2011.08.19	9:00	BL55
2011/148			BL80
2011/149			BL112
2011/151			BKL
2011/159		16:00	BL55
2011/160			BL80
2011/161			BL112
2011/163			BKL

6. táblázat: *Vizsgált lisztminták mintavételi időpontja és kódjai*

2. Kenyér minták

A próbasütésből nyert cipókat a sütés után 20°C-on tartottam egy éjszakán át, másnap a minták héjából és bélzetből közel azonos arányban morzsoltam le. Másnap 60°C-on szárítottam 12 órán át. A további mérésekhez a szárított kenyeret daráltam.

3.2 Alkalmazott mérési módszerek

3.2.1 Beltartalmi paraméterek meghatározása

3.2.1.1 Nedvességtartalom meghatározása szabványos szárítósos eljárással

Felhasznált eszközök:

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

A gravimetriás módszert a MSZ 6369/4-87 szabvány alapján végeztem el. A kiizzított, ismert tömegű tégelyekbe (w_1) 5 g lisztet mértem be (w_2 : tégely és minta tömeg), majd 130°C-os szárítószekrényben 1 óra alatt tömegállandóságig szárítottam. A mintákat exikátorban hűtöttem, majd a szárított mintákat visszamértem (w_3).

A szabvány szerinti nedvesség meghatározás képlete:

$$\text{nedvességtartalom \%} = 100 \times \frac{w_2 - w_1}{w_3 - w_1} \quad (1)$$

3.2.1.2 Hamutartalom meghatározása szabványos hamvasztósos módszerrel

Felhasznált eszközök:

- izzító kemence és porcelán tégely
- elektromos főzőlap
- analitikai mérleg(Tecator, 360660212)
- exikátor

A mérést a MSZ 6369/3-87 szabvány alapján végeztem el, mely alapján hamunak nevezzük a minta szerves komponenseinek teljes eléégése után visszamaradó szervesetlen komponenseit (fénoxidok, foszfátok, karbonátok, kloridok, szulfátok, szilikátok). A mérés

menete: A homogén mintából 3 g-nyi mennyiséget, analitikai pontossággal (minta tömege W_2), előzőleg kiizzított porcelán tégelybe (tégely tömege: W_1) mértem. A tégelyek tartalmát elektromos rezsón égettem a száraz szenes maradék keletkezéséig, ezután az égetési maradékokat 550 °C-os kemencében izzítottam 6 órán keresztül (tömegállandóságig) A mintákat exikátorban lehűtöttem, majd tömegüket visszamértem (w_3).

Az minták hamutartalma az alábbi képlet segítségével határozható meg:

$$\text{Hamu (m/m\%)} = \frac{W_3 - W_1}{W_2 - W_1} * 100 \quad (2)$$

3.2.1.3 Nyersrost tartalom meghatározása

Felhasznált eszközök:

- analitikai mérleg (Tecator, 360660212)
- FIBERTEC SYSTEM M (Tecator)
- exszikátor
- kemence

A nyersrost azoknak a növényi anyagoknak az összessége, melyek savas, majd lúgos extrakció után visszamaradnak. 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 hemicellulóznak 80 %-a, élelmiszer-mátrixtól függően a ligninnek 50-90 %-a, és a cellulóznak is 20-50 %-a legalább részlegesen lebomlik, az alkotórészek oldhatóvá válnak, így ezeket a rosttartalom értékébe nem mérjük bele.

Mérés menete: A mintákból analitikai pontossággal bemértem 1g (W_1) mennyiséget a szűrőtégelyekbe, majd behelyezzük az extraháló készülékbe. Hozzáadunk 120-150 ml előmelegített H_2SO_4 oldatot és 2-3 csepp n-oktanol (habzásgátló). Az így összeállított mintát 30 percig forraljuk, a forralás végeztével, vízszugárszivattyú segítségével leszűrjük a mintákat és 120-150 ml desztillált vízzel mossuk. Ugyanezt a folyamatot végrehajtjuk, csak a H_2SO_4 helyett előmelegített 120-150 ml 0,223 M NaOH oldatot használunk. Az extrakció befejeződése után háromszor 20-20 ml acetonnal mossuk a mintánkat, majd 130°C-on szárítószekrényben szárítjuk, exszikátoros hűtés után tömegüket lemérjük (W_2). Ezt követően

a szűrőtégelyeket 500°C-os izzítókemencébe helyezzük és 3 órán keresztül izzítjuk. Szobahőmérsékletre hűlve tömegüket ismét visszamérjük (W_3). A nyers rost számítására az alábbi képlet szolgál (3).

$$\text{Nyersrost \%} = \frac{W_2 - W_3}{W_1} * 100 \quad (3)$$

3.2.1.4 Nyerszsír tartalom meghatározása

Felhasznált eszközök:

- SOXTEC SYSTEM HT-6 típusú extrakciós berendezés (Tecator AB, Svédország)
- analitikai mérleg (Tecator, 360660212)
- Szárítószekrény (MLW WS50, gyártási szám: 83206 (WEB-MLW Labortechnik))

A liszt összes lipid tartalmát nyerszsírnak hívjuk. A lipid tartalom 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 menet:

A készülék termosztátjának és hűtésének elindítása után, a mintából bemérem analitikai pontossággal 3g-ot (W_1) 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 kupa tömegét mértem (W_2). A kupatartókban lévő kupákba 30-30 ml hexánt tettem, majd forralni kezdtem. A meleg extrakciót 20 percig végeztem, ezt a forrás megindulásától számítjuk, melyet a hűtőről lecsepegő folyadék jelez.

A következő lépés a hideg extrakció, a műveletet 40 percig végeztem. Majd az extrakció végeztével a szelepeket zártam, az oldószernyomok eltávolítása céljából, mintáimat levegő befúvással szárítottam 10 percre.

A kupákat kivettem a készülékből, 105°C-os szárítószekrényben 30 percig szárítottam, majd exsziátorban történő hűtés után visszamértem a maradék minta és a kupa tömegét (W_3). Az eredmény kiszámítását a Labtech rendszer automatikusan elvégzi az alábbi képlettel:

$$\text{Nyerszsír(\%)} = \frac{W_3 - W_2}{W_1} \quad (4)$$

3.2.1.5 Fehérjetartalom meghatározása Dumas-analízissel

Fehérjetartalom meghatározása Dumas-analízissel

Felhasznált eszközök:

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

A mérést az ISO/TS 16634-2:2009 szabvány alapján végeztem el. A módszer a minta nitrogéntartalmának mérésén alapul, akkor alkalmazható, ha a minták a fehérjéken kívül nem vagy csak elhanyagolható mennyiségben tartalmaznak N tartalmú anyagokat. Az eljárás során a mintát 800-1000 °C körüli hőmérsékleten elégetik (CuO katalizátor jelenlétében, tiszta oxigénben). Az égés során keletkező gázelegy H_2O és CO_2 tartalmát specifikus tölteteken megkötik az N_xO_x gázokat pedig izzó rézspirálon N_2 gázzá redukálják. A felszabaduló nitrogén mennyiségét esetünkben hővezető képesség- detektor segítségével határozzuk meg. Az automatizált berendezéssel meghatározott teljes szerves N-tartalom értékből számítás alapján határozható meg a minta nyersfehérje-tartalma. Az általános nitrogén/fehérje számítás, a fehérjék 16%-os N tartalmán alapszik:

$$6,25 = \frac{1}{16} * 100$$

Azonban ez a képlet a vizsgált fehérjék pontos aminosav összetétele alapján pontosítható, estemben az gabonafehérjékre alkalmazott faktor: 5,7

3.2.2 Tészta vizsgálata

3.2.2.1 Mikrovalorigráfos mérési módszer

Felhasznált eszközök:

- Mikrovalorigráf (prototípus, gyártó: Metefém Szövetkezet)
- számítógét
- analitikai mérleg (Tecator, 360660212)

A méréseket a Metefém szövetkezet által készített mikro-valorigráf prototípussal végeztem. A mikrovalorigráf (prototípus, gyártó: Metefém Szövetkezet) a lisztből és vízből dagasztott tészta reológiai tulajdonságainak meghatározására és rögzítésére alkalmas készülék. A műszer felépítése és működési elve analóg a hagyományos valorigráffal, alkalmazása is a standard valorigráfos módszer adaptálása alapján történik (MSZ ISO 5530-3: 1995).

A méréshez a liszt minta nedvesség tartalmának ismerete szükséges. A módszer 14 %-os nedvességtartalmú 4 g mintára vonatkoztatott lisztmennyiséget igényel. A minta adatainak és a mérési eredményeinek regisztrálása szoftver (Scom, CSIRO, Ausztrália) segítségével történik. Mérés indítása előtt meg kell adni a minta nedvességtartalmát és a jósolt vízabszorpciót. A keverés elindítása után a meghatározott lisztmennyiséget bemértem majd mérés megkezdésétől számított 25 másodpercben a szükséges vízmennyiséget a lisztbe adagoltam. A berendezés rögzíti a tészta dagasztása közben fellépő ellenállás értékeit. Az esetlegesen a dagasztó széléhez tapadt lisztet műanyag spatulával visszajuttattam a mintatömeghez.

A mérési adatok értékelését kiértékelő program segítségével végeztem. A program a mérési pontok alapján meghatározza a görbe átlagát (középvonal) és a mikrovalorigram középvonalának maximális értékét. A maximális konzisztenciához tartozó idő a tészta kialakulási idő (DDT). A tészta kialakulási időt a víz hozzáadásának idejével korrigáltam. A további részparaméterekhez szükséges görbeértékeket a görbe lefutásából kellett meghatároznom és az értékelő táblázatba bevennem. A korrigált stabilitás érték meghatározásához a görbe felső vonalának azon két időpont különbségének értéke szükséges, amelyet a középvonal-maximális konzisztencia értékének elérésénél és elhagyásánál mértem. A mérés végén mért konzisztencia és a tészta kialakulási időnél mért maximális konzisztencia különbsége a tészta ellágyulása.

3.2.2.2 Nedves síkér tartalom meghatározása

A mérést a ICC standard No. 137/1 és a MSZ ISO 5531 alapján végeztem

Felhasznált eszközök:

analitikai mérleg (Tecator, 360660212)

Glutomatic síkérmosó berendezés és centrifuga (számuk:)

Mérés menete:

A szűrőt nedvesítettem, és a gép tálkájába bemértem 10-10 g liszt mintát, majd hozzáadtam 4,5-5 ml 2% NaCl oldatot.

A start gomb megnyomása után a készülék először gyúr, mintalisztból téstvá áll össze. Ezt egy sós oldatos mosási fázis követi, mely során a keményítő kioldódik a rendszerből. A mosás végén két téstvá golyót kaptam, melyeket centrifugáltam, majd ezt követően a tömegüket visszamértem.

A meghatározáshoz az alábbi képlet szükséges:

$$\text{Nedves síkér} \left(\frac{m}{m} \% \right) = \text{teljes nedves síkér} (g) \times \frac{100}{10g} \quad (6)$$

3.2.2.3 Gyors viszkoanalizátoros (RVA) mérés

A gyors viszkoanalizátoros (Rapid Visco Analyser, RVA) technika egy egyszerű, jól reprodukálható, könnyen kivitelezhető reológiai módszer, amely a keményítőtartalmú minták fizikokémiai, technológiai, funkcionális tulajdonságairól nyújt felvilágosítást.

A mérést az ICC Standard Method No. 164 szabvány alapján végeztem.

A méréshez felhasznált berendezések, eszközök és anyagok:

- Rapid Visco™ Analyser RVA-4SA (Newport Scientific Pty. Ltd., Warriewood , Australia)
- számítógép
- analitikai mérleg (Tecator, 360660212)

A mérés kivitelezése:

A készülékhez tartozó fém tégelybe bemértem 25 ml desztillált vizet, majd hozzá öntöttem a 0,01 g-os pontossággal kimért, a nedvességtartalom alapján számított (14 %-s nedvesség tartalom alapján kb. 3,5 g) lisztet. A tégelybe tettem a hozzá tartozó keverőlapátot és elkevertem a lisztet a desztillált vízzel.

A tégelyt a keverőlapáttal a készülékhez rögzítettem. A szoftver hőprofiljai közül a Standard1-t alkalmaztam (részei: 90 °C-ra felmelegítő szakasz, 90 °C-on tartó szakasz, visszahűtési szakasz). Majd a tégelyt a szabályozott hőmérsékletű egységbe nyomva elindítottam a mérést, ami 13 percig tartott. Minden mintából két párhuzamos mérést végeztem.

3.2.3 Végtermék minősítés

3.2.3.1 Próbasütés: ICC-STANDARD No.131. adaptációja

Felhasznált eszközök:

- sütő (Wiesheu Wolfen GmbH, Germany; típus: Minimat 2 IS 500 links)
- termosztát (eKa 880 RAX, 310806355)
- keverő (Kitchen aid, Heavy duty, Model 5KPM5, , St Joseph, Michigan USA)
- gyúródeszka, sodrófa
- kelesztő tálak
- mérleg (KERN 440-45, WC0298726)

Az ICC sütés szabványt a szokványos malmai őrlmények végtermék minősítésére dolgozták ki. A szabványt laboratóriumi körülményeinkhez adaptáltuk. A standard eljárás kialakításának középpontjában az egyenletes minőségű cipók készítését és az eltérő típusú lisztek közti különbségek kiemelését helyeztük. A fenti szempontokat szem előtt tartva alakítottuk ki az alábbi optimalizált sütés tervet.

Hozzávalók	Tömeg (g)	Liszt tömegére vonatkoztatott %
liszt	1000*	100
friss élesztő	25	1,8
só	15	1,5
cukor	18,6	1,86
aszorbinsav	0,05	0,005

7. táblázat: A kenyér hozzávalói

*14% nedvesség tartalom esetén

Oldatok:

- Cukor-só oldat: $15 \pm 0,5$ g sót, $0,05 \pm 0,002$ g aszorbinsavat és $15 \pm 0,5$ g cukrot feloldunk 400 ml vízben.
- Cukor oldat az élesztőhöz: 3,6 g cukrot oldunk 68,4 ml vízben. Az elkészült oldatban szuszpendáljuk a 25 g élesztőt.

Alkalmazandó liszt mennyiség:

1 kg liszt szükséges, ha 14 %-os a nedvesség tartalom, amennyiben ettől eltérést tapasztalunk az alábbi képlettel számítható az alkalmazandó mennyiség:

$$m_{\text{liszt}} = \frac{86}{100-M} \text{ kg} \quad M: \text{nedvesség tartalom \%} \quad (7)$$

A szükséges vízmennyiség:

A vízszükséglet megállapításához farinográfus mérés szükséges, melynek során a tészta víz adszorpcióját állapítjuk meg. A hozzáadandó mennyiséget az alábbi képlettel számítjuk ki:

$$\frac{m_{\text{liszt}}}{100} * w_a - 468,4 = m_{\text{víz}} \quad (8)$$

w_a : víz adszorpció (%)

Dagasztás: Szükséges alapanyagok kimérését követően. A keverő tál aljára az élesztő oldatot helyeztem erre a lisztet, majd végül a cukor-só oldatot rétegeztem a kiszámított víz mennyiséggel együtt. A kevertetést 5 percig végeztem. A kelesztő tálakba konyharuhát tettem, melyeket liszteztem, hogy ne ragadjon bele a tészta. A dagasztás végeztével a tésztából három egyenlő részt készítettem. Az egy cipó tömegét a kezdetben kimért, receptben szereplő tömegek összeadásával majd az így kapott összeg negyedelésével nyertem.

Tészta pihentetés: A kimért cipókat gömbölyítettem, majd a lisztezett kelesztő edényekbe tettem és a 31°C-os termosztátba helyeztem 30 percre.

Formázás: 30 perc után a tésztát lisztezett felületre tesszük és sodrófával kinyújtjuk. A kinyújtott tészta két szélét a közepéig behajtottam, majd a felső és alsó részét is behajtottam, ezután ismét kinyújtottam. Ezután ismét behajtottam a két oldalát, ezzel közel 13cm-es tészta sávot készítve. A tésztát csiga alakúra tekertem fel és formázott sütőtálba helyeztem.

Kelesztés: A sütőformába helyezett tésztákat 50 percre 31 °C-os termosztátban kelesztettem.

Sütés: A sütőt 230°C-on előmelegítettem, az alábbi sütési paraméterek mellett végeztem a sütést:

- Előmelegítés: 230°C
- Párásítás: 150 ml víz, 10 sec-ig, 10 sec behatási idő
- Sütési hőmérséklet: 210°C

A kelesztés végeztével a formába helyezett cipókat előmelegített sütőbe tettem, 32 percig sütöttem. A kész kenyereket hűtjük és csomagoljuk, a minősítéshez tartozó méréseket másnap végezzük.

Próbacipók minősítése:

- Térfogatmérés: kiszorításos módszerrel
- Tömegmérés
- Cipómagasság

3.2.4 A liszt és kenyér minták funkcionális komponenseinek mennyiségi meghatározása

3.2.4.1 Élelmi rost mennyiségi meghatározása

A mérést az ISO/TS 16634-2:2009 szabvány alapján végeztem el.

A méréshez felhasznált berendezések, eszközök és anyagok:

- N/fehérje-analizátor (LECO, FP-528) (. ábra)
- Speciális ón mintatartó fólia
- Analitikai mérleg (Tecator, 360660212)
- Analitikai mérleg, 0,1 mg pontosságú
- Szárítószekrény

Felhasznált anyagok, oldatok:

- Etanol, 96% (V/V)
- Etanol, 78% (V/V)-os: mérjünk 207 ml vizet 1 literes mérőlombikba. Töltsük fel 96% (V/V)-os etil-alkohollal.
- Aceton
- Enzimek (Megazyme International Ireland Limited) 0 – 5°C-on tárolva (A Kit tartalmazza az enzimeket a megfelelő hígításban)
 - α -amiláz, hőstabil
 - proteáz
 - amiloglukozidáz
- Ionmentes víz
- Celite, savval mosott, hamumentes
- Foszfát puffer, 0,08 mólos, pH = 6,0: 1,400 g vízmentes dinátrium-hidrogén-foszfátot (Na_2HPO_4) 9,68 nátrium-dihidrogén-foszfátot (NaH_2PO_4) 700 ml vízben, 1 l-re feltöltve
- Nátrium-hidroxid oldat – 0,275 normál: 11,00 g NaOH 700 ml vízben, 1 l-re feltöltve
- Sósav oldat – 0,325 mólos.

A mérés menete:

A lisztminták esetében a por állag, kis nedvesség- és zsírtartalom miatt nem szükséges minta előkészítést végezni. A méréshez alkalmazott reagensek által okozott értéknövekedés kiküszöbölése érdekében vakmintát mértem. A mintákból bemértem kétszer 1 g mintát 0,1 mg pontossággal a készülékhez tartozó műanyag edényekbe. A minták tömege között a különbsége nem lehet nagyobb 20 mg-nál. Két párhuzamos mérés során 50 ml foszfát pufferbe 50 µl hőstabil α -amiláz oldatot adtam

Az edényeket alumínium fóliával lefedtem, majd 30 percre 80 °C-os vízfürdőbe helyeztem, a 25. percben 60 °C-on folytattam a hőkezelést. Majd az elegyet jégen hűtöttem míg szobahőmérsékletű nem lett.

A kihűlt elegy pH-ját NaOH oldattal 7,5-re állítottam, majd 100 µl proteázoldatot rétegeztem rá. Ezt követően ismét alumínium fóliával lefedtem a főzőpoharat, és 30 percig 60°C-on inkubáltam. Majd ezt követően ismét jéggel hűtöttem. Az oldat pH-ját HCl oldattal 4,5-re állítottam.

Az edényekbe 200 µl amiloglikozidázt adagoltam, lefedtem alumínium fóliával, és 20 percig 60°C-on állandó keverés közben inkubáltam. Majd hozzáadtam 280 ml 60°C-os 95%-os etil-alkohol oldatot. A teljes csapadék képződés szobahőmérsékleten tartottam 60 percig.

Megmértem a szűrőtégelyek tömegét és mindegyikbe bemértem ~1g Celite-t, azután a szűrőtégelyben egyenletesen elosztott Celite ágyat megnedvesítettem 78%-os etil-alkohollal. A Celite-t vákuumpumpával eloszlatam a szűrőtégelyen. Ezután a készülék segítségével leszűrtem a 6 mintát. Egymás után háromszor mostam a csapadékot 20 ml 78%-os etil-alkohollal, majd kétszer 10 ml 95%-os etil-alkohollal, végül kétszer 10 ml acetonnal. A csapadékot tartalmazó szűrőt egy éjszakán át atmoszférikus nyomású szárítószekrényben 105°C-on szárítottam. Ezt követően exsikkátorban hagytam lehűlni, majd megmértem a tömegét 0,1 mg-os pontossággal. Szűcsné Makay Erika segítségével meghatároztuk az egyik párhuzamos minta csapadékának a fehérje tartalmát Kjeldahl módszerrel, N x 6,25 átszámítási faktort használva. A másik párhuzamos minta csapadékát hamvasztottam 5 órán keresztül 525°C-on. Lehűtöttem exsikkátorban, majd lemértem a tömegét 0,1 mg-os pontossággal. A fehérje, hamu és csapadék tömeg visszamérésénél a szűrő és a Celite súlyával korrigáltam.

