Doktori PhD értékezés tézisei

EXTENZOGRÁF ALKALMAZÁSA A LISZTVIZSGÁLATOKBAN

Készítette:
Boros Norbert

Témavezető:
Borbélyné Dr. Varga Mária
egyetemi docens

DEBRECENI EGYETEM

Hankóczy Jenő Növénytermesztési, Kertészeti és Élelmiszertudományok Doktori Iskola

Debrecen, 2011

1. Bevezetés, témafelvetés

A gabonafélék adják a világ élelmiszer termelésének közel 60%-át. A búza egyedülálló abban a tekintetben, hogy számos emberi fogyasztásra alkalmas termék készíthető belőle. A különböző sütőipari termékek készítéséhez eltérő minőségű lisztre van szükség. A liszt fehérjetartalmának és fehérje összetételének jellemzése és a tészta reológiai jellemzőinek vizsgálata nélkülözhetetlen ahhoz, hogy meg tudjuk határozni a lisztek alkalmasságát az egyes termékek gyártásához.

A farinográf a legelterjedtebben használt tésztavizsgáló készülék, mely egyaránt jellemzi a tészta kialakulását, stabilitását és ellágyulását. A farinográf azonban nem jellemzi a tészta valamennyi tulajdonságát, így például nem jellemzi a tészta nyújthatóságát. Az extenzográf alkalmas a tészta nyújthatósági tulajdonságainak mérésére, különösen a nyújtással szembeni ellenállás (rezisztencia) és a nyújthatóság megállapítására, ami alapján következtetni lehet a liszt kenyérkészítési jellemzőire, vagy a végtermék minőségére.

A gabona kereskedelemben a búzatételek minőségi besorolása nagymértékben függ a liszt fehérjetartalmától és a tészta reológiai jellemzőitől. Az extenzográffal meghatározott jellemzők közül két paraméter vizsgálata széleskörűen elterjedt, az egyik a nyújtással szembeni legnagyobb ellenállás (R_{max}), a másik a nyújthatóság (E).

A dolgozat célja annak vizsgálata, hogy az extenzográfot, hogyan tudjuk használni a búza minőségének meghatározásában. Nagyon érdekes annak tanulmányozása, hogy a különböző extenzográffal meghatározott reológiai jellemzőket a fajta (genetikai tényezők), a műtrágyázás, vagy éppen a termesztési év időjárása befolyásolja-e nagyobb mértékben. Fontosnak tartom annak vizsgálatát, hogy az egyes extenzográfos mutatók a búzaminősítésben már általánosan használt fehérje és sikérjellemzőkkel, milyen korrelációban állnak. Továbbá szükséges az extenzográffal meghatározott jellemzők más reológiai vizsgálatok eredményeivel való összevethetőségének meghatározása, annak érdekében, hogy információt kapjunk arról, hogy az egyik vizsgálat eredményei alapján minőségi kategóriába sorolt búzafajta, vagy búza tétel ugyanolyan minőségűnek találtatna-e, ha azt egy másik reológiai jellemzőket vizsgáló készülékkel határoznánk meg. Az extenzográfos vizsgálat során rengeteg adatot kapunk a tészta reológiai jellemzőire vonatkozóan, azonban ezen adatok használhatósága a liszt minőségének meghatározására hazánkban még kevésbé vizsgált terület.

2. Anyagok és módszerek

2.1. A kisérlet körülményei, vizsgált fajták

A minták jelentős része a Debreceni Egyetem Látóképi kísérleti területéről származott. Kisparcellás tartamkisérletben a genotípus és a műtrágyázás hatását vizsgáltuk a búzalisztek extenzográfos jellemzőire három egymást követő évben (2006, 2007 és 2008). A tartamkísérletet split-plot elrendezésben, egyenként 18 m^2 területű parcellákban végeztük.

2006. évben nyolc őszi búza fajta extenzográfos jellemzőit határoztam meg, ezek a GK Öthalom, Lupus, Saturnus, Sixtus, Mv Suba, Mv Magvas, Mv Emese, GK Kalász fajták voltak. 2007-ben kevesebb fajtával, de mindenképpen kellő mennyiségű mintával folytattam az őszi búza fajták összehasonlító vizsgálatát. A vizsgált fajták ebben az évben: GK Öthalom, Lupus, Saturnus, Sixtus, Mv Suba és Mv Mazurka. A következő évben (2008) a vizsgált fajták a GK Öthalom, Lupus, Saturnus, Sixtus, Mv Suba és GK Petur fajták voltak. A látóképi kísérletben az alábbi műtrágyakezelést alkalmaztuk: kontroll, 30 kg ha^{-1} nitrogén, 22,5 kg ha^{-1} P_2O_5 és 26,5 kg ha^{-1} K_2O és ezen adagok kétszeresét, háromszorosát, négyszeresét, és ötszörösét. Minden kezelést négy ismétlésben vizsgáltunk (1. táblázat).

1. táblázat

A kísérlet során alkalmazott műtrágyakezelések

Kezelés	N	P_2O_5	K_2O
		(kg/ha)	
Kontroll	-	-	-
N_{30} + PK	30	22,5	26,5
N_{60} + PK	60	45,0	53,0
N_{90} + PK	90	67,5	79,5
N_{120} + PK	120	90,0	106,0
N_{150} + PK	150	112,5	132,5

2009-ben a vizsgálataim nem a fajták összehasonlítására és a műtrágyázás extenzográfos jellemzőkre gyakorolt hatásának megállapítására irányultak. Ebben az évben különböző fehérjetartalmú fajták reológiai jellemzőit vizsgáltam (farinográf, alveográf, extenzográf) és összehasonlítottam a lisztből készített cipó minőségi paramétereivel. A vizsgálatokat nyolc őszi búza fajta mintáin végeztem el. A Debreceni Egyetem Karcagi Kutató Intézete öt fajtát biztosított számomra, ezek a Hunor, Kondor, KG Bendegúz, KG Kunhalom és KG

Széphalom fajták voltak. Három fajtát (Pannónia NS, Brutus, Antonius) Mike Ferenc magángazdálkodó bocsátotta rendelkezésemre.

2.2. Analitikai vizsgálatok

2.2.1. A liszt minőségi jellemzőinek vizsgálata

A búza mintákat az őrlés előtt 15,5%-os nedvességtartalomra nedvesítettem. A búzaminták eredeti nedvességtartalma 11,5 és 12,5% közötti volt. A kondicionálást 25 °C-on, 18 órán át végeztem. A liszt mintákat a vizsgálatok megkezdése előtt szobahőmérsékleten 1 hétig pihentettem.

A lisztminták előállítása a sikér-, fehérjetartalom, Zeleny szedimentációs érték, Hagberg-féle esésszám, valorigráfos, farinográfos és extenzográfos vizsgálatokhoz LABOR MIM FQC 109 típusú laboratóriumi malmon történt (MSZ 6367/9:1989), 250 µm-es szitával. Az alveográfos vizsgálathoz szükséges lisztet CHOPIN LABORATORY MILL CD 1 (Tripette & Renaud, Villeneuve-la-Garenne, France) típusú malmon állítottam elő, 160 µm-es szitával.

A lisztminták nedvességtartalmát szárítószekrényben 105 °C-on való tömegállandóságig történő szárítással határoztam meg (MSZ 6369/4-1987).

A lisztek fehérjetartalmát Kjeldahl módszerrel (MSZ EN ISO 20483:2007) Vapodest 50s készülékkel (C. Gerhardt GmbH & Co. KG, Königswinter, Germany) határoztam meg N x 5,7 és 100g szárazanyagra vonatkoztatva adtam meg. Az Hagberg-féle esésszámot Perten esésszám mérővel határoztam meg (MSZ ISO 3093:1995). A Zeleny-féle szedimentációs index megállapítását a MSZ EN ISO 5529:2010 szabvány alapján végeztem el.

2.2.2. A tészta reológiai jellemzőinek vizsgálata

A lisztek vízfelvevő képességét és farinográfos jellemzőit Brabender Farinográffal (Brabender GmbH & Co. KG, Duisburg, Germany) állapítottam meg (ISO/WD 5530-1). A tészta extenzográfos jellemzőit Brabender Extenzográffal (Brabender GmbH & Co. KG, Duisburg, Germany) határoztam meg az AACC Standard No. 54-10 (AACC International 2000) módszer alapján a 45, 90 és 135 perces pihentetési időt követően. A vizsgált extenzográfos mutatók: nyújthatóság (mm), 5 cm-es megnyúláskor mért ellenállás (BU), legnagyobb nyújtással szembeni ellenállás (BU) és görbe alatti terület nagysága (cm^2). Az alveográfos jellemzőket Chopin Alveográffal mértem (Tripette & Renaud, Villeneuve La

Garevne, France) az AACC Standard No. 54-30A (AACC International 2000) módszer alapján. A vizsgálta alveográfos mutatók P (tenacity) (mm), L (mm), G (swelling index) (ml), P/L érték, W (deformation energy) ($10^{-4} \cdot$ Joule) és Ie (elasticity index) (%).