4 Eredmények értékelése

Munkám középpontjában a Gyermely Zrt.-nél megvalósított malomipari fejlesztés során kialakított új, funkcionális komponensekben gazdagabb őrlemény frakció összetételének és sütőipari minőségének megismerése állt. Mivel új termékről van szó, az új őrleményfrakció minőségstabilitásának vizsgálata is célszerű. Ezen azt értjük, hogy az ipari technológia és búzaalapanyag milyen mértékben befolyásolja a vizsgált paramétereket. Ez utóbbi vizsgálatok elvégzésére is biztosítottak lehetőséget a Gyermely Zrt. munkatársai azzal, hogy két eltérő napon, eltérő alapanyagból kiindulva, egy napon belül két-két időpontban, zárt őrlés keretében történt a legfontosabb lisztfrakciók (BL55, BL80, BL112 és új típusú, BKL jelű liszt) levétele, majd későbbiekben minősítése. A mintavételi tervből is látható, hogy az új őrlemény minősítését a hagyományos őrleményekkel összehasonlítva végeztem, így a teljes technológia stabilitására is tudtam következtetéseket levonni.—Emellett tanulmányoztam az egyes új összetevők, a tésztajellemzők és a végtermékminőség közötti kapcsolatot is. Ez utóbbi azonban csak előtanulmánynak tekinthető, hiszen a rendelkezésre álló mintaszám nem tesz lehetővé statisztikailag is megbízható összefüggés-vizsgálatot.

A fenti kísérlet terv alapján méréseim három csoportra oszthatók. Először a lisztek beltartalmi összetételét vizsgáltam és a klasszikus őrlemények eredményeit hasonlítottam a funkcionális liszt eredményeihez. Vizsgálataim második csoportját az őrlemények reológiai minősítése képezte. A harmadik vizsgálati területként a fent felsorolt őrleményekből sütőipari végtermékteszteket végeztem el, szabvány szerinti próbacipók előállításával és minősítésével. Végezetül pedig igyekeztem értelmezni és következtetéseket levonni a mért paraméterek közötti összefüggésekből, különös tekintettel az új típusú lisztek nem keményítő jellegű poliszacharidjainak szerepére. Ezen a területen kevésbé tudtam támaszkodni az irodalmi adatokra, hiszen ilyen típusú őrlemény és termék előállítás mindeddig nem történt, így az eddigi publikációkban is csak részeredmények találhatók.

4.1 Lisztek beltartalmi eredményeinek értékelése

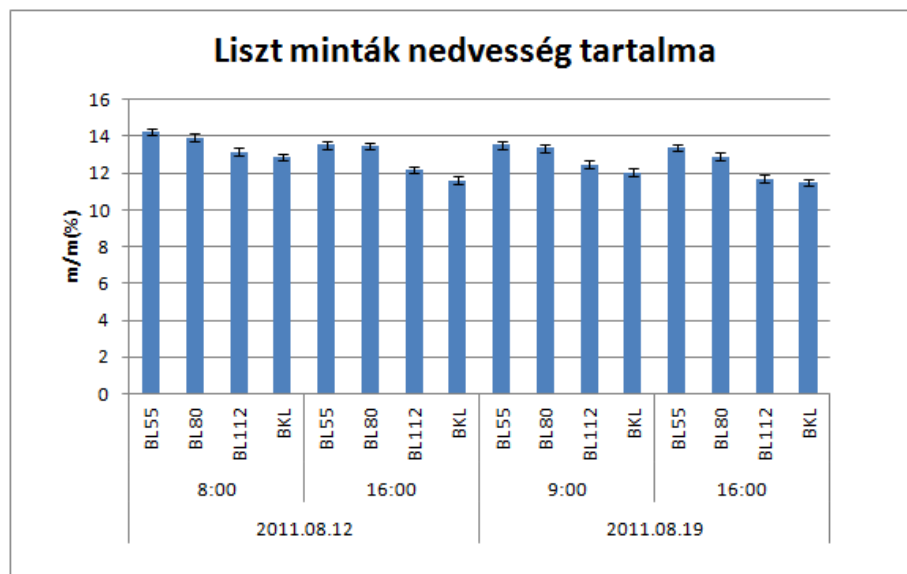
Az általam vizsgált minták táblázata (

6. táblázat) az anyagok és módszerek részben található. Az összetételi komponensek vizsgálata során mindkét zártörítés két-két időpontjában vett valamennyi alapőrleményből (BL55, BL80, BL112, és speciális liszt) meghatároztuk a fehérje, zsír, nyersrost, nedvesség és hamutartalmat. Emellett az egyes funkcionális lisztek élelmi rostmennyiségét is mértük. A hagyományos lisztek élelmi rosttartalma ismert irodalmi adatokból, illetve a tanszéken végzett korábbi vizsgálatokból. Mivel igen idő és vegyszerigényes mérésről van szó, a TDK munkám lezárásáig nem volt lehetőségünk valamennyi mérést elvégezni. Ezért az eredmények összehasonlító értékelését az élelmi rosttartalom esetében a speciális lisztek mért és a hagyományos lisztek átlagos értékei alapján végzem el.

A mért eredményeket az 1. Melléklet tartalmazza. Az egyes őrlemények kémiai összetétele között jelentős eltérés tapasztalható. A továbbiakban a beltartalmi eredményeket ábrázoló diagramokon feltüntetett szórás értékek relatív szórásokat mutatnak, melyek az általam alkalmazott standard módszer ismételhetőségét mutatják.

4.1.1 Lisztek nedvességtartalma

A nedvességtartalmat tekintve az egyes mintavételi időpontokon belül a lisztek kb. 2%-on belüli eltérést és az őrlénytípusokon belül azonos tendenciát mutatnak (15. ábra).



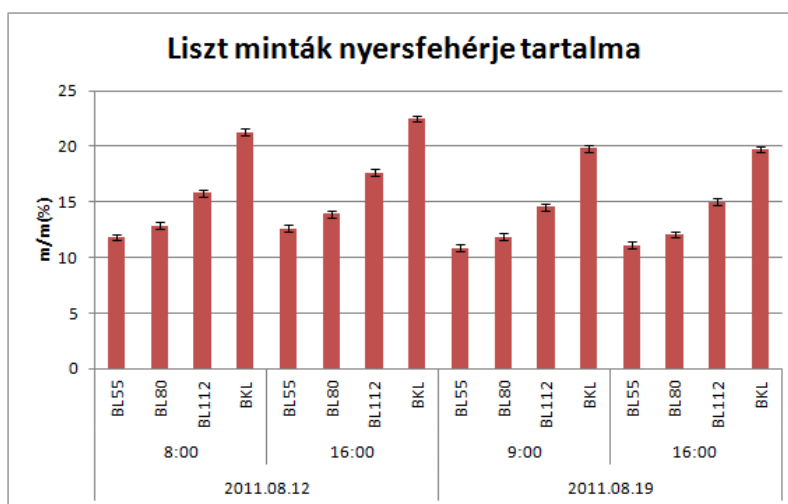
15. ábra: A 2011.08.12. és 2011.08.19. liszt minták nedvesség tartalma m/m(%)-ban (megismételhetőség: 0,2 m/m %)

Látható, hogy minden esetben a BL55 és BL80 típusú lisztek nedvesség tartalma a legmagasabb, míg a BL112 és BKL lisztekénél valamivel alacsonyabb értékek tapasztalható. A délelőtti és esti mintavételek között eltérés észlelhető, a 16 órai minták mind két napon –bár nem túl jelentős mértékben - de alacsonyabb nedvességtartamúak, mint a reggeliek. A nedvesség tartalmat a malmi technológia előkészítő művelete – a kondicionálás- során állítják be, melynek célja a magszövetek fellazítása és így az őrlés mechanikai műveleteinek megkönnyítése, a lisztkihozatal növelése. A tapasztalt eltérések részben az alapanyag állás közbeni természetes száradása, másrészt a malmi szeparációs műveletek (pl. flotálás) során bekövetkező kismértékű száradás következménye lehet. Ez leginkább a funkcionális lisztfrakciók esetében jelentkezik, ezek nedvességtartalma, mind a négy esetben a legalacsonyabb. Összességében megállapítható, hogy valamennyi őrlmény nedvességtartalma megfelel a forgalomba hozatal szabályainak, a Magyar Élelmiszerkönyvben leírt <15% nedvességtartalomnak. Ugyanakkor figyelemre méltó, a zárt őrlés során egyértelműen bizonyítható nedvességtartalom csökkenés, amely vélhetően az egyszerre kondicionált és betárazott alapanyag nap közbeni száradásából adódik. Ez a közel

2%-os változás már jelentősnek mondható más hatással lehet a malmi őrlés hatásfokára, ezért erre felhívjuk a nyártó figyelmét. A fenti nedvességtartalom értékeket a későbbi reológiai és végtermék vizsgálatoknál is felhasználjuk, ezt vesszük alapul a mikrovalorigráfos vizsgálatok vízabszorpciójának meghatározásánál és a sütési próbák téztakészítésénél is.

4.1.2 Lisztek nyersfehérje tartalma

A *nyersfehérje* tartalom növekvő trendet mutatnak a BL55, BL80, BL12 és BKL sorrendjében (16. ábra). Az irodalomban a búzakenyérlisztek átlagos fehérje tartalma 12 % körüli. Az irodalmi értéknek a BL55 és BL80 típusú lisztek felelnek meg.



16. ábra: 2011.08.12. és 2011.08.19. liszt minták nyersfehérje tartalma m/m(%)-ban kifejezve (megismételhetőség: 0,3 m/m %)

A funkcionális liszt nyersfehérje tartalma közel kétszerese a BL55 liszteknek. A BL55 és BL 80 lisztek a gabonakémia irodalma szerint tartalékfehérjében (sikerfehérjék, gliadin és glutelin) gazdag magrészt tartalmaznak. A BL112 és főleg a funkcionális lisztekben a héj közeli frakciók egyre nagyobb hányada is jelen van, melyek már nem csak a tartalék fehérjék dominálnak. Az aleuron rétegben ugyanis a védő és a biológiailag aktív fehérjekomponensek (albuminok és globulinok, pl. enzimfehérjék és egyéb komponensek (rostalkotó szénhidrátok, bioaktív mikroösszetevők, stb.) is megjelennek [4]. S bár ezen dolgozat keretén belül a speciális lisztek fehérje frakció- és alegység-összetételét nem tudtuk vizsgálni, az megállapítható, hogy a BL112 és főleg a speciális őrlményünk fehérjetartalma lényegesen magasabb, fehérje alegység-összetétele jelentősen eltér, ami nyilvánvalóan hatással lesz ezen malomipari termékek táplálkozási értékére és technológiai

viselkedésére is. A funkcionális liszt magas fehérje tartalma az aleuron réteg felépítésére vezethető vissza. Az endosperm és a héj közötti közvetítő szerepe miatt magas a funkcionális komponens tartalma. A BKL frakciók fehérje profilját nem vizsgáltuk. A szakirodalmi adatok alapján feltételezhető, hogy a mért jelentős fehérje tartalom az aleuron réteg magas koncentrációjával áll kapcsolatban. A réteg fehérjei teszik ki a búzaszemben található albuminok és globulinok legnagyobb mennyiségét

A két mintavételi nap eredményei eltérést mutatnak, ami a két különböző búza alapanyag minőségi különbségére vezethető vissza. Ugyanakkor egy napon belüli vizsgálatok során az azonos őrlmények fehérjetartalma csak minimális eltérést mutatott, jelezve a megfelelő technológia- és termékstabilitást. Ezt az egyéb beltartalmi paraméterek alakulása is alátámasztja (lásd alább.).

Ez idáig történ előkísérletek a funkcionális liszt sikértartalom standard módszerrel történő meghatározására, nem bizonyultak sikeresnek. A klasszikus búzalisztek nedves siker tartalmára kidolgozott módszer a BKL lisztek magas, nem vízzoldható élelmi rost tartalma miatt látszólagos magas siker tartalmat eredményezett.

4.1.3 Nedves sikértartalom

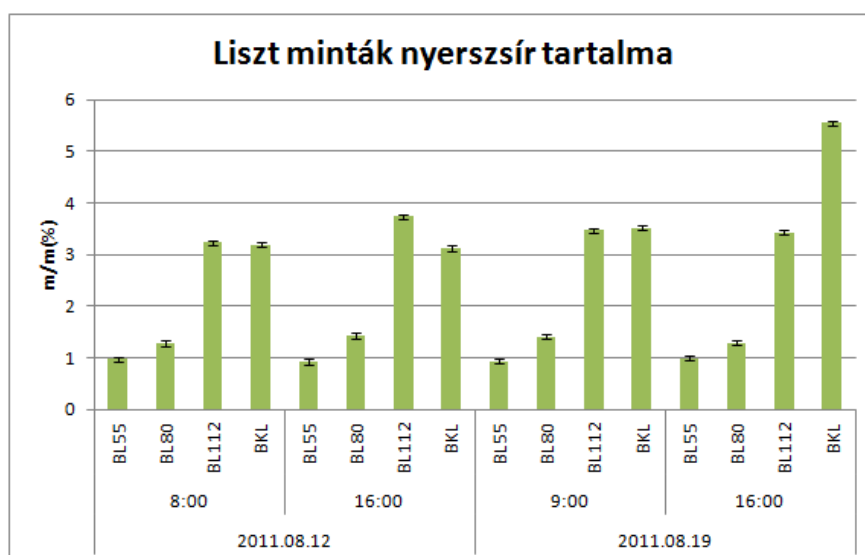
A *nedves siker* meghatározása a szabványos módszerrel történt (MSZ ISO 5531). A (8. táblázat) alapján a BL55 frakció nedves siker tartalma 33,16 %, a BKL liszt frakciójában pedig közel kétszer annyi siker található. Egy sorozat többszöri ismétlését követően mérési tapasztalatunk, hogy a Bl12 és a speciális őrlemény (BKL) eltérő fehérje és rostösszetételéből is jól levezethető módon a speciális lisztek sikértartalmának meghatározására az eddigi szabványos –és készülékkel automatizált- módszerek nem alkalmasak. Ugyanis a hidratálódó ún. „oldható” élelmi rostkomponensek (pl. pentozánok), valamint a nem oldható rostszemcsék tésztában maradása (barna színű, korpa szemcséket tartalmazó siker), továbbá az oldható fehérjefrakciók jelenléte mind fizikai (nehezen kezelhető, kenődő tésztagolyók a mérés során), mind összetételi (bemérjük a rost komponenseket) értelemben hibaforrás. Új módszer fejlesztése szükséges, amihez viszont ismét kulcskérdés az új típusú őrleményekben megjelenő új komponensek (elsősorban fehérje és szénhidrátfrakciók) megismerése.

Minta típusa	Nedves sikér (%)
BL55	33,16
BL80	33,68
BL112	44,42
BKL	67,97

8. táblázat: Egyes liszt típusok nedves sikér tartalma

4.1.4 Lisztek nyerszsír tartalma

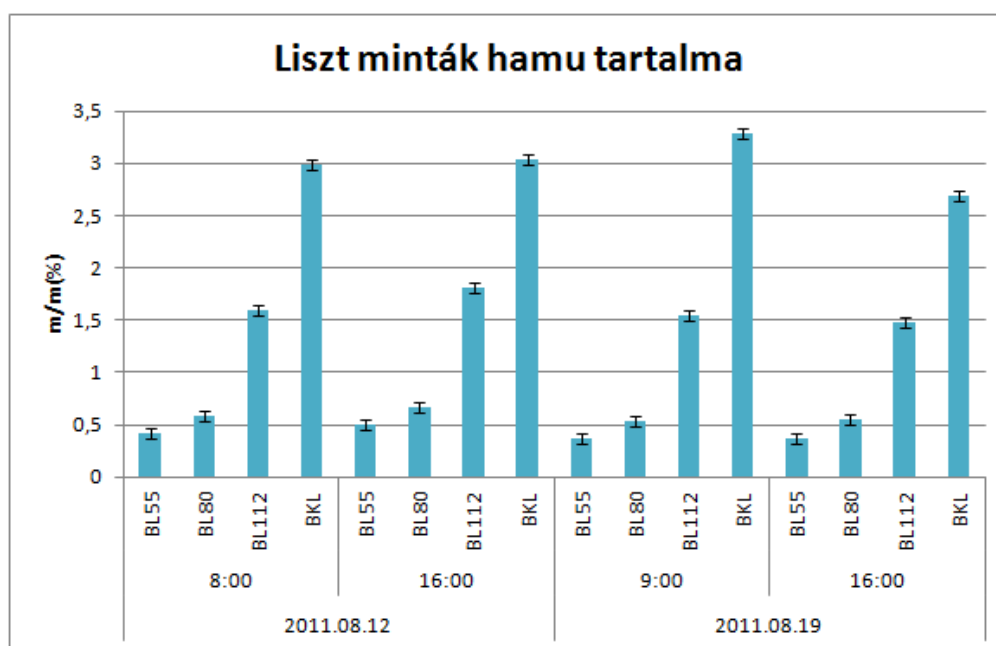
A *nyerszsír* esetében a BL55 és BL80 mintáknál az irodalmi átlag érték (1,5%) közeli mennyiséget mértünk. A funkcionális és a BL112 lisztek zsírtartalma lényegesen magasabb (3% feletti érték) és érdekes módon közel azonos értékű (17. ábra). Ez a megállapítás elgondolkodtató, mintha azt jelezné, hogy az aleuron rétegből mindkét frakció ugyanazt a mennyiséget (az őrlés során elválasztható maximumot) tartalmazza és a két őrlemény eltérő összetétele és tulajdonságai nem az eltérő viaszos hártáfrakció-mennyiségétől függ. Erre is a vizsgálataink folytatásaként tervezett fehérjeprofili tud igazán választ adni. Mindenesetre a magasabb zsírtartalom előrevetíti a nagyobb fokú oxidáció (rövidebb eltarthatóság) veszélyét, melyet mindenképpen vizsgálni kell a későbbiekben.



17. ábra: 2011.08.12. és 2011.08.19. liszt minták nyerszsír tartalma m/m(%)-ban kifejezve (megismételhetőség: 0,05 m/m %)

4.1.5 Lisztek hamutartalma

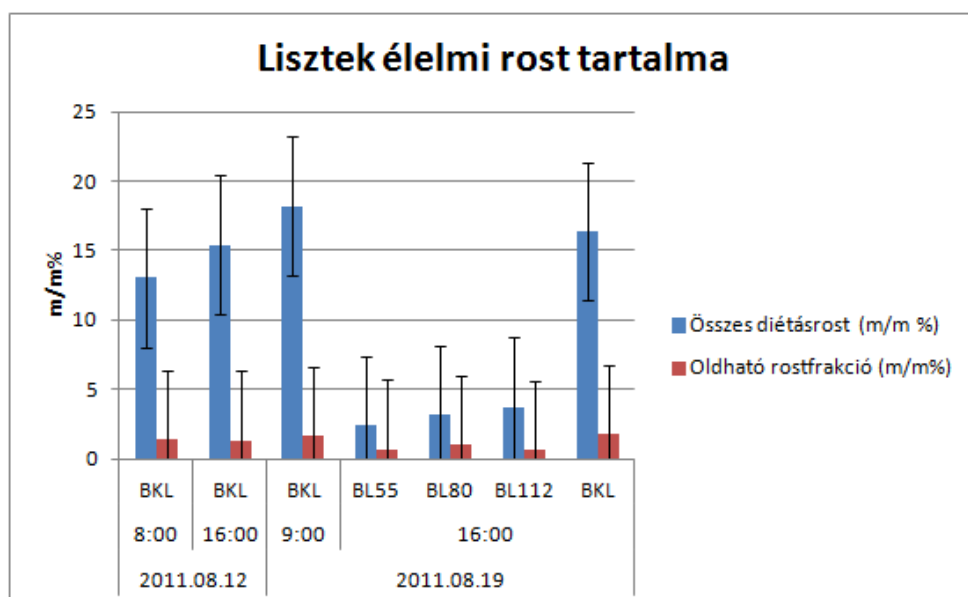
A hamutartalom értékei a szabványos lisztekben az Élelmiszerkönyvben előírtaknak megfelelően alakulnak. Jól magyarázható és az elméletben részletezett okok miatt az összes ásványi anyag tartalom értékei a BL55-től a BKL lisztig folyamatosan nő. A BKL lisztek hamutartalma majd kétszerese a BL112, és közel hatszorosa a BL55-ös lisztének. A napokon belüli és a napok közötti eltérés a hamutartalomban is minimális, hasonlóan a többi beltartalmi értéktől. Érdeemes megjegyezni, hogy a hamutartalomnak különös szerepe van a malomipari örlemények gyorsminősítésében. Mivel a hamutartalom és a szín között szoros összefüggés van, ezért a lisztörlemények minőségét a molnárok egy ún. liszt jellegminta sor használatával végzik el, ami leegyszerűsítve gyors szín-összehasonlítást jelent. A minőségstabilitást látva az elvégzett kísérleteknél elképzelhető, hogy az új lisztünk jellegmintája is beilleszthető lesz a házi minőségellenőrzési folyamatba, melynek fejlesztése folyamatban van.



18. ábra: 2011.08.12. és 2011.08.19. liszt minták hamu tartalma m/m(%)-ban kifejezve
(megismételhetőség: 0,05 m/m %)

4.1.6 Lisztek élelmi rost tartalma

Amint azt a célkitűzéseknél hangsúlyoztuk a malomipari fejlesztés alapvető célja új típusú, táplálkozástani szempontból magasabb értékű őrlemény kifejlesztése és élelmiszeripari hasznosítása volt. A jótékony táplálkozási hatás előidézésében a gabonák esetében a rostkomponenseknek kiemelt szerep jut. Bár az új típusú (BKL) lisztünkben más bioaktív komponensek is feldúsulnak, munkánk jelen fázisában az élelmi rostkomponensek alakulását vizsgáltuk.

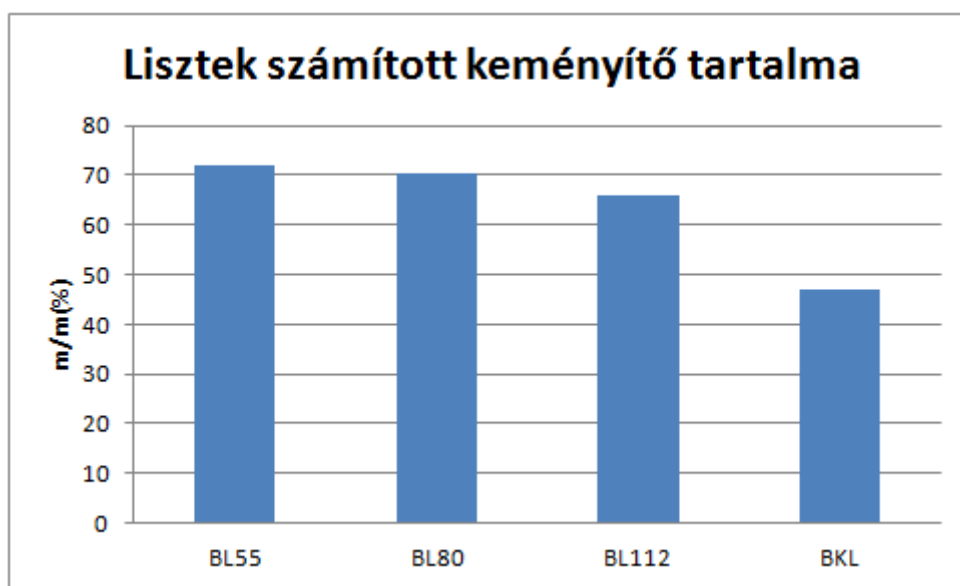


19. ábra: A funkcionális liszt minták élelmi rost tartalma m/m (%) -ban kifejezve (megismételhetőség:5%)

A mérési eredményeket a 19. ábra szemlélteti. (Megjegyzés: Az alaplisztek rosttartalma jellemzően nem változik és ezt a minőségstabilitást az előző beltartalmi értékek is alátámasztották. Ez a tény lehetővé, az időhiány és a költségtakarékosság pedig szükségessé tette, hogy az alaplisztekből csak egy-egy mérést végezzünk, míg természetesen a BKL lisztek közül valamennyit lemértük.)

4.1.7 Lisztek számított keményítő tartalma

A keményítő mennyiségét az előző beltartalmi paraméterek alapján számításos módszerrel határoztam meg. A 20. ábrán jól látható, hogy az endosperm őrlményeitől héj közeli frakciók felé haladva a keményítő mennyisége csökkenő tendenciát mutat. A BKL lisztnek a legkisebb a keményítő tartalma, 30 %-kal kevesebb, mint a BL55-os liszté.



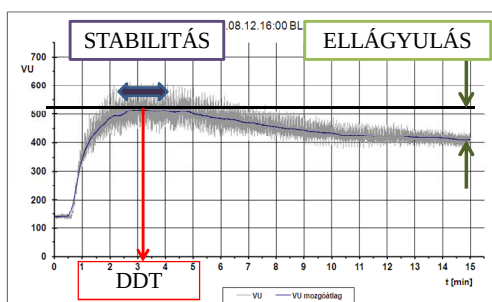
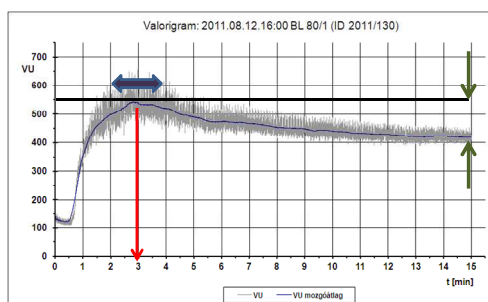
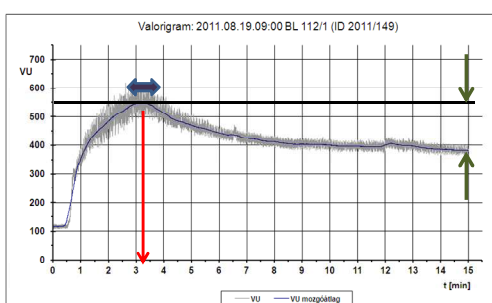
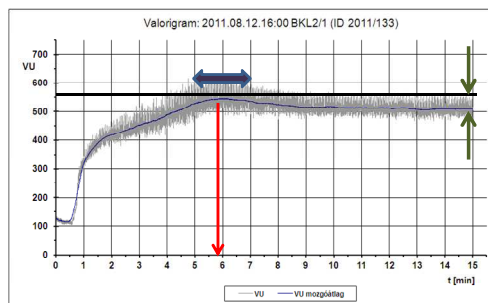
20. ábra: Az egyes liszt típusok számított átlagos keményítő tartalma

4.2 A reológiai mérések eredményei

Az egyes lisztek összetételének ismeretében feltételezhető, hogy az élelmi rost komponensben gazdag, más fehérje és szénhidrát összetétellel rendelkező funkcionális BKL lisztek egyedi reológiai tulajdonságokkal bírnak. A liszt technológiai minősítésében alkalmazott szabványos és széleskörűen elfogadott (validált) mérési módszerek (lásd Elméleti áttekintés fejezet) reológiai eljárások a liszt hidratációs és kolloidkémiai tulajdonságainak, viszkozitásának, illetve adott módon a lisztekből készített tésták komplex reológiai viselkedésének jellemzésére alkalmasak. A hagyományos (BL55, BL80 és részben BL112) lisztek esetében főként a fehérje és keményítő összetétel és frakcióarányok határozzák meg a fenti minőségi jellemzőket. Mivel az új típusú őrleményben mind a fehérje, mind a szénhidrát tartalom és összetétel is megváltozott, ezek hatásának vizsgálatára alkalmas tesztek igyekeztem választani. A főleg fehérjetulajdonságok által determinált dagasztási viselkedést a mikrovalorigráfos méréssel jellemeztem, a keményítő hőmérsékletváltozásra és mechanikai behatásra mutatott állapotváltozását mutató viszkozitáspofilt pedig gyors viszkoanalizátorral (RVA) elemeztem.

4.2.1 Mikrovalorigráfos mérések eredménye

A mikrovalorigráfos mérés során a vízabszorpciót, téstá kialakulási időt (DDT), a kialakult térszerkezet stabilitásának időben kifejezett mértékét illetve a maximálisan mért téstá konzisztencia és a mérés végén detektált konzisztencia-csökkenés mértékét, az ellágyulást mértem. Ezeket az értékszámokat a klasszikus malmi őrleményekre fejlesztették ki, amelynek gabonakémiai alapját a sikefehérjék hidratációja és a sikehálónak köszönhetően kialakult jellegzetes téstaszerkezet egyenletes dagasztásához szükséges energia változásából rögzíthető jellegzetes ún. dagasztási görbe leolvasható paraméterei adják. A mérési eredményeket a 2. Melléklet, az egyes minták valorigram görbéit 5. Melléklet tartalmazza.

BL 55**BL 80****BL 112****BKL**

21. ábra: A BL55, BL80, BL112 és a BKL jellegzetes valorigramjai a mérést jellemző paraméterekkel: DDT= tészta kialakulási idő, ellágyulás, stabilitás

A négy vizsgált liszt típus jellegzetes görbéit a 21. ábra tartalmazza, a jellemző mérési paraméterekkel. Az ábrán jól láthatók az egyes típusok közti különbségek. A BL55 és BL80 közel azonos képet mutat. A három alap liszt tészta kialakulási idejének duplája jellemző a BKL lisztre. Összességében az ábrák alapján a BL55 és BL80 liszteket viszonylag gyors tészta kialakulás és mérsékelt lágyulás jellemzi, ellentétben a BL112 liszttel, ahol a gyors tészta kialakulást gyorsan követi a jelentős konzisztencia csökkenés. A funkcionális liszt a három másik liszttől teljesen eltérő lefutással bír. A kezdeti felfűtési szakaszban lokális maximuma van a görbének. A görbe kezdeti törését egy késői tészta kialakulás jellemzi, majd a többi liszthez képest csekély ellágyulás következik. Az elkövetkezőkben a görbéken jelölt három mérést jellemző paramétert részletesen tárgyalom.

A fenti jelenségek és a kapott eredmények megfelelő értékeléséhez a sikérváz és a tészta kialakulásának, a kapcsolódó kolloidkémiai folyamatok jellegének ismerete szükséges. Az endospermből nyert őrlményeknél víz hozzáadásával megindul a tészta kialakulása. A folyamat első lépésére a keményítőszemcsék kezdeti gyors hidratációja jellemző. A liszt vízabszorpciójának megfelelő mennyiségű vizet a keményítőszemcsék felveszik, majd

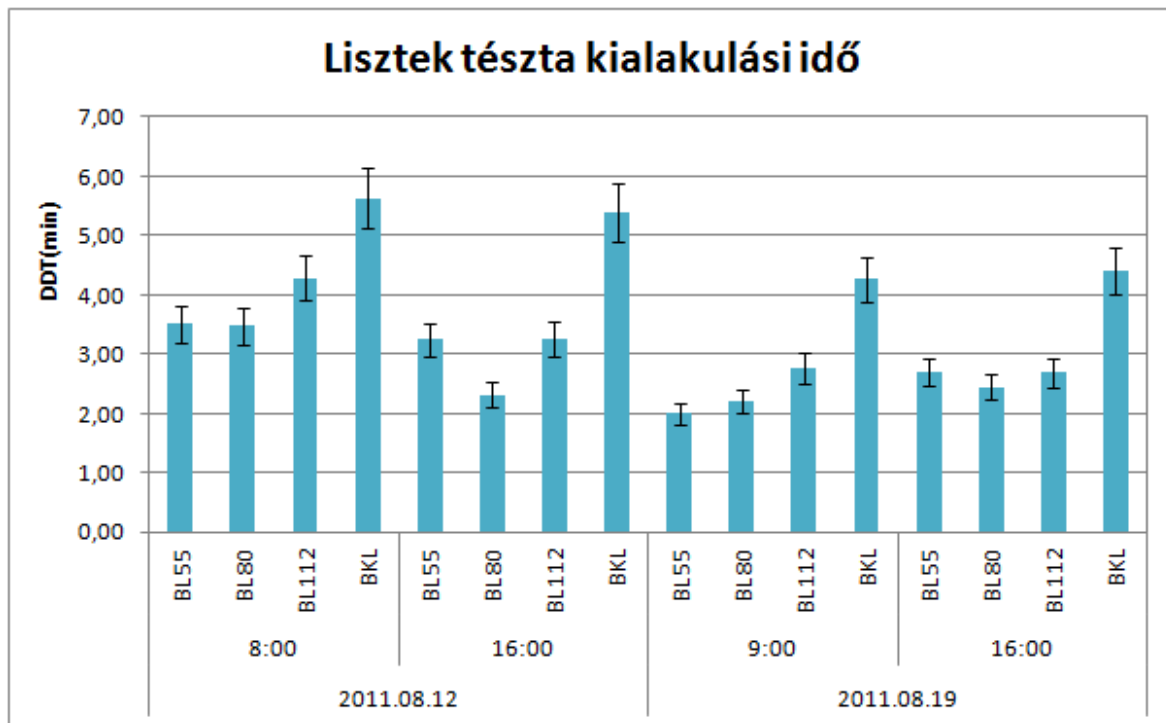
továbbítják a glutenin és gliadin fehérjéknek, amelyek a hidratációnak és a dagasztási mechanikai energiának köszönhetően egyedi térhálót képesek kialakítani. Erre a térszerkezet kialakulásra jellemző az alapliszteknel tapasztalt görbeúcsban mért maximumérték. A siker alapú elméletnek a BL55, BL80 és BL112 lisztek tézsa kialakulása teljesen megfelel.

A mérés során a tézsa kialakulásához szükséges megfelelő mennyiségű víz mennyiségét állapítottuk meg. Az egyes liszt típusokhoz tartozó víz *abszorpció* értékeket a 22. ábra tartalmazza. Ha megvizsgáljuk az egyes liszt típusok vízabszorpcióját, jól észrevehető, hogy a funkcionális liszt jelentősen (10%) több vizet köt meg, mint az alap lisztek. A klasszikus malmai őrlmények 55% (BL55) és 63% (BL112) közötti értékeket vesznek fel.



22. ábra: 2011.08.12. és 2011.08.19. liszt minták vízabszorpció értékei (mérés ismételtetősége: 0,25%)

Az egyes napok között nem tapasztalható számottevő különbség. A búzaliszt komponensek hidratációjához és a sikérváz kialakulásához szükséges időt a *tészta kialakulási idővel* jellemezzük (lásd elmélet).



23. ábra: 2011.08.12. és 2011.08.19. liszt minták mikrovalorigráfos mérés során tapasztalt tészta kialakulási idő (DDT) értékei (megismételhetőség:9%)

A mérési eredmények alapján elmondható, hogy az alapliszteknel 3-4 perces a tészta kialakulásához szükséges idő, jellemzően a BL80 lisztből alakul ki leghamarabb tészta. A funkcionális lisztnél hosszabb időre (4-6 perc) volt szükség a maximális konzisztencia kialakulásához. Ez a maximális konzisztenciához tartozó időbeli különbség jól látszik a 21. ábra. Ez általános tendencia, minden időpontban vett mintára jellemző, a BKL lisztek 1,5-2 perccel később érik el a maximális konzisztencia értékét, tehát úgy tűnik, az új BKL liszt általános minőségi paramétereként adható meg.

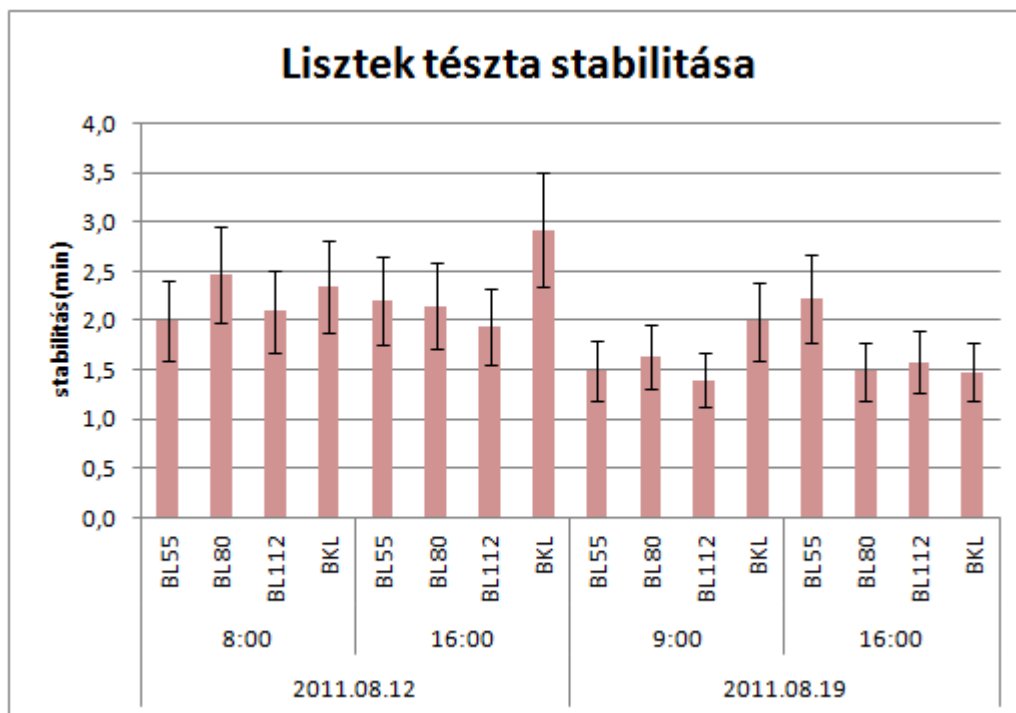
A görbék lefutása a klasszikus lisztek esetében hasonló, míg a funkcionális liszt valorigramja jellegzetes eddig nem tapasztalt lefutású. A funkcionális lisztek görbéin a felfutási szakaszban egy rövid beállás majd egy gyorsabb felfelé ívelés tapasztalható. A két "csúcs" jellege nem hasonlít az előzőleg mért alap liszteknel tapasztalt lefutásra.

A jelenség egy lehetséges magyarázata, a BKL lisztek magas fehérje és rost tartalmában rejlik. A funkcionális őrlemény szénhidrát tartalma a magbelső tipikus lisztjeihez képest más arányban tartalmazza a keményítő és nem keményítő jellegű poliszachridokat. Az élelmi rost komponensek jellemző tulajdonsága a nagyfokú vízkötő képesség, amivel megváltoztathatják a fehérjék hidratációját ezzel késleltetve a térháló kialakulását. A nagyobb mennyiségű víz felvételét a nem keményítő jellegű szénhidrát makromolekulák nagy vízfelvevő képessége illetve a funkcionális lisztekben nagyobb mennyiségben jelen lévő hidrofil fehérjék hidratációja okozhatja. A lassabb tézta kialakulást önmagában a nagyobb fehérje és kisebb keményítőtartalom is okozhatja.

Ugyanakkor elképzelhető, hogy a viszkózusabb polimer szénhidrátok a vízmegkötésük révén megduzzadnak, és lassabban adják át a felvett vizet a sikerfehérjéknek. Ez a jellegzetes gélképző tulajdonságuk a pozitív élettani hatásuk egyik alapja: a hidrogél kialakulása után a térszerkezetben megtartott vizet fokozatosan, lassan adják le [4].

A fenti folyamat természetesen csak hipotézis, hiszen az irodalomban kevés információ áll rendelkezésre. Leginkább az élelmi rostalkotó pentozán-biopolimer molekulák (arabinoxilánok) kölcsönhatása a sikérvázzal ismert, mely a fenti folyamatokban fontos szerepet játszhat. Az arabinoxilánok észter kötéseik révén képesek a sikerfehérjékkel kereszt kötni és egy egyedi fizikai és kolloidikai tulajdonságokkal bíró térszerkezetet létrehozni [4.]. A hidratáció és a dagasztás közben elképzelhető, hogy a szénhidrát és fehérje biopolimerek összegabalyodnak, és a megszokottól eltérő fizikai térhálót hoznak létre. A fentiek alapján feltételezhető, hogy az élelmi rostok nagy vízabszorpciója és az interakciója a sikérvázzal okozza a "kettős" maximumot és a késleltetett tézta kialakulást.

A *tészta stabilitásán* a görbe felső vonalának a középvonal maximumát metsző két pont különbségét értjük. A stabilitás az az érték, amikor a görbe maximális konzisztencia értékén tartózkodik, azaz megmutatja, hogy egy adott liszt a dagasztás során mennyi ideig marad az ideális állapotában. Az egyes minta csoportok tézta stabilitási értékei nem mutatnak tendenciát (24. ábra).