2.2.3. A cipó minőségi jellemzőinek vizsgálata

A cipó készítéséhez a lisztek esésszámát malátaliszt hozzáadásával egységesen 250 s-ra állítottam be. A tésztát az ICC standard No. 131 szabványnak megfelelően 2000 g liszt felhasználásával készítettem el. A tészta dagasztását Stephan UM 12 keverőben (Stephan Machinery GmbH, Hameln, Germany) végeztem.

A tésztát a dagasztást követően 10 percig állni hagytam, majd 6 darab 400g-os mintákra osztottam, átgyúrtam, formáztam és 30 percre 30±2 °C-os és kb. 85% páratartalmú szárítószekrényben pihentettem, ezt követően átgyúrtam, majd 60 percre visszahelyeztem a szárítószekrénybe.

A cipókat 230 °C-on, 30 percig sütöttem, folyamatos gőzbefecskendezés mellett (mikrosütő kemence 2001LMS, Metefém, Budapest, Hungary). A cipó térfogatát, tömegét 1 órás pihentetést követően határoztam meg. A cipó térfogatát repcemag kiszorításos módszerrel, a cipó tömegét precíziós mérlegen mértem meg.

A cipó magasságának és bélzet szilárdságának vizsgálatát a sütés után három órával határoztam meg, ekkora a cipó már teljesen kihűlt. A cipóból 25 mm vastag szeleteket vágtam, a legmagasabb szeletet körbe rajzoltam és vonalzó segítségével lemértem a magasságát.

A cipó bélzet szilárdságát TA.*XTplus* állományvizsgálóval (Stable Micro Systems Ltd., Godalming, Surrey, UK) határoztam meg az AACC Method 74-09 alapján. A SMS P/36R próbatest 1,7 mm/perc sebességgel haladt, a kenyérszeletet 40%-os összenyomása (10 mm) mellett mérhető ellenállását vizsgáltam. A vizsgálat eredményét grammban adtam meg (1g erő = 0,00980665 N).

2.3. Az adatok statisztikai elemzése

Egytényezős varianciaanalízissel (ANOVA) vizsgáltam a fajta, a műtrágyázás és az évjárat hatását a búzalisztek extenzográfos jellemzőire. A kezelések és fajták közötti homogén csoportok meghatározását Duncan range teszttel végeztem el. Az extenzográfos jellemzők és

a liszt fehérjetartalma közötti kapcsolat vizsgálatát Pearson korrelációval határoztam meg ($p < 0,05$).

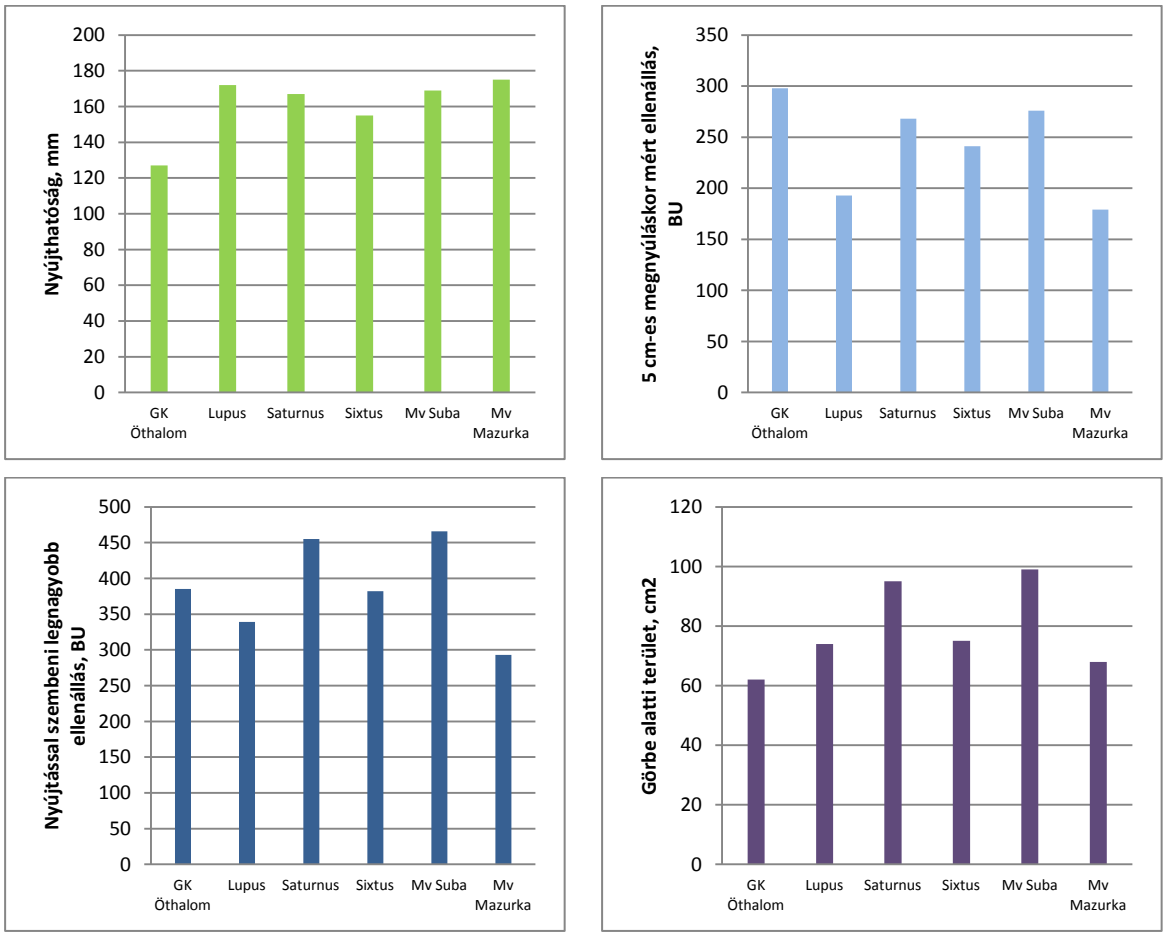
A fajták alveográfos és extenzográfos jellemzőit egytényezős varianciaanalízissel (ANOVA) és Duncan rank teszttel hasonlítottam össze. Az extenzográfos és alveográfos jellemzők közötti kapcsolat vizsgálatát Pearson korrelációval határoztam meg. Az adatok varianciájának vizsgálatára főkomponens analízist (PCA, Principal component analysis) végeztem Varimax módszerrel.

Az adatok statisztikai elemzését SPSS for Windows 13.0 (SPSS Inc., Chicago, USA) szoftverrel végeztem. A dolgozatban szereplő ábrákat Microsoft Office Excel 2007 programmal készítettem.

3. Eredmények értékelése

3.1. A fajták extenzográfos eredményeinek értékelése

A lisztminták vizsgálatát a Debreceni Egyetem Élelmiszertudományi, Minőségbiztosítási és Mikrobiológiai Intézetében végeztem. Az extenzográfos jellemzők alapján a búzafajtákat minőségi kategóriákba lehet sorolni (1. ábra). Egyes fajták a jó nyújthatóságuk alapján kiemelkedőek (Lupus, Mv Mazurka), míg más fajtáknak a nyújtással szembeni ellenállásuk jelentősen nagyobb (GK Öthalom, Saturnus és Mv Suba) a többi fajtához képest. A nagy extenzográfos görbe alatti területtel jellemezhető fajták tésztájának közös jellemzője, hogy nyújthatóságuk kiváló és nyújtással szembeni ellenállásuk átlag feletti (Saturnus és Mv Suba).