24. ábra: 2011.08.12. és 2011.08.19. liszt minták mikrovalorigráfos mérés során tapasztalt tészta stabilitás értékei (megismételhetőség: 20%)

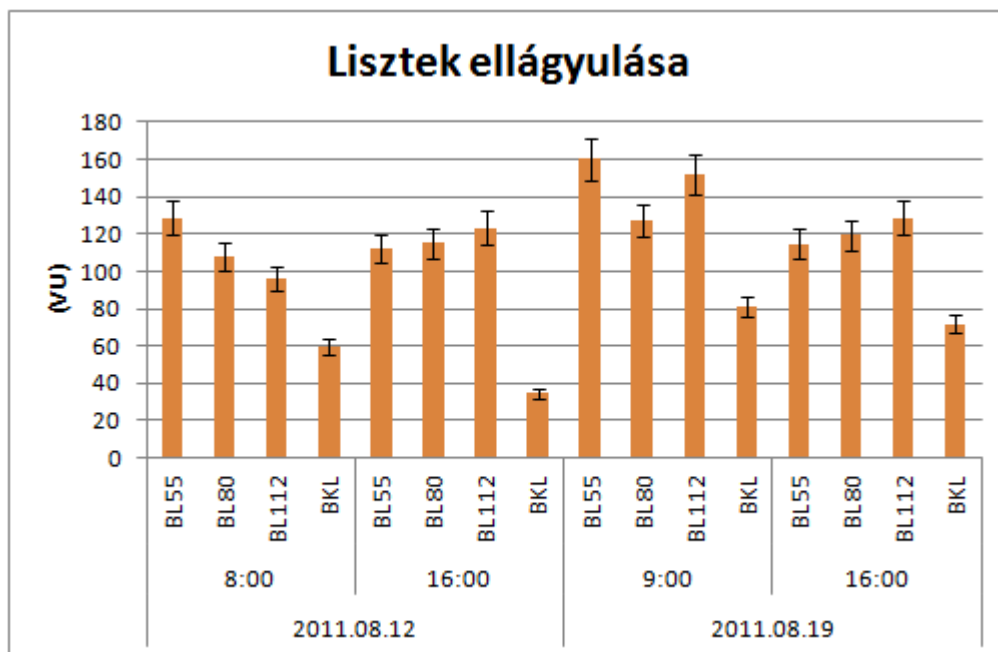
Az egyes minták és liszt típusok között nem lelhető fel összefüggés. A mérési adatok alapján elmondható, hogy a funkcionális liszt stabilitása nem tér el számottevően a többi liszt típustól. A mérés ismételhetőségéből adódó pontatlanság miatt az eredményekből nem tudunk messzemenő következtetéseket levonni.

4.2.1.1 Ellágyulás értékek értelmezése

A tészta *stabilitás* a tészta „életének” azt a szakaszát jellemzi, amely során a tészta szerkezet dagasztás hatására is képes megőrizni maximális konzisztenciáját. Az *ellágyulás* viszont a búzátészta többlet energia (túldagasztás) esetén mutatott viselkedésének egyszerű mérőszáma. A túldagasztás során ugyanis a kialakult sikermátrix és tészta szerkezet fokozatosan változik, szétesik, vagyis a tészta reológiai értelemben minőségi romlást szenved. Ennek eredményeképpen a dagasztáshoz szükséges energiabefektetés (forgatónyomaték) az idővel csökken. A csökkenés mértéke a görbe középvonalának maximuma és a mérés végén mért konzisztencia érték különbségét értelmezzük úgy, mint az ellágyulás mérőszámát.

A mért ellágyulás értékek (25. ábra) elég nagy eltéréseket mutatnak, azonban a hagyományos lisztok esetében ebben a paraméter esetében sorrend nem állítható fel. Sajnos a napon belüli két-két mintavétel eredményei és a napok közötti eredmények is eltérőek. Ennek

okait meg kell vizsgálnunk, hiszen ez a fenti, technológiai stabilitással kapcsolatos megállapításokkal részben ellentmond. Másrészt pedig a mérés jellege –lévén rutinszerűen alkalmazott módszerről van szó– ezt nem indokolja. Ugyanakkor az egyértelműen látható, hogy az alaplisztekénél mért átlag 100VU ellágyulás értékekhez képest a funkcionális (BKL) liszteket szignifikánsan alacsonyabb (40-60VU) érték jellemzi.



25. ábra: 2011.08.12. és 2011.08.19. liszt minták mikrovalorigráfos mérés során tapasztalt ellágyulás értékei (megismételhetőség: 7%)

A funkcionális liszt alacsony ellágyulási foka arra enged következtetni, hogy kisebb a konzisztencia csökkenés a maximális értékhez képest, mint az alaplisztek esetében. Ennek oka is feltételezhetően a beltartalmi paraméterek alakulásában és hatásában keresendő. A fent említett szénhidrát profil vélhetően a nem keményítő jellegű szénhidrátok meghatározó tulajdonságaiban tér el a klasszikus őrleményektől. Az élelmi rostalkotó biopolimerek a sikerfehérjékkel történő keresztkötések révén új fajta szerkezetet alakítanak ki, amely új fizikai tulajdonságokkal rendelkezik. A görbe egyenletes lefutása homogén tésztára utal. A nyersrost jellegű poliszacharidok (cellulózok) nem képesek hidratációra, ezért megbontják, „megtörik” a hidratált sikerhálót. Nagyobb mennyiségű jelenlétük inhomogén tésztastruktúrát, és így egyenetlen dagasztási görbét eredményezhet.

Ugyanakkor az új lisztfrakció élelmi rostalkotókban és fehérjében dúsul elsősorban fel, melyek pentozánokat és egyéb, könnyebben hidratálódó rostalkotók és hidrofíli

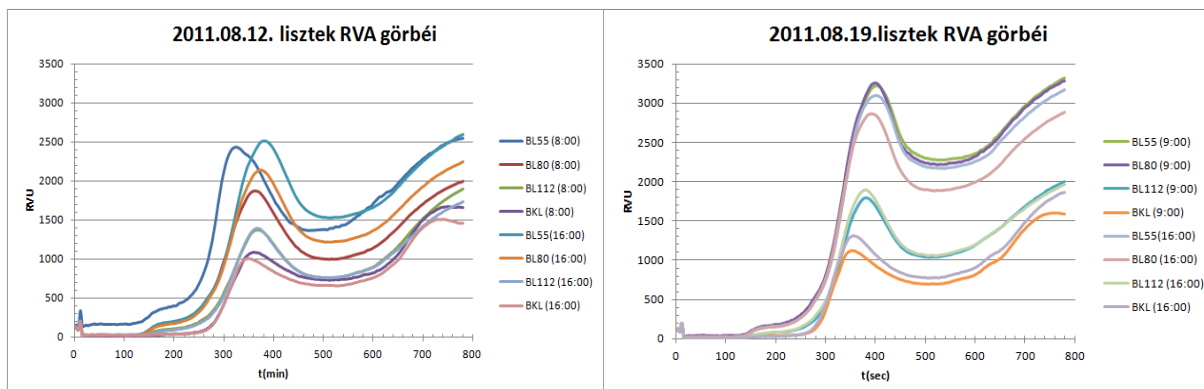
fehérjefrakciók megjelenését jelenti. Ezen komponensek téztszerkezet befolyásoló sajátosságairól csak részben (elsősorban a pentozánokra vonatkozóan) van információnk.

Nem nehéz feltételezni az eddigiekből, hogy a téztszerkezet alakításában a sikéreményítő komplex mellett az új fehérjék és szénhidrátok is szerepet vállalnak, elsősorban ionos és hidrogén-híd kölcsönhatások (tehát másodlagos kötőerők) gyakoriságának növelésével és a hidratációs állapot (gélesebb szerkezet) hosszabb fenntartásával. Valószínűsíthető, hogy többek között ezek a szerkezeti okok vezethetnek a kisebb mértékű ellágyuláshoz, és a magasabb kémiai inaktív szénhidrát tartalom ellenére is az egységes téztastruktúra fenntartásához. Ez felveti természetesen az eredetileg fehérlistre kidolgozott minősítési módszerek újragondolását és a tapasztalt jelenségek újraértelmezésének szükségességét is. Azonban ez nyilvánvalóan meghaladja jelen dolgozat kereteit. Érdekes viszont megjegyezni, hogy ez a viselkedés a később a végtermékesztekben is jellegzetes eltéréseket eredményez (lásd ott).

4.2.2 Viszkozitással összefüggő tulajdonságok vizsgálata – a gyors viszkoanalizátorral végzett mérések eredményének értékelése

A sikérféherjék mellett a tézta és a kenyér szerkezetének kialakulásában a keményítő –és egyéb szénhidrát- komponensnek van kiemelkedő szerepe a klasszikus endosperm alapú lisztek esetében. A RVA mérés során vizsgált csúcs viszkozitás felfűtési szakasza során bekövetkező változások eredménye. A keményítőszemcsék nagy vízfelvételük révén megduzzadnak. A megduzzadt szemcsék a fokozatos hőmérséklet emelkedés hatására egy adott, a keményítő összetételre jellemző hőmérsékleten felrepednek és a bennük lévő amilóz alkotók kioldódnak és amilpektin alkotók kijutnak, és a granulátumból kijutva a liszt víz oldat viszkozitását megnövelik. A 90°C-os hőntartási szakaszban magas hőmérséklet és mechanikai behatás okozta stressz a meghatározó. A szabad amilóz és amilopektinek által kialakított gél szerkezet ennek hatására viszkozitás csökkenést mutat. Az így mérhető, csúcsviszkozitás és forró tézta viszkozitás közti különbség a tézta stabilitását jellemző érték. Az 50°C-ra hűtés fázisában a keményítő polimerek újrarendeződése és gélesedése megy végbe. A keményítő újra kristályosodik és kialakul a térháló, amely összeesés révén az addigi nedvesség tartalmát kiengedi. Ez a jelenség a retrogradáció, a gélesedés eredményeként

tapasztalható viszkozitás növekedés végtermék minőségével összefüggésbe hozható paraméter.

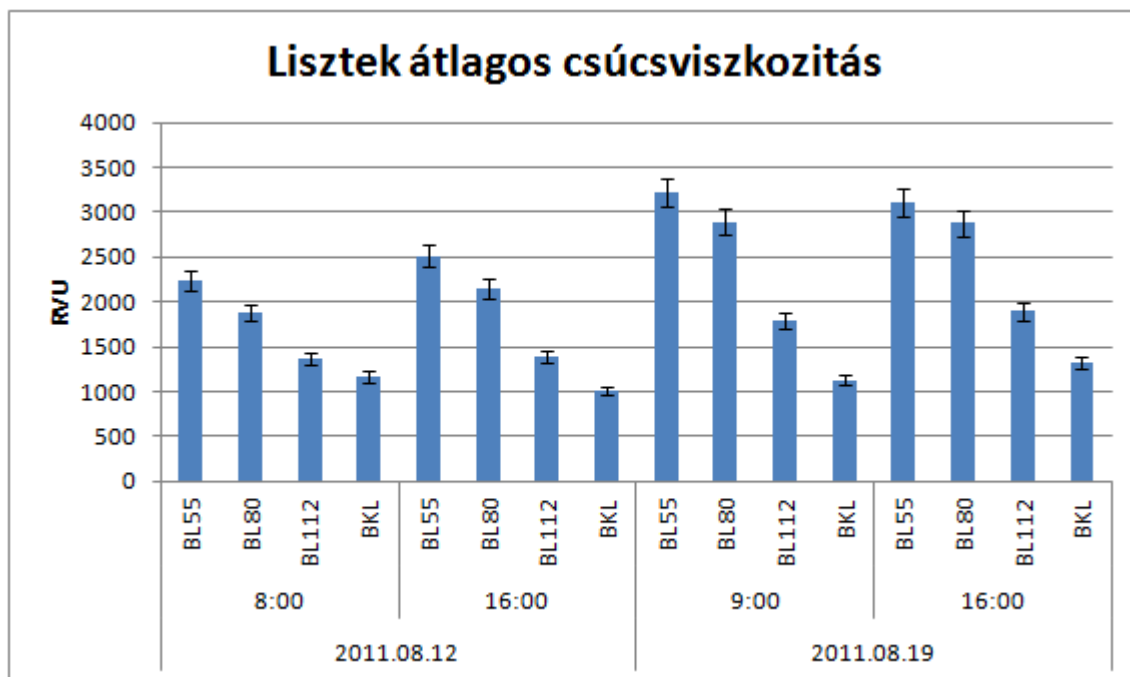


26. ábra: 2011.08.12 és 08.19. lisztmintákhoz tartozó átlagos RVA görbék lefutása

A két mintavételi nap között az alap liszteknel az RVA görbék lefutásában jól látható különbség van (26. ábra). A 12.-én vett minták alacsonyabb RVA értékeket vettek fel, mint a 19.-iek. Ugyanakkor a BKL lisztek közel azonos RVA profilt mutatnak, sem a napon belüli, sem a két nap közötti értékek nem térnek el lényegesen. Az egyes mérési paramétereket a 3. melléklet, az egyes görbéket a 6. melléklet tartalmazza.

Ez lehetőséget ad számunkra az előző teoretikus gondolatmenet továbbfűzésére. Ugyanis pontosan tudjuk, hogy a későbbi mintavételi napon (19-én) a malom tudatosan friss búzát használt az őrléshez. Valószínűsíthető, hogy az óbúzában már lejátszódott –és már leállt enzimes folyamatok nagyobb mennyiségű rövidebb keményítő polimerek, bontott amilóz és amilopektin egységeket tartalmaznak. Az újbúzában viszont az amiláz még aktív, a keményítő állapot még nem érte el a nyugvó szintet, ezért a keményítő biopolimerek méreteloszlása más, vélhetően a nagyobb méretű polimerek irányába tolódik el. Az ép biopolimerek stabilabb gél, nagyobb konzisztencia létrehozására képesek, mint a degradált keményítő fragmentek. Ez lehet a két napi minták mérési eredmények eltérésének oka a hagyományos lisztek esetében. A funkcionális liszt kiegyenlített értékeit kétféleképpen lehet értelmezni: Elképzelhető, hogy az endosperm régióban az idő múlásával meghatározóvá váló enzimatis hatás, az aleuron réteg szénhidrát összetételében nem jelentkezik ilyen mértékben. Azonban ennél valószínűbb – és az új típusú lisztek viselkedése szempontjából meghatározó jelentőségű lehet – hogy a viszkozitás jellegű reológia viselkedésüket kisebb mértékben határozzák meg az amilóz és amilopektin polimere és nagyobb szerepet kapnak a nem keményítő jellegű hidratálódó egyéb

szénhidrát komponensek, mint pl. az arabinoxilánok és arabinogalaktánok, illetve ezek fehérjékkel képzett komplexei.

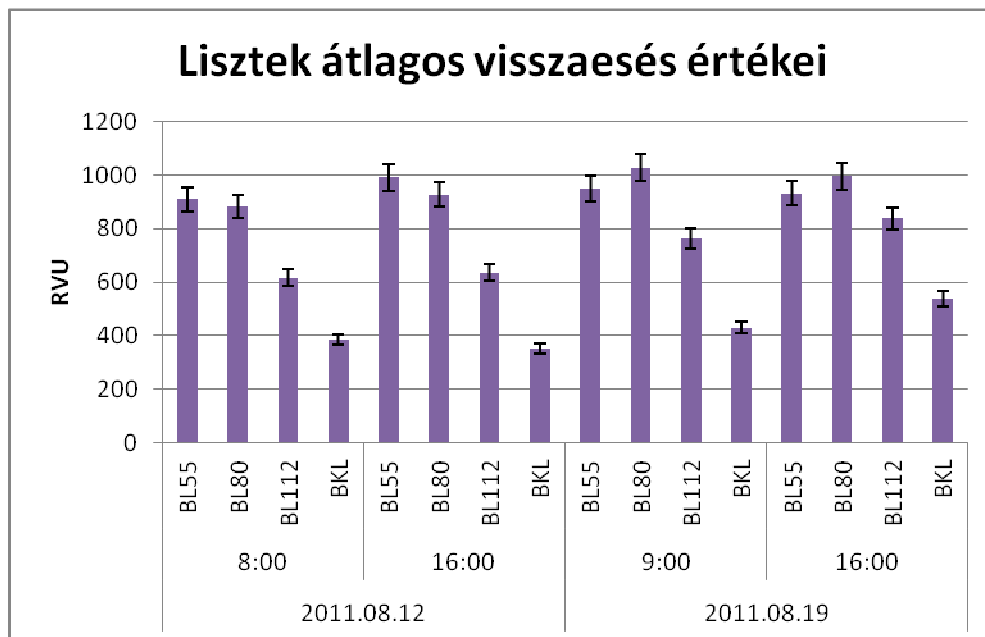


27. ábra: 2011.08.12. és 2011.08.19. liszt minták RVA vizsgálata során mért csúcsviszkozitás értékek (megismételhetőség: 5%)

A mérés jellemző paramétereinek eredményeit sorra vizsgáltam. A csúcsviszkozitás értékek trendje azt mutatja (27. ábra), hogy a BL55 és BL80 típusú lisztek magasabb keményítő tartalmuk miatt nagyobb csúcsviszkozítási értéket vesznek fel. Az egyes minta halmazokon belül az tapasztalható, hogy a BL55 csúcsviszkozításának fele mérhető a funkcionális liszteknél. Ezzel bizonyíthatjuk, hogy a funkcionális lisztben a keményítő jellegű poliszacharid mennyisége jóval alacsonyabb, esetleg más amilóz/amilopektin aránnyal rendelkezik. Eddigi kutatások bizonyították, hogy két azonos keményítő tartalmú és összetételű liszt minta RVA vizsgálata esetén, ha az egyik mintát élelmi rosttal dúsítják, akkor a csúcsviszkozitás értéke a dúsítás mértékével arányos növekedést mutat. Ha ezt tényként elfogadom, akkor a funkcionális liszt egyedi görbe lefutását a nem keményítő jellegű poliszacharidok domináló szerepe magyarázza [36].

A keményítő struktúra jellemzésére a visszaesés mértéke szolgál, ezzel a vizsgálható a hőtartás során bekövetkező konzisztencia csökkenés. A 28. ábra két tendencia figyelhető meg a két mintavételi napon. A 08.12. mintáknál a BL55-től a BKL-ig csökkenő trend látható,

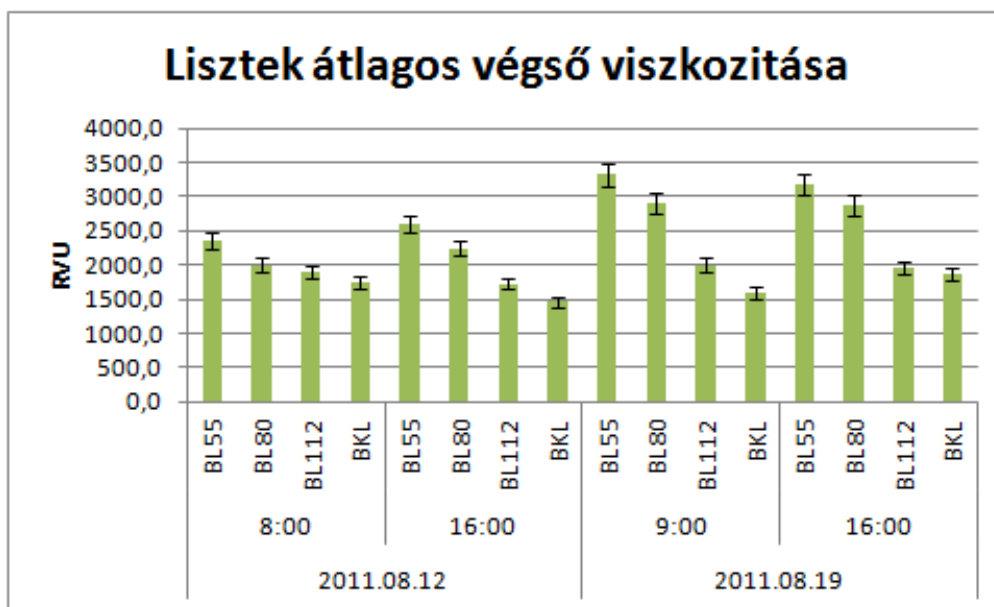
a 08.19. liszteknél a csökkenő tendenciát a BL80 liszt típus BL55-nél magasabb átlagos visszaesése töri meg.



28. ábra: 2011.08.12. és 2011.08.19. liszt minták RVA vizsgálata során mért visszaesés értékek (megismételhetőség:5%)

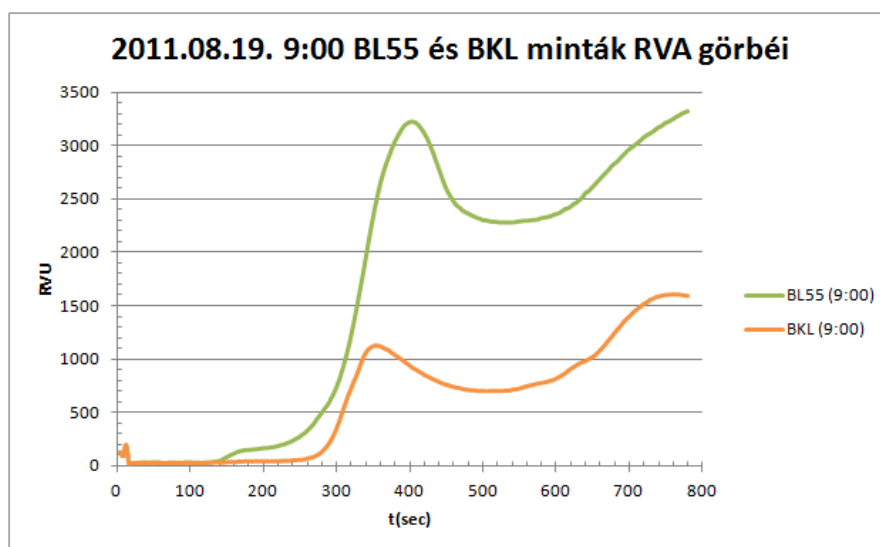
Mind a négy csoportban a funkcionális liszteknek a legalacsonyabb a visszaesés értéke. A 12.-ei mintáknál tapasztalt érték közel harmada, míg a 19.-ei liszteknél fele, a BL55 esetében mért csökkenésnek. Ez a jelenség is azt sugallja, hogy a funkcionális liszt kisebb konzisztencia csökkenést szenved el, mint a klasszikus őrlmények, ami jól összecseng a fent leírtakkal. Azonban a csúcsviszkózitási eredmények alapján a BL 55 liszt típusok erősebb konzisztenciát képesek létrehozni. Tehát a funkcionális liszt alacsonyabb konzisztenciája nem szenved akkora értékcsökkenést, mint a magas csúcsviszkózitású BL55 lisztek.

A hűtési fázisban kialakuló stabil gél állapotot a végviszkózitás értékével jellemezzük. Ha csak a mért értékeket vizsgáljuk (29. ábra), a csúcsviszkózitásoknál tapasztalt trend figyelhető meg: ebben az esetben is minden minta halmazban a BL55 lisztek vették fel a legmagasabb és a BKL lisztek a legalacsonyabb értéket. Amennyiben ezeket az adatokat önmagukban vizsgálom, azt a következtetést vonhatnám le, hogy retrogradáció mértéke a funkcionális liszt esetében a legkisebb, azaz ennek a végtermékre gyakorolt pozitív hatása jóval kisebb, mint a BL55 vagy BL80 lisztek esetében.



29. ábra: 2011.08.12. és 2011.08.19. liszt minták RVA vizsgálata során mért átlagos végső viszkozitás értékek (megismételhetőség: 5%)

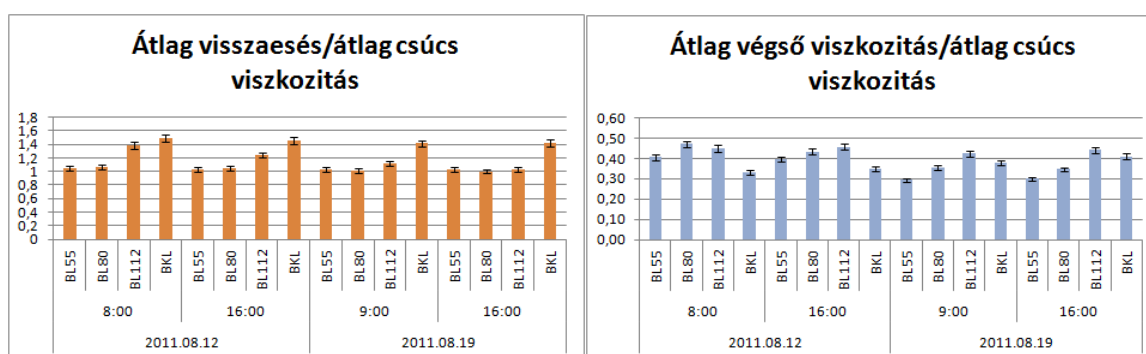
Ez a feltételezés azonban nem teljesen állná meg a helyét, hiszen ha az RVA görbék lefutását, az egyes fázisokban a meredekséget is vizsgálom, más következtetésre jutok. A hűtés során bekövetkező viszkozitás növekedés a klasszikus és a funkcionális őrlmények esetében eltér.



30. ábra: 2011.08.12. és 2011.08.19. liszt minták RVA vizsgálata során mért átlagos végső viszkozitás értékek

A 31. ábrán látható, hogy míg a BL55 liszt végső viszkozitása közel megegyező értéket mutat a csúcsviszkozitással, addig a BKL lisztnél a végső viszkozitás 500 RVU-val magasabb értéket vesz fel a csúcsviszkozitásnál. A funkcionális liszt hűtési periódusában bekövetkező viszkozitás növekedés meredekebb emelkedésű, az alap lisztékénél.

Annak érdekében, hogy a fenti jelenséget kellő pontossággal tudjam jellemezni, a mérési eredményekből relatív értékeket képeztem. A forró tézta viszkozitást, a végső viszkozitást és a visszaesés értékeket a hozzájuk tartozó csúcsviszkozitással korrigáltam.



31. ábra: 2011.08.12. és 2011.08.19. liszt minták átlagos visszaesés és átlagos végső viszkozitás értékeinek a csúcsviszkozitásokkal korrigált relatív mérőszámai

A fenti módszerrel kapott értékeket a 31. ábra szemlélteti. Az előzetes mért adatokhoz képest a relatív értékek az egyes liszt típusokon belül és a mintacsoportok között kisebb eltéréseket mutatnak. Az átlagos végső viszkozitás eltérése a klasszikus lisztectől a 08.12. 8 órai minták kivételével jól észrevehetően más. Ezt a jelenséget szintén az élelmi rost komponensek egyedi hidratációs és gélképző tulajdonsága okozhatja. A 31. ábra diagramjain látható relatív változások egyértelmű trendje azonban akár mélyebb szerkezeti magyarázatok alapjául, általánosabb következtetések bizonyításául is szolgálhat, melynek vizsgálata mindenképpen szerepel a továbblépés feladatai között.

4.3 Próbasütés eredményének értékelése

A malmi frakciók komplex minősítése a végterméktesztek nélkül nem lehetséges. Dolgozatomban sütőipari minőséggel foglalkozom, ennek megfelelően a végterméktesztként a szabványos próbacipó készsütést és értékelést alkalmaztam. A sütési protokollt az ICC 131. szabvány alapján a magyar búzaliszt típusokra optimalizáltam, a módszer leírása az anyagok és módszerek fejezetben található.

A kialakított sütési teszt mindig azonos sütési paraméterek mellett végzett eljárást jelent. A célom az volt, hogy az eltérő liszttypusok között az eltérések maximálisan észlelhetők legyenek. Ez azért fontos, mert a kész cipók nem feltétlenül a bolti, megszokott kenyér tulajdonságokkal rendelkeznek, a legfőbb cél az egyes lisztek közti különbségek végtermékminőségre gyakorolt hatásainak kimutatása és értelmezése volt.

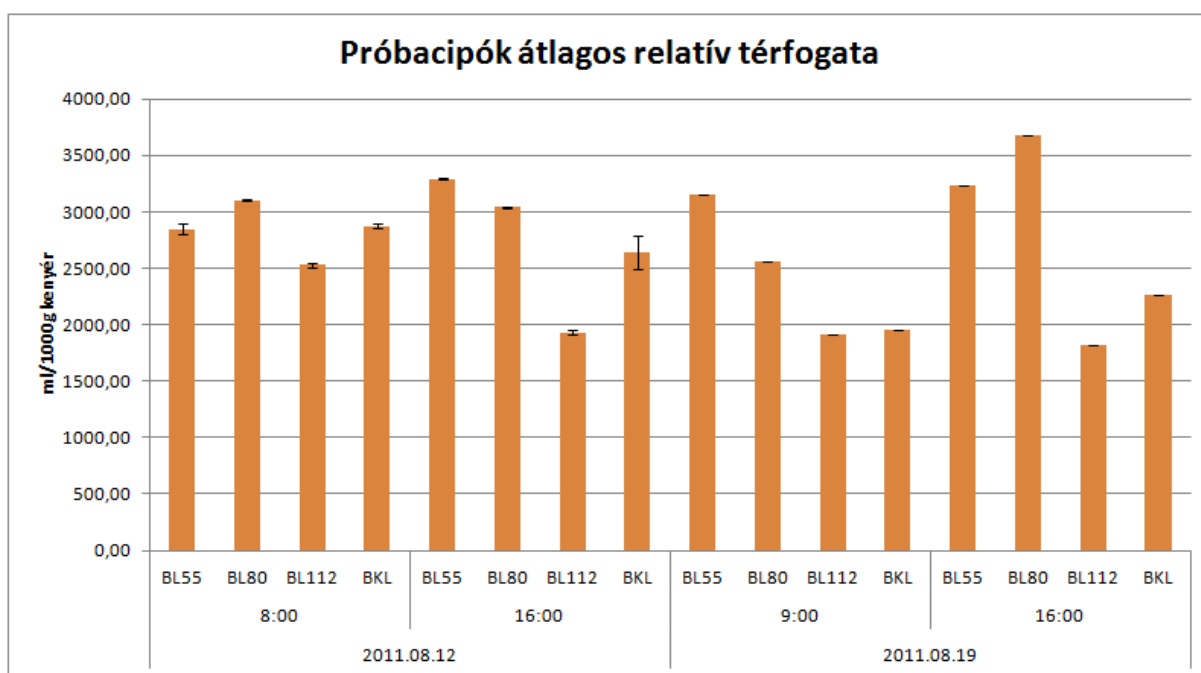
A sütési folyamat során azt tapasztaltam, hogy a BL55 és BL80 lisztekhez képest a funkcionális liszt kevésbé ragadós, jól és könnyen megmunkálható. A formázás nyújtási lépése során a BL55 és BL80 lisztek tésztaí nehezebben nyújtható nagyon rugalmas viselkedést mutattak a BKL tésztaíához képest. A funkcionális őrlemény megmunkálása kevesebb időt és energiát vett igénybe, mint a klasszikus lisztek tésztaí.

A sütés ideje minden minta esetében 32 percig tartott. Ez az időtartam az alaplisztekéből gyúrt kenyerek esetében optimális sütési időnek bizonyult. A funkcionális liszt jellegzetes sötétebb színe a sütés során megnehezítette az optimális sütési időtartam megtalálását. Előzetes sütési tesztek során arra a megfigyelésre jutottam, hogy a funkcionális lisztekéből előállított kenyér 32 percnél kevesebb ideig történő sütésekor a bélzet szerkezete nem stabilizálódik megfelelően, nyers marad és vizes. Bár kiválasztott sütési idő végén a hég még nem égett, de ahhoz hasonló hatást kelt, mégis a bélzet megfelelő kialakulása miatt a hosszabb sütés időt választottam.

A próbacipók értékelését a próbacipók fizikai tulajdonságai alapján végeztem. A cipók térfogata, magassága tömege illetve adott tömegre vonatkoztatott relatív térfogata és nedvesség tartalma a kenyereket jól jellemző paraméterek. A cipók tömege és térfogata önmagában nem összehasonlítható, mert a sütési szabvány alapján a kimért liszt mennyiségek eltértek az egyes liszt mintáknál a nedvességtartalmuk függvényében. A kenyér hégjának megfelelő jellege, vastagsága, a bélzet rugalmassága, homogenitása a minősítésnek szintén

fontos része. A relatív térfogat a technológiai felhasználás szempontjából is fontos mérőszám. Minél nagyobb két kenyér egyikének az egységnyi tömegre vonatkoztatott térfogata, annál kevesebb liszt szükséges azonos térfogat eléréséhez. Gazdasági szempontból a nagy relatív térfogat előnyös.

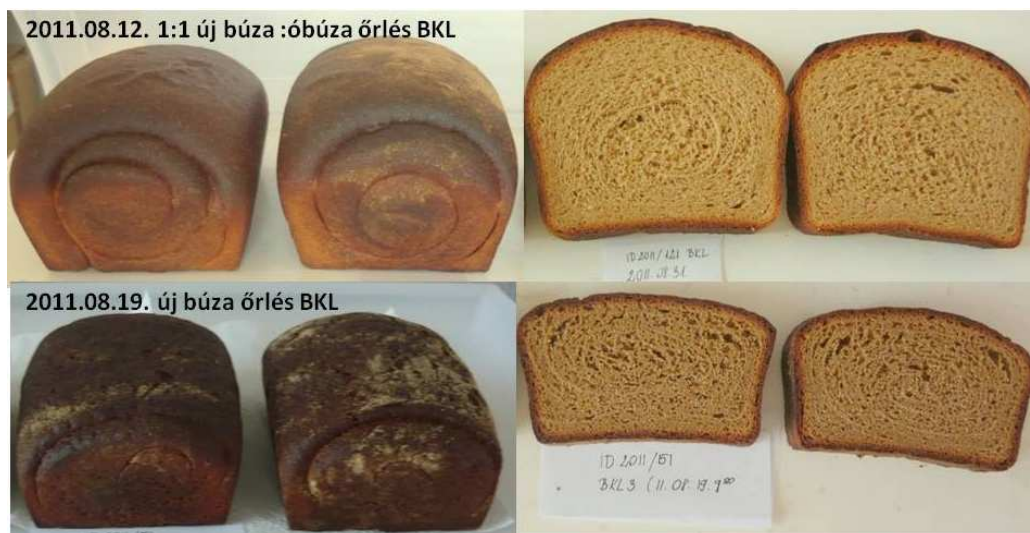
A mérési adatok alapján (3. Melléklet) az látható, hogy a relatív térfogat értékek és a magassági adatok hasonló tendenciát mutatnak a liszt típusok szerint. Általánosan megfogalmazható az a tény, hogy a BL55 és BL80 lisztekből sült cipók nagyobb térfogatúak, mint a BL112 lisztből előállítottak (32. ábra). A BL55 és BL80 mintákból sült cipók nem mutatnak egymáshoz képest számottevő különbséget. A BL112 cipói azonban eltérnek tulajdonságaikban –jól magyarázható módon, lévén nem sütőipari célú liszt- az ideális kenyér jellemzőitől. A kész cipók tömör szerkezetű, lyukacsos, puha héjúak (33. ábra).



32. ábra: Az egyes liszt típusokból készült próbacipók átlagos relatív térfogat értékei a szórás értékekkel együtt

Érdekes, a viszkozitás vizsgálatoknál tapasztaltaktól teljesen eltérő megállapítás, hogy amíg a hagyományos sütőipari célú alaplisztekből (BL55 és a BL80) készült cipók paraméterei napon belül és napok között sem tértek el lényegesen egymástól addig a funkcionális liszt és BL112 próbacipói a két mintavételi napon alakjukban héj és bélzet szerkezetükben jelentősen

különböztek. A szokványos malmi alapanyagból készült cipók nagyobb térfogatú, világos egyenletes bélzetet mutatnak. A funkcionális liszteknél nem tapasztalható a klasszikus kenyérlisztekkel készült kenyerekre jellemző ropogós héj kialakulása, a képződő héj puha, vékony, helyenként buborékos sötét színű. Az 08.19.-ei újbúza őrlményéből sült cipók héjú lyukacsos sötétebb terméket eredményez. (33. ábra).

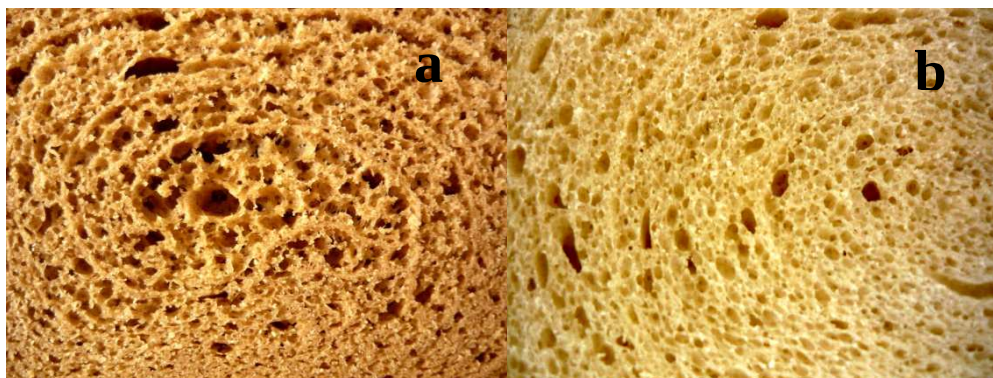


33. ábra: A kevert és az újbúza funkcionális őrlményének próbapipóik közti különbségei

Az újbúzánál tapasztalt sültési értékcsökkenés a beltartalmi és reológiai tulajdonságokból nem volt előre jelezhető („prediktálható”). Mindenképpen érdekes tapasztalat, melynek megértéséhez további vizsgálatokra lesz szükség. Feltételezhető, hogy a magasabb enzimaktivitás, esetleg a friss búza esetében eltérő malmi mechanikai hatások (pl. más mértékű keményítő sérülés) okozhatja a tömörebb szerkezetet. Érdekes ugyanakkor, az is, hogy ilyen mértékű eltérést a reológiai tulajdonságokban nem jelentkezett.

A mindennapi gyakorlatban a tisztán új búza őrlése nem jellemző. Az újbúzával végzett ipari kísérlet is elsősorban óbúza-hiányos helyzet lehetséges kezelésének modellezését célozta, a malom újbúzával terhelt viselkedésére és a termékek minőségének alakulására igyekeztünk itt információkat gyűjteni. A reális helyzetet inkább az első zártörítés modellezi, tehát a tapasztalt és egyenlőre nem kielégítően magyarázható fent leírt jelenség miatt a funkcionális liszt valós sütőipari tulajdonságait a 08.12. őrlés eredményei alapján értékelem. Ezen kevert őrlmények próbasütés eredményeit részletesen elemzem. A mintáim esetében azt tapasztaltam, hogy a 08.12. lisztok közül a funkcionális lisztból készült cipók relatív

térfogata a BL55 és BL80 cipókéval közel azonos értéket ad. A 7. Mellékletben található képek is jól mutatják, hogy a héj a BL55 és BL80 lisztek esetében ropogós, jól megsült, a bélzet homogén. A funkcionális liszt próbacipóinak jellemző méretei a kenyérliszt (BL80) cipóinak méretével közel azonosak. A méretbeli egyezés a tézst szerkezet stabilitásának és jó gázvisszatartó képességére vezethető vissza.



34. ábra: A funkcionális (a) és a BL80 (b) típusú liszt próbacipóinak bélzet

A 34. ábra a BKL és a BL80 típusú kenyér bélzetek láthatók. Mind a két bélzet homogén és egyenletes. A képeken észrevehető, hogy az endosperm részből származó őrlemény termékére közel megegyező méretű buborékok jellemzőek, a funkcionális kenyér buborék méret eloszlását tágabb mérettartomány jellemzi.

A funkcionális liszt fehérkenyérhez hasonló tulajdonságai a hagyományos lisztek siker fehérje és keményítő tulajdonságaival nem magyarázhatóak. A kenyér sötét színe egyértelműen a magas hamu, rost tartalomra és az eltérő más szénhidrát összetételre vezethető vissza. Az eddigi ismereteink alapján a héj közeli és héjban gazdag őrlemények végterméke kisebb térfogatú és tömör szerkezetű. A búzaszem két részéből az endosperm és a héj részből készült cipók jellege teljesen eltérő. Ezzel szemben a funkcionális liszt a térfogat és bélzet tulajdonságokban a fehérkenyérre, míg szín és bizonyos beltartalmi paraméterek alapján a korpás kenyérre hasonlít.

4.3.1 A próbacipó beltartalmi összetételének bemutatása

A végtermék teljes körű jellemzéséhez, táplálkozási értékének megítéléséhez az egyes őrlményekből sült próbacipók kémiai összetételének meghatározása az első lépés. Az eredmények (35. ábra) azt mutatják, hogy a funkcionális liszt végterméke, a többi kenyérhez képest jelentős eltérést mutat.

kenyér típus	fehérje (m/m%)	hamu (m/m%)	nyersrost (m/m%)	nyerszsír (m/m%)	nedvesség (m/m%)	összes élelmi rost (m/m%)	oldható élelmi rost (m/m%)	keményítő (m/m%)	energia (kJ/100g kenyér)
BL55	13,54	1,29	0,48	0,21	40,41	5,28	1,86	40,56	968,40
BL80	14,95	0,58	0,59	1,05	40,74	5,77	1,70	37,49	969,98
BL112	18,05	2,60	1,75	0,79	40,23	4,17	2,74	36,76	1018,18
BKL	21,73	3,78	5,67	0,9	41,99	14,56	2,20	20,82	803,03

35. ábra: A különböző liszt típusokból sült kenyerek átlagos összetétele és tápértéke

A BKL lisztből készült kenyerek nyersrost (5,7%) élelmi rost (14,6%) tartalma a fehérkenyérben mért mennyiségekhez (nyersrost 0,6%, élelmi rost 5,8%) képest lényegesen magasabb –közel háromszoros- koncentrációban van jelen. Emellett a funkcionális lisztből készült kenyerek értelemszerűen a BKL liszthez hasonló mértékben közel kétszeres fehérje, mintegy tízszeres hamu, magasabb lipid tartalommal is rendelkeznek. Bár az említett komponensek részletesebb analitikai jellemzése még hátra van, kijelenthető, hogy az új őrlmény táplálkozási értéke egyértelműen kedvezőbb. Az előbb felsorolt adatokból azonban az is egyértelműen következik, hogy a kenyerek könnyen metabolizálható (számított) keményítőtartalma jelentősen alacsonyabb, vagyis e termékek glikémiás indexe nagy valószínűséggel kedvezőbb. A keményítő alacsony koncentrációja a végtermék jelentősen alacsonyabb energia tartalmát is eredményezi.

A próbasütés értékeléseként elmondható, hogy a funkcionális lisztet sütőipari minőség szempontjából a fehérkenyerekre jellemző értékekkel rendelkezik a térfogat és bélzet tekintetében, ami a piaci elvárásoknak megfelel. Mind emellett táplálkozási szempontból élelmi rostban gazdag és az elfogyasztása során bevitt energia 83 % a fehérkenyérené.

4.4 A különböző vizsgálati módszerekkel nyert paraméterek összehasonlító elemzése

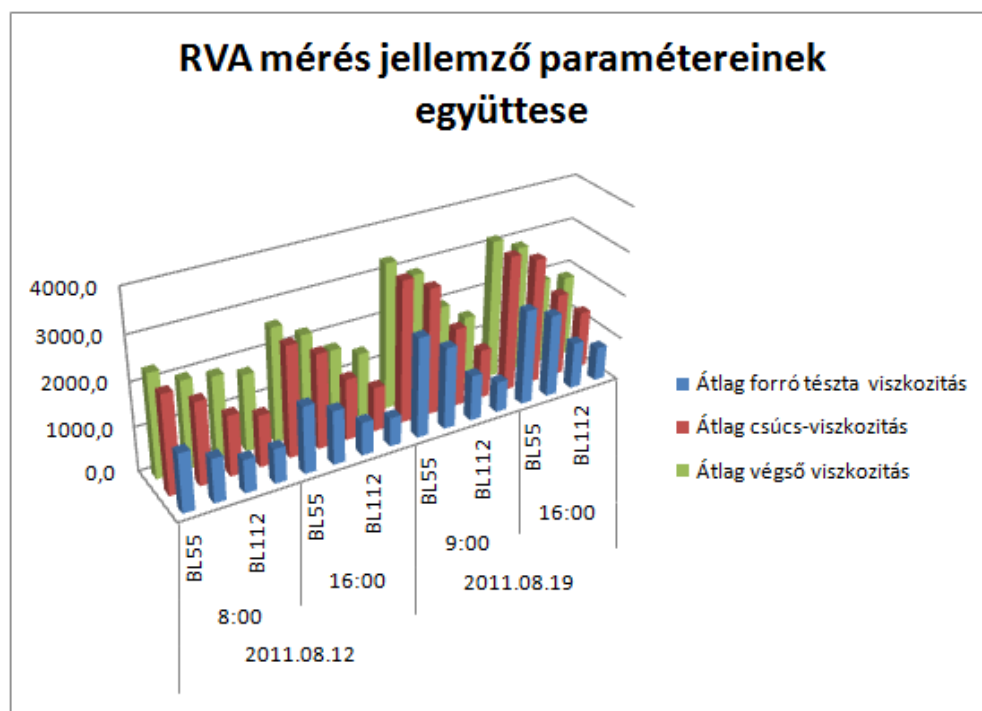
Az eredmények komplex értékelése során kísérletet teszek a beltartalmi, reológiai és végtermék minősítés mérési eredményei közötti összefüggések vizsgálatára. Bár a vizsgálati minták száma nem teszi lehetővé általánosítható, statisztikailag megalapozott állítások megfogalmazását, arra alkalmas lehet, hogy bizonyos kapcsolatokra rávilágítson, illetve kijelöljön, egyes vizsgálati irányokat, melyekkel a fenti hipotetikus magyarázatok megerősíthetők. Ilyen tekintetben tehát az alábbi vizsgálatok csak előtanulmánynak tekinthetők. Az összefüggések tanulmányozását egyszerű statisztikai eszközökkel, a mért eredmények közötti korrelációs számításokkal végeztem. A teljes korrelációs mátrixok a 8. Melléklet 1. táblázataiban találhatóak. (Megjegyzés: Két korrelációs mátrixot használtam, mivel az élelmi rost esetében kisebb számú mérési eredmény állt rendelkezésemre.) A statisztikai számításokhoz a Statistica szoftvert használtam.

Elsőként arra kerestem választ, vajon a liszt összetétele hatással van-e reológiai tulajdonságokra, és a szignifikáns összefüggések magyarázhatóak-e jelenlegi tudásunk alapján. Az élelmi rost tartalommal összefüggést mutató paramétereket vizsgáltam. A vizsgálatok eredményei szoros pozitív korrelációt mutattak a víz abszorpció és az élelmi rost mennyisége között. Az RVA mérés eredményei szignifikáns negatív korrelációt mutatnak az élelmi rosttartalommal.

A nyers fehérje tartalom a számítások szerint összefüggésben áll a valorigráfos méréssel megállapított vízabszorpcióval és a tészta kialakulási idővel. Ez az eredmény is jól mutatja, hogy a mérés során valóban a fehérje tulajdonságtól való függést vizsgáltam. A funkcionális liszt esetében a magas fehérje tartalom nem valószínű, hogy magas sikerfehérje tartalmat mutat. A liszt fehérje összetételének és siker tartalmának meghatározása további módszer fejlesztést és további méréseket, esetleg módosított mérési és vagy értékelési protokollt igényel.

A nyersfehérje mennyiség a viszkozitási értékekkel negatív korrelációt mutat, azaz a nyersfehérje tartalom növelésével a csúcsviszkozitás és a végső viszkozitás csökken. A legmagasabb szignifikancia szinten az RVA mérés visszaesési paraméterével korrelál. A számítás alapján arra következtethetünk, hogy a csúcsviszkozitás utáni viszkozitási visszaesés mértékét a fehérje tartalom, annak állagstabilizáló hatása révén csökkentheti.

A lisztek vízabszorpció értéke szignifikánsan korrelál a tészta kialakulási idővel, a kisebb vízabszorpciójú lisztek gyorsabb hidratációjuk révén hamarabb képesek stabil tésztastruktúra kialakítására.



36. ábra: RVA mérés során meghatározott csúcs-, forró tészta és végső viszkozitás értékek

Az egyes reológiai mérések közti összefüggések vizsgálata azt mutatta, hogy a tészta kialakulási idő az RVA mérés csúcsviszkozitásával és a visszaesésével áll negatív korrelációs kapcsolatban. Az RVA mérés egyes jellemző paramétereik egymással is korrelációt mutat (36. ábra).

A végterméket jellemző paraméterek a cipó magasság és a relatív térfogat a vártaknak megfelelően pozitív korrelációt mutatnak egymással. Az egyes reológiai paraméterek egyike sem korrelál szorosan a cipókra jellemző mérőszámokkal. Ez azzal magyarázható, hogy a reológiai mérések nem a végtermék minőségét hivatottak előre megállapítani, hanem a technológia során lisztből előállított tésztáét.

A korrelációs vizsgálat részben alátámasztotta azt a hipotézisemet, mely szerint vélhetően az élelmi rostban gazdag örlemény magas víz abszorpciója kapcsolatban áll az élelmi rost mennyiséggel. A nem keményítő jellegű poliszacharidok egyedi fizikai,

hidratációs tulajdonsága a tészta képződés során a magas eddig ismeretlen fehérje összetétellel együtt késleltetik a tészta kialakulását. A kialakult tészta az egyedi térszerkezetnek köszönhetően mérsékeltebb lágyulást produkál, mint a klasszikus lisztek, ami erősebb tészta szerkezetre enged következtetni.

A BKL lisztek RVA mérés során tapasztalt az alapliszteknél alacsonyabb paraméter értékek a magas fehérje tartalommal és élelmi rost mennyiséggel függnek össze. A funkcionális liszt alacsonyabb keményítő tartalma szintén jelentősen befolyásolhatja ezt a jelenséget.

A vizsgált liszteknél rendre a BL112, BL80, BL55 típusoknál a csúcs viszkozításban növekvő tendencia figyelhető meg, míg a legkisebb értéket a BKL lisztek vették fel.

5 Összefoglalás

Munkám során alapvető célom volt egy új technológiával a Gyermely Zrt.-nél előállított, élelmi rostokban jelentősen gazdagabb búzaliszt frakció komplex sütőipari jellemzésének elvégzése. A fejlesztés egy konzorciumi együttműködésben megvalósuló K+F projekthez kapcsolódik. Ennek lehetőségeit kihasználva lehetőségem nyílt továbbá a malomipari zártörlésben, mint a technológiai stabilitást vizsgáló nagyipari kísérletben keletkező valamennyi főfrakció mintavételezésére is. Így a kutatás során elvégeztem a hagyományos és az újonnan fejlesztett őrlmények összehasonlító vizsgálatát is, mely lehetővé tett az eltérések molekuláris szintjeinek részleges értelmezését, valamint a technológia stabilitásra vonatkozó egyes megállapítások megfogalmazását is.

Céljaim megvalósításához két mintavételi nap zárt malomipari őrlésből származó lisztfrakciók minősítését végeztem el. A lisztfrakciók (BL55, BL80, BL112, BKL: funkcionális liszt) gyűjtése adott időközönként történt, ezzel a zárt őrlés alapanyagának homogenitásáról illetve a malomipari technológia stabilitásáról is vonhattam le következtetéseket. Vizsgáltam az egyes liszt típusok minőségét egyértelműen befolyásoló beltartalmi összetételt, a fehérje és szénhidrát függő tészta reológiai tulajdonságait és a lisztek végtermékminőségét jellemző próbasütési eredményeket.

Az eredmények komplex értékelése során választ kerestem arra, látható-e a beltartalmi összetétel, a reológiai tulajdonságok és a végterméket leginkább modellező próbasütés jellemzői között kapcsolat. Így célom volt az egyes módszerekkel kapott eredmények közötti összefüggések megállapítása, valamint a szerkezet és a funkció közötti kapcsolatok tanulmányozása.

A mérési eredmények alapján egyértelműen levonható az a következtetés, hogy a funkcionális liszt beltartalmi összetétele lényegesen eltér a szokványos malmi frakcióktól. Ezt az eltérés valamennyi fő komponens esetén jelentkezik, azonban meghatározó a funkcionális lisztünk magas élelmi rost és fehérje tartalma. A reológiai mérések során szintén jellegzetes különbségeket tapasztaltam, mind a fehérje, mind a szénhidrát függő reológiai jellemzőkben. A funkcionális lisztből kialakuló tészta szerkezetet, késleltetett tészta kialakulás és hosszabb távon közel egyenletes tészta konzisztencia megtartása jellemzi, amely az egyedi beltartalmi profilra és az élelmi rostkomponensek jellegzetes és csak részben ismertfizikai-kémiai tulajdonságaira vezethető vissza. A sütéspróba eredménye a reológiai és beltartalmi értékekből előre nem meghatározható. A magas élelmi rost tartalmú funkcionális lisztből

készített próbacipók a fehérkenyérre jellemző paraméterekkel rendelkeznek. A jelenséget vélhetően az élelmi rostok és a nagy mennyiségű fehérje hatásával kialakuló stabil térszerkezet eredménye.

A három méréscsoport (kémiai összetétel, reológia viselkedés és végtermékteszt) eredményeinek összehasonlító értékelés alapján elmondható, hogy az új liszt magas élelmi rost és a jelenleg még nem ismert összetételű, de magasabb koncentrációjú fehérje tartalom lényegesen befolyásolja a reológiai paraméterek alakulását. A nagymértékű hidratáció és a szerkezetük miatt képesek gélesedni és stabil szerkezetet kialakítani. Ez a stabil és valószínűleg rugalmas szerkezet eredményezi a próbacipók nagy térfogatát. A cipók beltartalmi és számított energia értékei alapján egy olyan terméket sikerült előállítani, amely a szokványos fehérkenyéرنél alacsonyabb energia bevitelű, élelmi rostfrakcióban gazdagabb és glikémiás indexe lényegesen kedvezőbb. .

A továbbiakban tervezem a speciális őrlemény fehérje alegység-összetételének részletes jellemzését, a sikéralkotó és az egyéb fehérjefrakciók arányának pontosabb meghatározását, az élelmi rostkomponensek vizsgálatát, valamint a összetettebb térszerkezet reológiai vizsgálatok elvégzését. Mindezek elősegíthetik az új fejlesztésű őrlemény minőségét befolyásoló faktorok azonosítását és végső soron támogatják a termékfejlesztés folyamatát.

6 Irodalom jegyzék

1. Biacs, P., et al., *Élelmiszer-technológia mérnököknek*. 2010, Szeged: Szegedi Tudományegyetem.
2. Bocz, E., *Szántóföldi növénytermesztés: Mezőgazda Kiadó*.
3. Šramková, Z., E. Gregová, and E. Šturdíka, *Chemical composition and nutritional quality of wheat grain*. Acta Chimica Slovaca, 2009. 2: p. 115-138.
4. Khan, K. and P.R. Shewry, *Wheat Chemistry and Technology, IV. edition*. 2009: Amer Assn of Cereal Chemists.
5. Osborne, T.B., *The proteins of the wheat kernel*. 1907: Carnegie Institute.
6. Goesaert, H., et al., *Wheat flour constituents: how they impact bread quality, and how to impact their functionality*. Trends in Food Science & Technology. 16(1-3): p. 12-30.
7. Osborne, T.B., *The vegetable proteins*. 1924, London: Longmans, Green and Co.
8. Tamásné Nyitrai, E.C., *A búza (Triticum aestivum L.) táplálkozási értékének javítása géntechnológiai módszerrel*. 2009, Martonvásár: MTA Mezőgazdasági Kutatóintézete.
9. Pence, J.W., N.E. Weinstein, and D. Mecham, *The albumin and globulin contents of wheat flour and their relationship to protein quality*. Cereal Chemistry 1954.
10. Hajós Dr. Novák, M., *Genetikai variabilitás a növénytermesztésben* 1999.
11. D'Ovidio, R. and S. Masci, *The low-molecular-weight glutenin subunits of wheat gluten*. Journal of Cereal Science, 2004. 39(3): p. 321-339.
12. Shewry, P.R. and A.S. Tatham, *The characteristics, structures and evolutionary relationships of prolamins Seed proteins*. 1999: Kluwer Academic Publishers.
13. Payne, P.I., L.M. Holt, and P.G. Lister, *Gli-A3 and Gli-B3, two newly designated loci coding for omega-type gliadins and D subunits of glutenin*. Proceedings of the Seventh International Wheat Genetics Symposium, 1988.
14. Jensen, S.A. and H. Martens, *The Botanical Constituents of Wheat and Wheat Milling Fractions. II. Quantification by Amino Acids*. Cereal Chemistry, 1983.
15. Li, J.-Y. and A.-I. Yeh, *Relationships between thermal, rheological characteristics and swelling power for various starches*. Journal of Food Engineering, 2001. 50(3): p. 141-148.

16. Singh, N., et al., *Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources*. Food Chemistry, 2003. **81**(2): p. 219-231.
17. Zrínyi, M., *Intelligens anyagok*. Magyar Tudomány, 1999.
18. *Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids (Macronutrients)*. 2005, Washington, D.C: THE NATIONAL ACADEMIES PRESS.
19. Eastwood, M. and D. Kritchevsky, *Dietary fiber: How did we get where we are?* Annual Review of Nutrition, 2005. **25**: p. 1-8.
20. Bíró, G. *Funkcionális élelmiszerek, természetes antioxidánsok szerepe az egészségmegőrzésben*. Available from:
<http://www.kfki.hu/chemonet/osztaly/eloadas/birgyorgy.html>.
21. Anderson, J.W., et al., *Health benefits of dietary fiber*. Nutrition Reviews, 2009. **67**(4): p. 188-205.
22. Weickert, M.O. and A.F. Pfeiffer, *Metabolic effects of dietary fiber consumption and prevention of diabetes*. J Nutr, 2008. **138**(3): p. 439-42.
23. Salgó, A., *Élelmiszerkémia és táplálkozástan I*. 2001: Műegyetemi Kiadó.
24. Farkas, J., *A gabonaipar jellemző műveletei és technológiai folyamatai*. 1970, Budapest: Különlenyomat a gabonaipari kézikönyvből.
25. Pomeranz, Y., *Wheat, Chemistry and Technology. 3rd Edition*. Vol. II. 1988: American Association of Cereal Chemists.
26. *Magyar Élelmiszerkönyv*. 2010: Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium, Élelmiszerlánc-elemzési Főosztály.
27. Preedy, V., R.R. Watson, and V.B. Patel, *Flour and Breads and their Fortification in Health and Disease Prevention*. 2011: Academic Press.
28. Kevei, F., et al., *Mikrobiológia II*. 2003, Szeged: JATEPress.
29. Dobraszczyk, B.J. and M.P. Morgenstern, *Rheology and the breadmaking process*. Journal of Cereal Science, 2003.
30. Nádosz, M., *Búza vizsgálat*. 2005, Budapest: Élelmiszervizsgáló komplex labor
31. *A vízfelvevő képesség és a reológiai tulajdonságok meghatározása farinográffal*. 1994.
32. *A vízfelvevő képesség és a reológiai tulajdonságok meghatározása valorigráffal*. 1995.
33. Shewry, P.R. and G.L. Lookhart, *Wheat Gluten Protein Analysis*. 2003: AACC Press.
34. Juhász, R., *Gabonák nyersanyag minősítése: gyors viszkoanalizátoros technika*. 2005, Budapest: Élelmiszervizsgáló komplex labor.

35. Juhász, R. and A. Salgó, *A gyors viszkoanalizátoros technika alkalmazási lehetőségei.* Élelmiszervizsgálati közlemények, 2006.
36. Sasaki, T., T. Yasui, and J. Matsuki, *Influence of non-starch polysaccharides isolated from wheat flour on the gelatinization and gelation of wheat starches.* Food Hydrocolloids, 2000. **14**(4): p. 295-303.

Mellékletek

1. Melléklet: Lisztek beltartalmi összetétele
2. Melléklet: Lisztek mikrovalorigráfos mérési eredményei
3. Melléklet: Lisztek RVA mérési eredményei
4. Melléklet: Próbacipók jellemző adatai
5. Melléklet: Mikrovalorigráfos görbék
6. Melléklet: RVA görbék
7. Melléklet: Próbacipók képei
8. Melléklet: Korrelációs mátrixok

1. Melléklet

Minta szám	mintavétel napja	Mintavétel időpontja	Minta típusa	Nedvesség (m/m %)	Nyersfehérje (m/m%)	Nyerszsír (m/m%)	Hamu (m/m %)
2011/117	2011.08.12	8:00	BL55	14,26	11,84	0,98	0,42
2011/118			BL80	13,94	12,87	1,28	0,59
2011/119			BL112	13,16	15,81	3,23	1,59
2011/121			BKL	12,89	21,29	3,19	2,99
2011/129		16:00	BL55	13,55	12,63	0,93	0,5
2011/130			BL80	13,49	13,94	1,43	0,66
2011/131			BL112	12,2	17,65	3,74	1,81
2011/133			BKL	11,62	22,5	3,12	3,04
2011/147	2011.08.19	9:00	BL55	13,54	10,87	0,94	0,37
2011/148			BL80	13,36	11,86	1,41	0,54
2011/149			BL112	12,48	14,57	3,47	1,55
2011/151			BKL	12,05	19,84	3,52	3,28
2011/159		16:00	BL55	13,39	11,12	1	0,37
2011/160			BL80	12,9	12,09	1,29	0,55
2011/161			BL112	11,71	14,99	3,43	1,47
2011/163			BKL	11,49	19,73	5,55	2,69

08.12 és 08.19. vett BL55, BL80, BL112 és BKL lisztminták beltartalmi paraméterei

2. Melléklet

Minta száma	Mintavétel napja	Mintavétel időpontja	Minta típusa	Mikrovalorigráf (DDT=Tészta kialakulási idő VUmax= max. konzisztencia)							
				Víz absz[%]	Nedvesség tart [%]	VUmax	DDT [min]	DDT (korr) [min]	Ellágyulás [VU]	start letörés [min]	Stabilitás [min]
2011/117	2011.08.12	8:00	BL55	55,00	14,26	552	4,02	3,52	129	5,0	2,0
2011/118		8:00	BL80	58,00	13,94	520	4,0	3,48	108	4,9	2,5
2011/119		8:00	BL112	63,00	13,16	523	4,79	4,29	96	5,5	2,1
2011/121		8:00	BKL	67,00	12,89	538	6,13	5,63	60	7,0	2,3
2011/129		16:00	BL55	57,00	13,55	519	3,74	3,24	112	5,1	2,2
2011/130		16:00	BL80	59,00	13,49	535	2,81	2,31	115	3,8	2,2
2011/131		16:00	BL112	63,00	12,20	532	3,75	3,25	123	4,5	1,9
2011/133		16:00	BKL	71,00	11,62	548	5,89	5,39	34	7,4	2,9
2011/147	2011.08.19	9:00	BL55	59,00	13,54	529	2,50	2,00	160	3,1	1,5
2011/148		9:00	BL80	61,00	13,36	512	2,70	2,20	127	3,3	1,6
2011/149		9:00	BL112	63,00	12,48	541	3,27	2,77	152	3,6	1,4
2011/151		9:00	BKL	70,00	12,05	519	4,76	4,26	81	6,2	2,0
2011/159		16:00	BL55	60,50	13,39	488	3,20	2,70	115	4,0	2,2
2011/160		16:00	BL80	60,50	12,9	520	2,95	2,45	119	3,4	1,5
2011/161		16:00	BL112	63,00	11,71	535	3,19	2,69	129	3,4	1,6
2011/163		16:00	BKL	70,00	11,49	509	4,90	4,40	72	5,2	1,5

08.12 és 08.19. vett BL55, BL80, BL112 és BKL lisztminták RVA mérési eredményei

3. Melléklet

Minta száma	Mintavétel időpontja	Minta típusa	Csúcs-viszkozitás (cP)	Átlag csúcs-viszkozitás	Forrótészta viszkozitás (cP)	Átlag forrótészta viszkozitás	Visszaesés	Átlag visszaesés	Végző viszkozitás (cP)	Átlag végző viszkozítás	Dermedés (cP)	Átlag dermedés (cP)	Csirizesedési idő	Átlag csirizesedési idő	Csirizesedési hőmérséklet	Átlag csirizesedési hőmérséklet (°C)
2011/117	8:00	BL55	2249	2240	1322	1330	927	910	2350	2349	1028	1019	6,20	6,23	67,85	67,4
			2230		1337		893		2347		1010		6,27		66,95	
2011/118	8:00	BL80	1852	1875	969	994	883	882	1964	1999	995	1005	6,00	6,03	67,85	67,475
			1898		1018		880		2033		1015		6,07		67,1	
2011/119	8:00	BL112	1342	1370	740	755	602	616	1828	1894	1088	1140	6,13	6,13	67,85	67,475
			1398		769		629		1960		1191		6,13		67,1	
2011/121	8:00	BKL	1187	1169	803	783	384	387	1770	1738	967	955	6,07	6,00	87,95	78,3
			1151		762		389		1705		943		5,93		68,65	
2011/129	16:00	BL55	2515	2514	1567	1522	948	992	2617	2594	1050	1072	6,40	6,33	66,35	66,675
			2512		1476		1036		2570		1094		6,27		67	
2011/130	16:00	BL80	2129	2146	1187	1218	942	928	2222	2250	1035	1032	6,20	6,23	67,8	67,35
			2162		1248		914		2277		1029		6,27		66,9	
2011/131	16:00	BL112	1384	1390	735	754	649	636	1724	1729	989	975	6,07	6,13	88,75	87,95
			1396		773		623		1733		960		6,20		87,15	
2011/133	16:00	BKL	994	1007	648	656	346	351	1429	1460	781	804	5,80	5,80	91,05	91,525
			1019		663		356		1490		827		5,80		92	
2011/147	9:00	BL55	3192	3226	2330	2274	862	952	3349	3317	1019	1043	6,80	6,73	68,6	67,8
			3259		2218		1041		3285		1067		6,67		67	
2011/148	9:00	BL80	2881	2889	1935	1861	946	1028	2957	2905	1022	1044	6,67	6,60	68,6	67,825
			2896		1787		1109		2852		1065		6,53		67,05	
2011/149	9:00	BL112	1807	1799	1053	1038	754	762	2024	2004	971	967	6,40	6,37	90,3	90,325
			1791		1022		769		1984		962		6,33		90,35	
2011/151	9:00	BKL	1130	1128	710	699	420	429	1617	1592	907	893	5,93	5,90	93,6	93,225
			1126		688		438		1567		879		5,87		92,85	
2011/159	16:00	BL55	3094	3102	2180	2169	914	933	3182	3174	1002	1005	6,73	6,67	67,8	68,25
			3109		2158		951		3165		1007		6,60		68,7	
2011/160	16:00	BL80	2876	2879	1767	1882	1109	997	2786	2881	1019	1000	6,47	6,57	67,9	67,475
			2881		1996		885		2976		980		6,67		67,05	
2011/161	16:00	BL112	1900	1896	1076	1059	824	838	1987	1963	911	904	6,33	6,33	91,3	90,05
			1892		1041		851		1938		897		6,33		88,8	
2011/163	16:00	BKL	1306	1314	776	776	530	538	1884	1861	1108	1085	5,93	5,93	92,1	92,125
			1321		775		546		1837		1062		5,93		92,15	

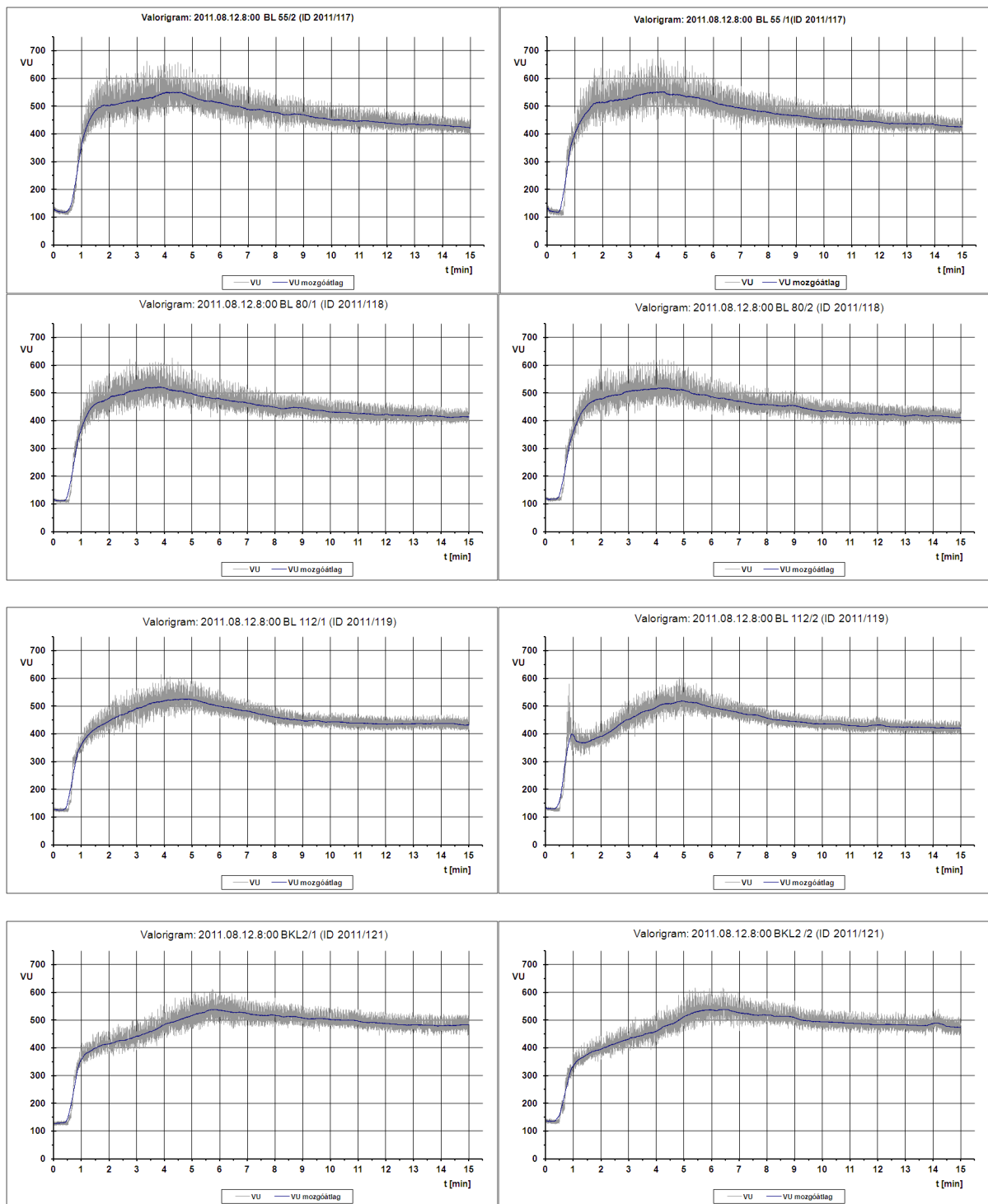
08.12 és 08.19. vett BL55, BL80, BL112 és BKL lisztminták RVA mérési eredményei

4. Melléklet

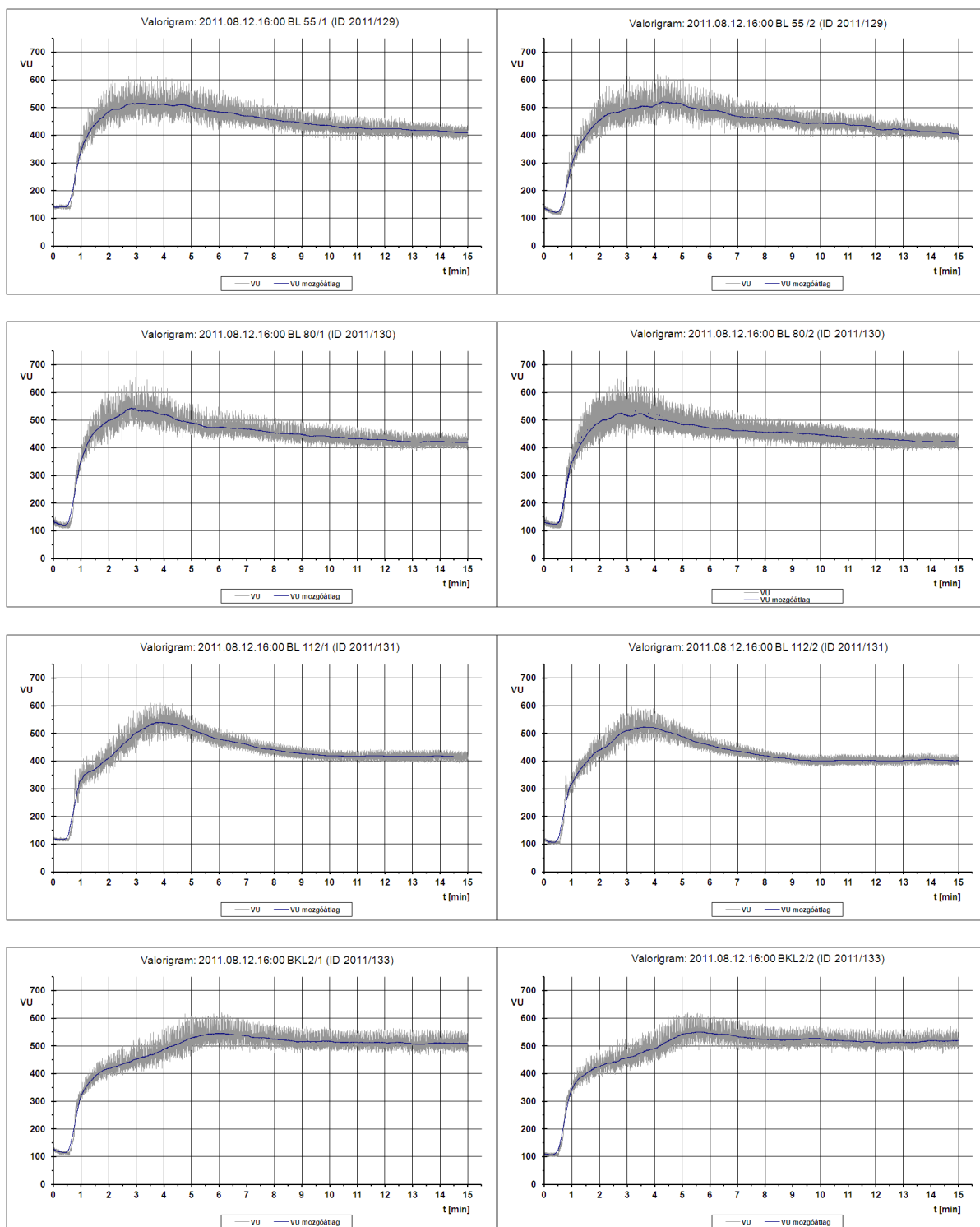
Minta szám	Mintavétel időpontja	Minta típusa	Víz absz(%)	Átlagos cipó térfogat (ml)	Átlagos cipó tömeg (g)	Cipó magasság (mm)	Tömegre vonatkoztatott cipótérfogat (ml/100g)	Kenyér nedvesség (m/m %)
2011/117	8:00	BL55	55,00	1046	367,7	89	284,48	39,77
2011/118		BL80	58,00	1104	356,0	90	310,11	39,01
2011/119		BL112	63,00	953	377,1	66	252,68	42,42
2011/121		BKL	67,00	1099	382,4	86	287,51	40,80
2011/129	16:00	BL55	57,00	1177	357,6	97	329,20	37,30
2011/130		BL80	59,00	1099	361,2	90	304,20	37,57
2011/131		BL112	63,00	752	389,5	59	193,11	44,72
2011/133		BKL	71,00	1022	386,5	81	264,46	43,70
2011/147	9:00	BL55	59,00	1140	360,8	92	315,96	41,00
2011/148		BL80	61,00	949	370,3	80	256,27	41,60
2011/149		BL112	63,00	740	386	64	191,73	40
2011/151		BKL	70,00	731	373,4	60	195,82	43,61
2011/159	16:00	BL55	60,50	1184	366,3	95	323,38	40,41
2011/160		BL80	60,50	1122	305,2	90	367,74	40,74
2011/161		BL112	63,00	676	372,2	60	181,49	40,23
2011/163		BKL	70,00	993	439,1	75	2,26	41,99

08.12 és 08.19. vett BL55, BL80, BL112 és BKL lisztminták próbasütés eredményei

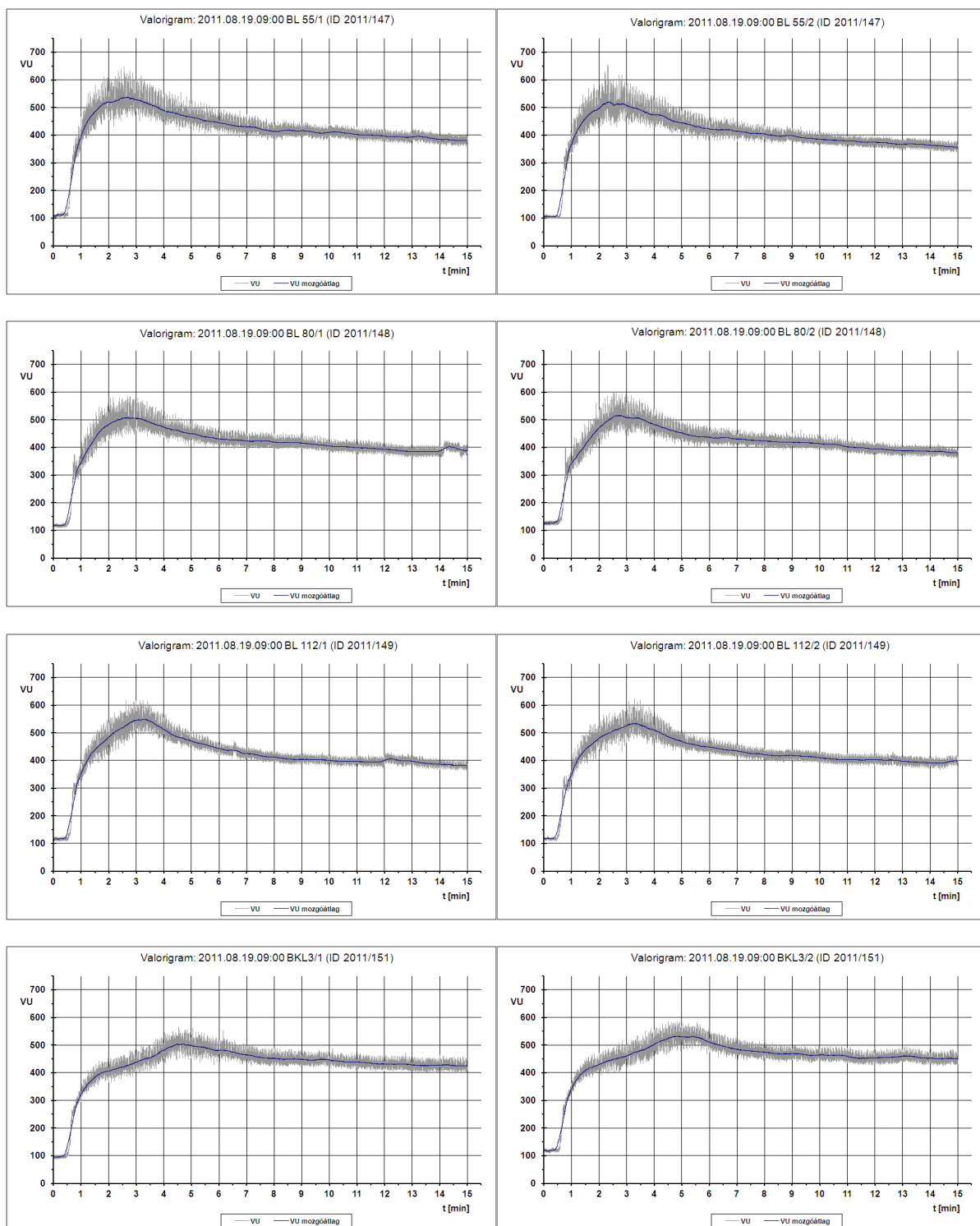
5. Melléklet



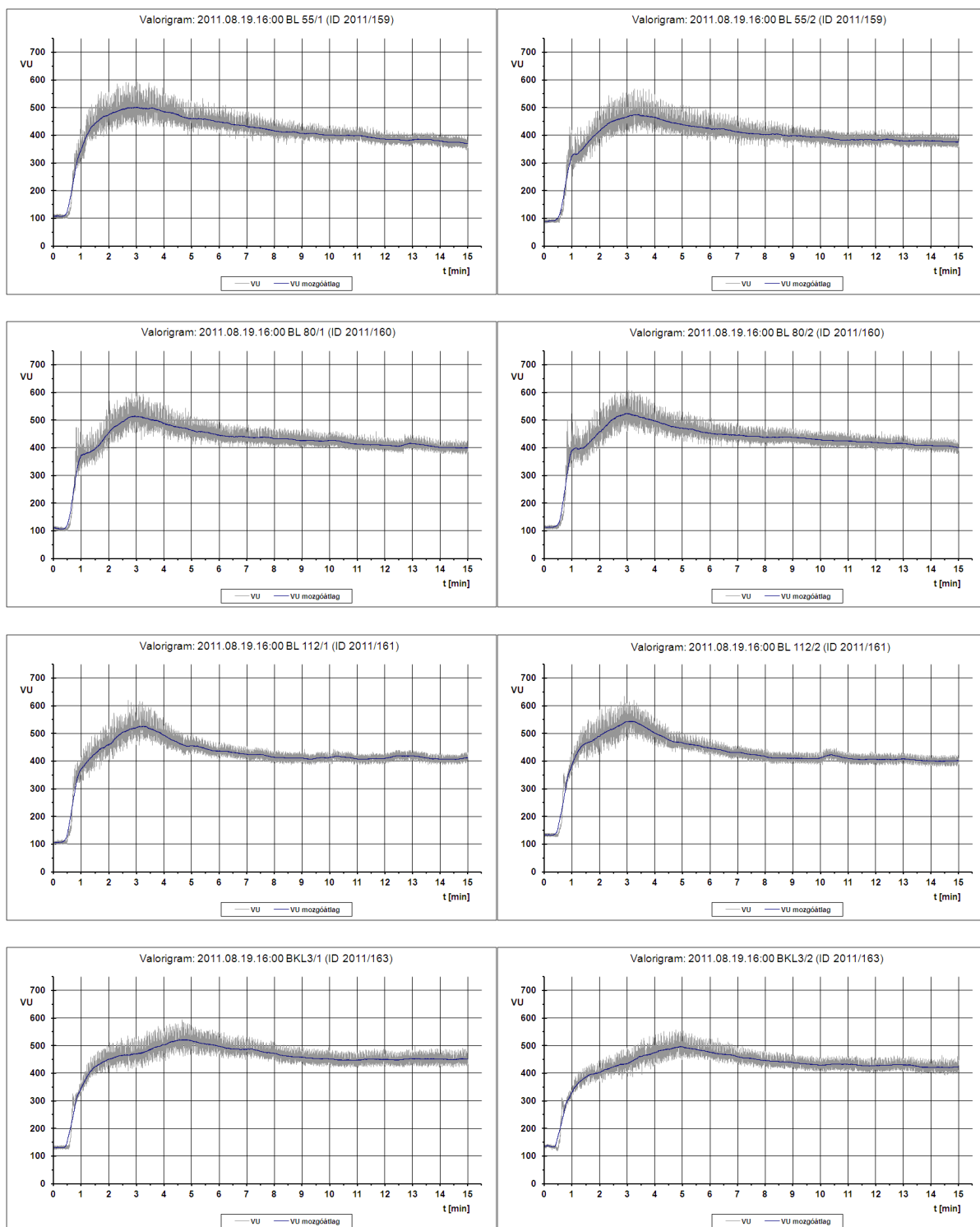
1. ábra: 08.12. 8:00 időpontban vett BL55, BL80, BL112 és BKL őrlemények mikrovalorigramjai



2. ábra: 08.12. 16:00 időpontban vett BL55, BL80, BL112 és BKL őrlmények mikrovalorigramjai

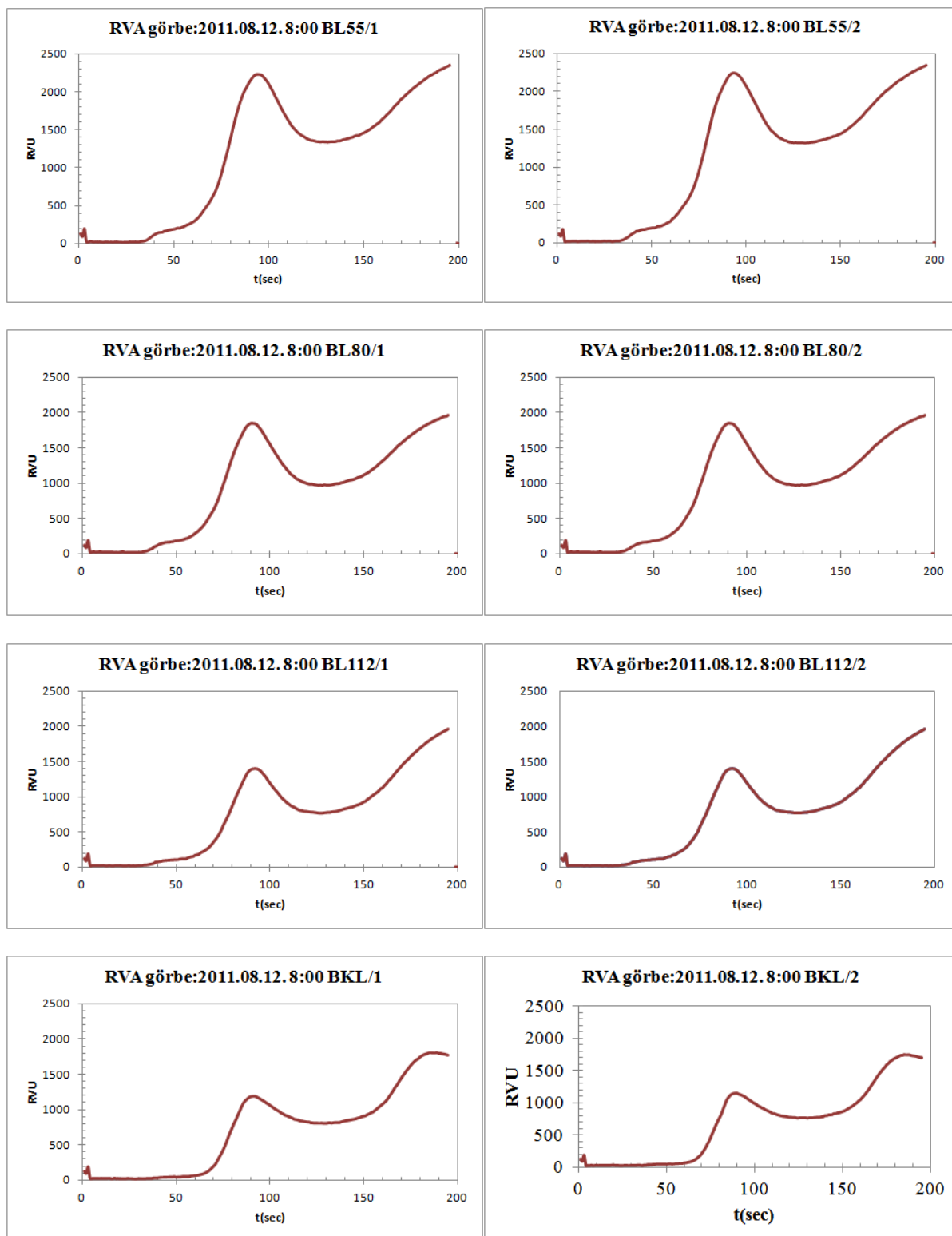


3. ábra: 08.19. 9:00 időpontban vett BL55, BL80, BL112 és BKL őrlmények mikrovalorigramjai

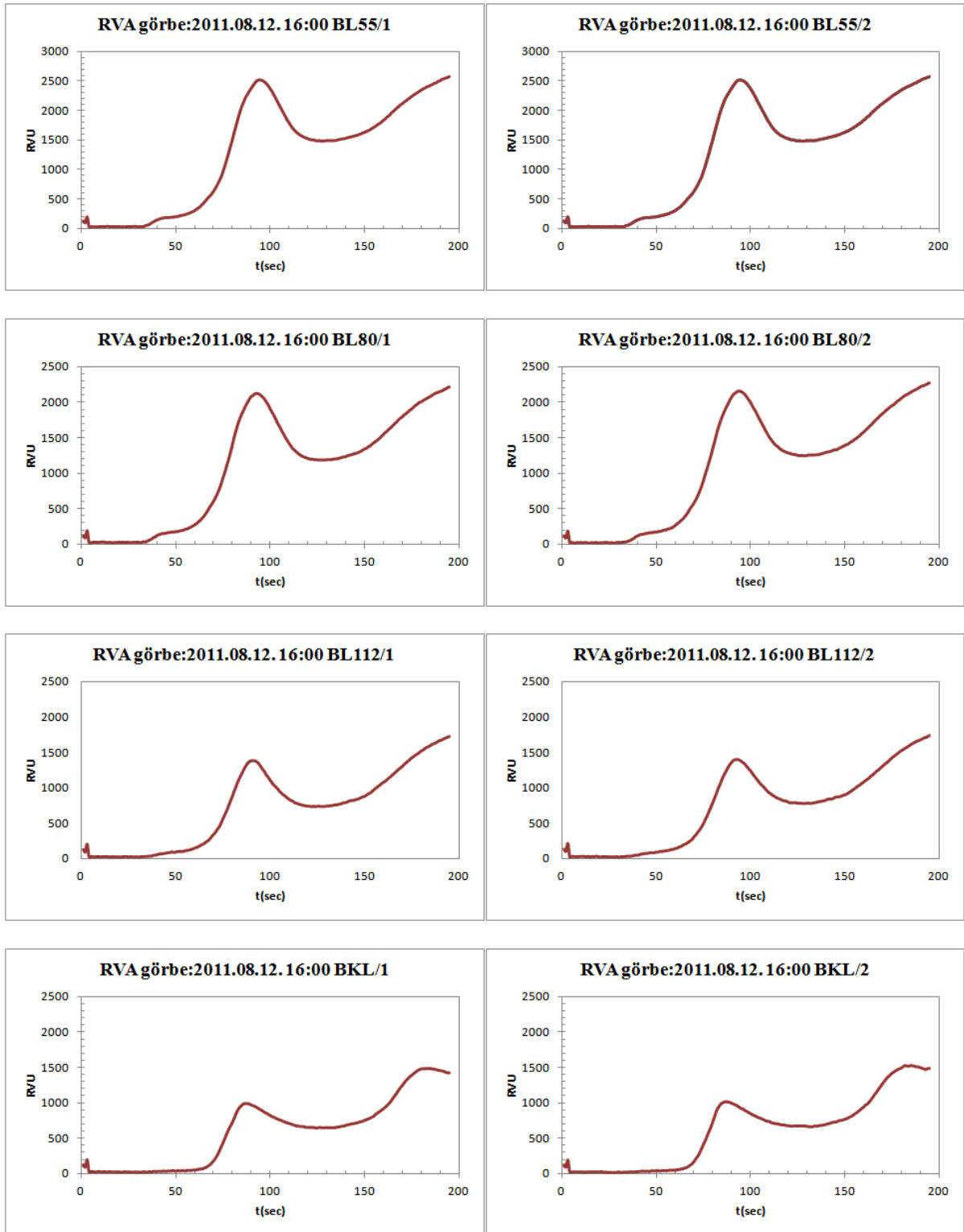


4. ábra: 08.19. 16:00 időpontban vett BL55, BL80, BL112 és BKL őrlmények mikrovalorigramjai

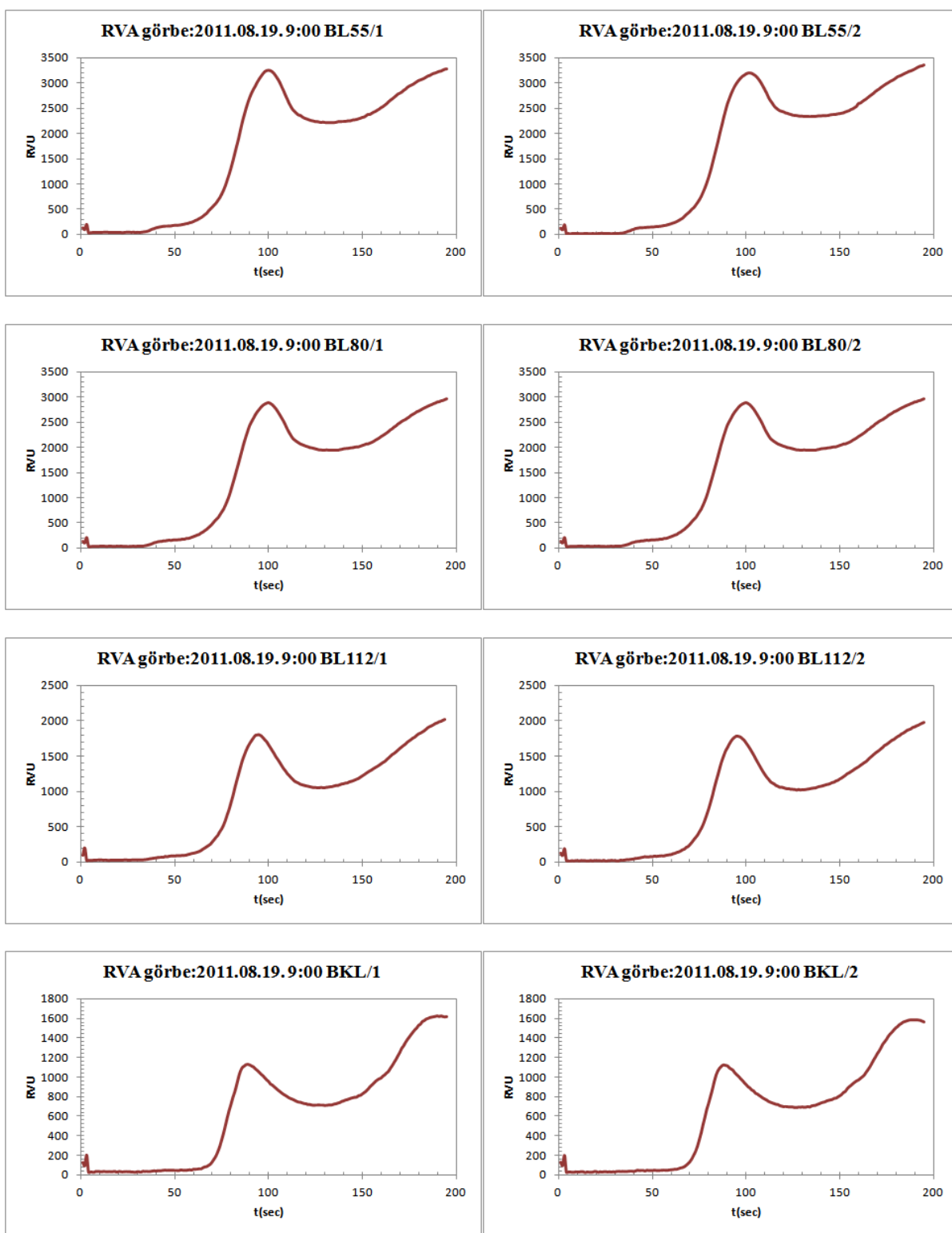
6. Melléklet



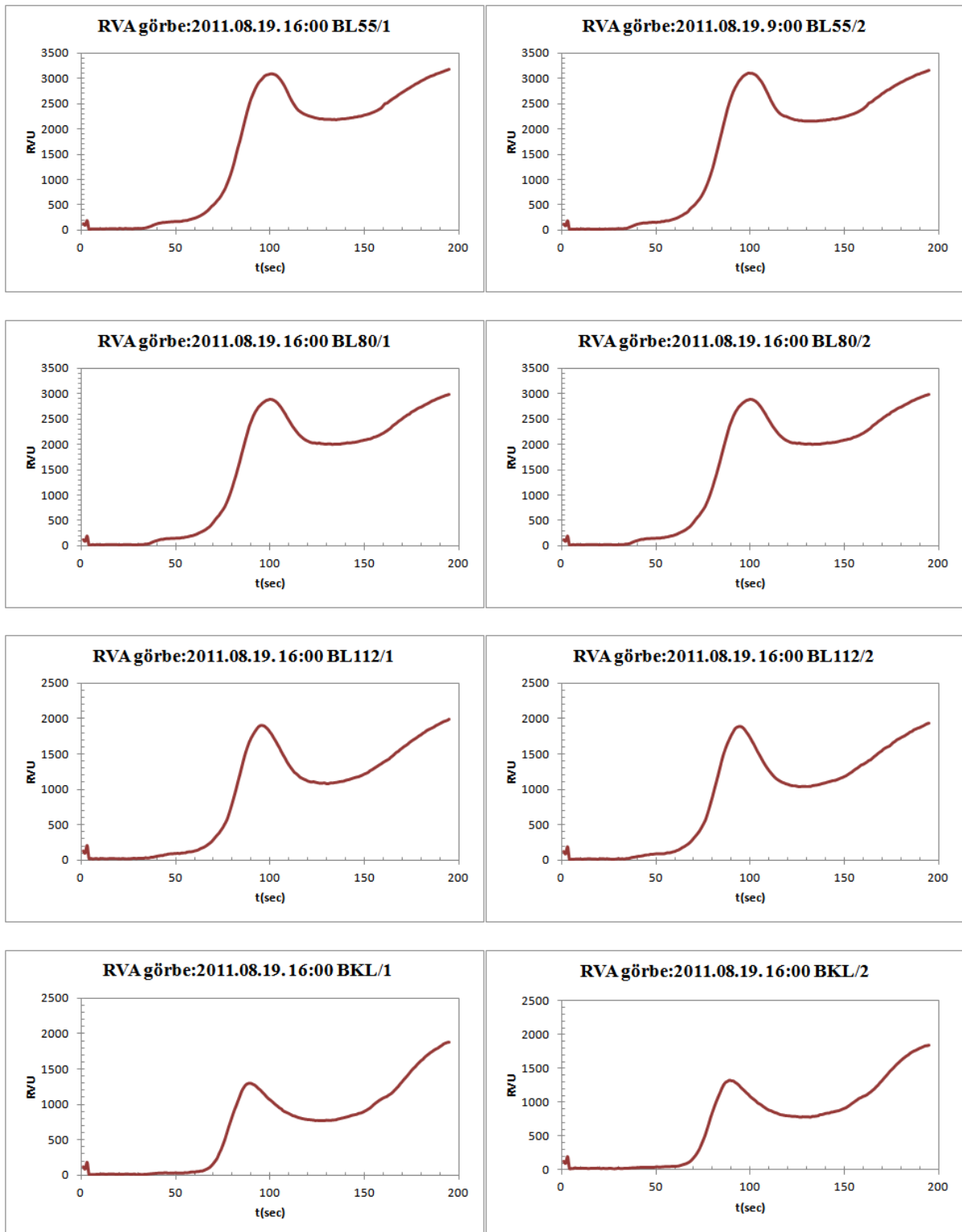
1. ábra: 08.12. 8:00 időpontban vett BL55, BL80, BL112 és BKL örlemények RVA görbéi



2. ábra: 08.12. 16:00 időpontban vett BL55, BL80, BL112 és BKL örlemények RVA görbéi



3. ábra: 08.19. 09:00 időpontban vett BL55, BL80, BL112 és BKL örlemények RVA görbéi



4. ábra: 08.19. 16:00 időpontban vett BL55, BL80, BL112 és BKL örlemények RVA görbéi

7. Melléklet



BL55 lisztből sült próbapipók



BL80 lisztből sült próbapipók



BL112 lisztből sült próbapipók

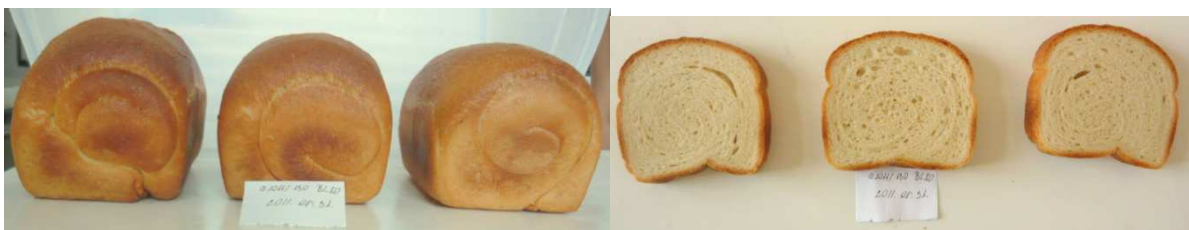


BKL lisztből sült próbapipók

1. ábra: 2011.08.12. 8:00 liszt minták próbapipói



BL55 lisztből sült próbapipók



BL50 lisztből sült próbapipók



BL112 lisztből sült próbapipók



BKL lisztből sült próbapipók

2. ábra: 2011.08.12. 16:00 liszt minták próbapipói



BL55 lisztből sült próbapók



BL80 lisztből sült próbapók



BL112 lisztből sült próbapók



BKL lisztből sült próbapók

3. ábra: 2011.08.19. 9:00 liszt minták próbapói



BL55 lisztből süített próbacipók



BL80 lisztből süített próbacipók



BL112 lisztből süített próbacipók



BKL lisztből süített próbacipók

4. ábra: 2011.08.19. 16:00 liszt minták próbacipói

8. Melléklet

N=15	Mean	Std.Dev.	beltartalmi jellemzők		Reológia								Végtermék	
					Mikrovalorigráf			RVA					Cipó jellemzők	
			nyers fehérje	víz abszorpció	tészta kialakulási idő	stabilitás	lágylás	csúcs-viszkozitás	forró tészta viszkozitás	visszaesés	végző viszkozitás		cipó magasság	Vcipó/100g
nyers fehérje	1,401	1,0710	1,000000	0,937242	0,811924	-0,753234	0,235979	-0,874786	-0,781439	-0,965865	-0,811538		-0,563798	-0,576031
víz abszorpció	62,500	4,8132	0,937242	1,000000	0,675871	-0,728247	0,132422	-0,719620	-0,607295	-0,877560	-0,644386		-0,526143	-0,523311
tészta kialakulási idő	3,410	1,1075	0,811924	0,675871	1,000000	-0,888715	0,587160	-0,817185	-0,736735	-0,886492	-0,741952		-0,176648	-0,199796
stabilitás	108,269	32,9210	-0,753234	-0,728247	-0,888715	1,000000	-0,654005	0,692320	0,609608	0,785043	0,628492		0,036932	0,046186
lágylás	1,963	0,4286	0,235979	0,132422	0,587160	-0,654005	1,000000	-0,371514	-0,343327	-0,383430	-0,373029		0,286254	0,244313
csúcsviszkozitás	1996,219	746,7013	-0,874786	-0,719620	-0,817185	0,692320	-0,371514	1,000000	0,981939	0,897015	0,982585		0,609695	0,610393
forró tészta viszkozitás	1235,281	546,6728	-0,781439	-0,607295	-0,736735	0,609608	-0,343327	0,981939	1,000000	0,797189	0,991077		0,622464	0,622346
visszaesés	760,938	234,0004	-0,965865	-0,877560	-0,886492	0,785043	-0,383430	0,897015	0,797189	1,000000	0,820094		0,491348	0,493853
végző viszkozitás	2231,531	578,3571	-0,811538	-0,644386	-0,741952	0,628492	-0,373029	0,982585	0,991077	0,820094	1,000000		0,627177	0,633501
cipó magasság	79,604	13,5882	-0,563798	-0,526143	-0,176648	0,036932	0,286254	0,609695	0,622464	0,491348	0,627177		1,000000	0,930096
Vcipó/100g	267,772	57,1836	-0,576031	-0,523311	-0,199796	0,046186	0,244313	0,610393	0,622346	0,493853	0,633501		0,930096	1,000000

1. táblázat: Minden vizsgált paraméter teljes korrelációs mátrixa

N=7	beltartalmi jellemzők			Reológia								Végtermék	
				Mikrovalorigráf			RVA					Cipó jellemzők	
	nyers fehérje	víz abszorpció	UPP%	tészta kialakulá	stabilitás	lágylás	csúcs-viszkozit	forró tészta	visszaesés	végző viszkozit		cipó magasság	Vcipó/100g
összes élelmi rost	0,97	0,98	0,98	0,80	-0,79	0,20	-0,96	-0,97	-0,92	-0,96		-0,85	-0,92
vízoldható élelmi rost	0,85	0,87	0,88	0,63	-0,59	-0,17	-0,85	-0,88	-0,75	-0,83		-0,83	-0,85

2. táblázat: Egyes vizsgált paraméterek élelmi rosttal mutatott korrelációja