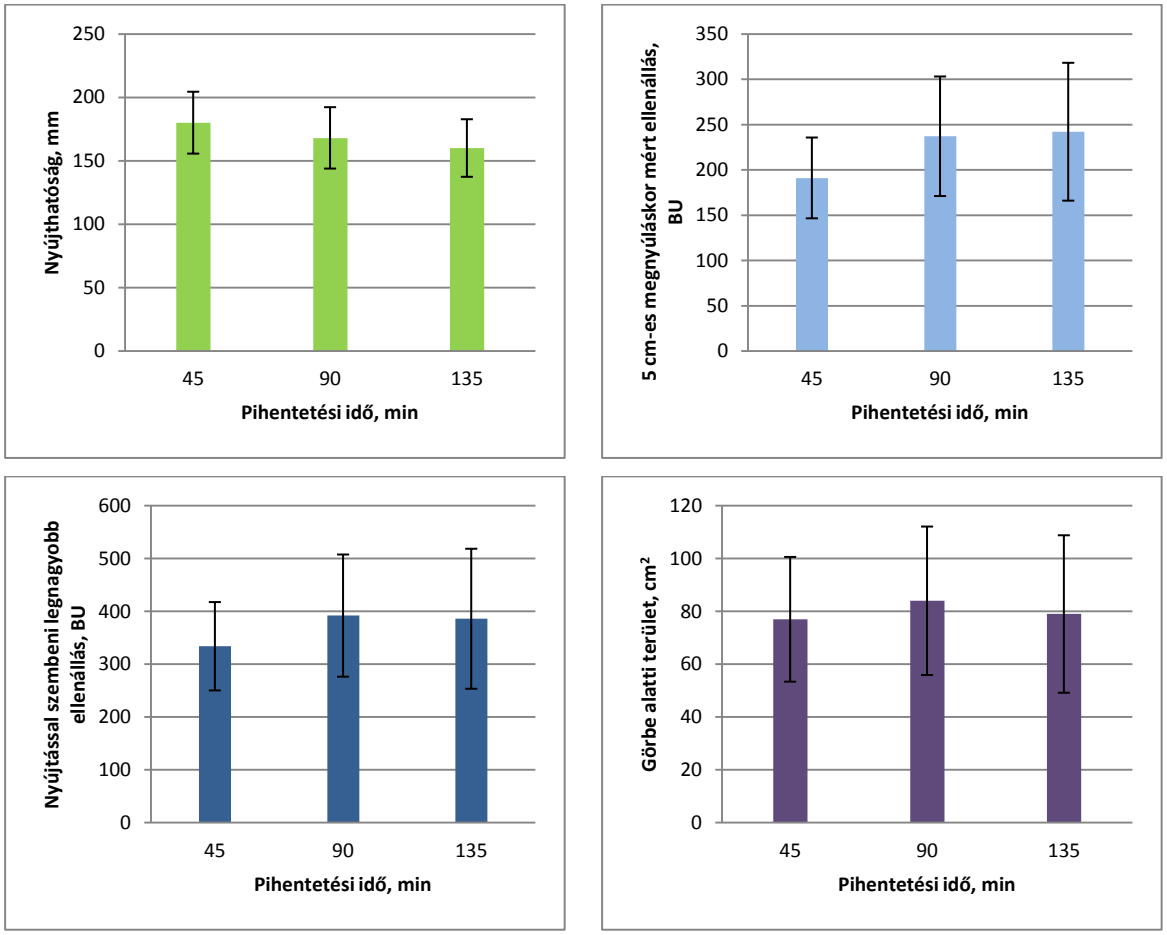


1. ábra: **A vizsgált őszi búza fajták extenzográfos jellemzői 2007-ben**

3.2. Az extenzográfos eredmények változása a pihentetési idő függvényében

Az extenzográfos vizsgálat során a tészta reológiai jellemzői folyamatosan változnak. A tészta nyújthatósága a tészta újbóli elszakítása és pihentetése hatására fokozatosan csökken (2. ábra). A legjobb nyújthatósági értékeket a 45 perces vizsgálat során mutatták a minták (180 mm). A 135 perces pihentetést követően elvégzett mérés során a minták átlagos nyújthatósága több mint 10%-kal csökkent az első mérés eredményéhez képest.

A minták 5 cm-es megnyúláskor mért ellenállása a pihentetési idő növelésével egyre nőtt, a tészták ellenállása a 135 perces pihentetési idő után volt a legnagyobb (242 BU, 2007-ben). A fajták között e tulajdonság tekintetében megfigyelhetők eltérések, ugyanis egyes fajták a 90 perces mérés során érték el a legnagyobb 5 cm-es megnyúláskor mért ellenállás értékeket (Lupus, Mv Suba és GK Petur).



2. ábra: **A tészták extenzográfos jellemzőinek változása a pihentetési idő függvényében (2007)**

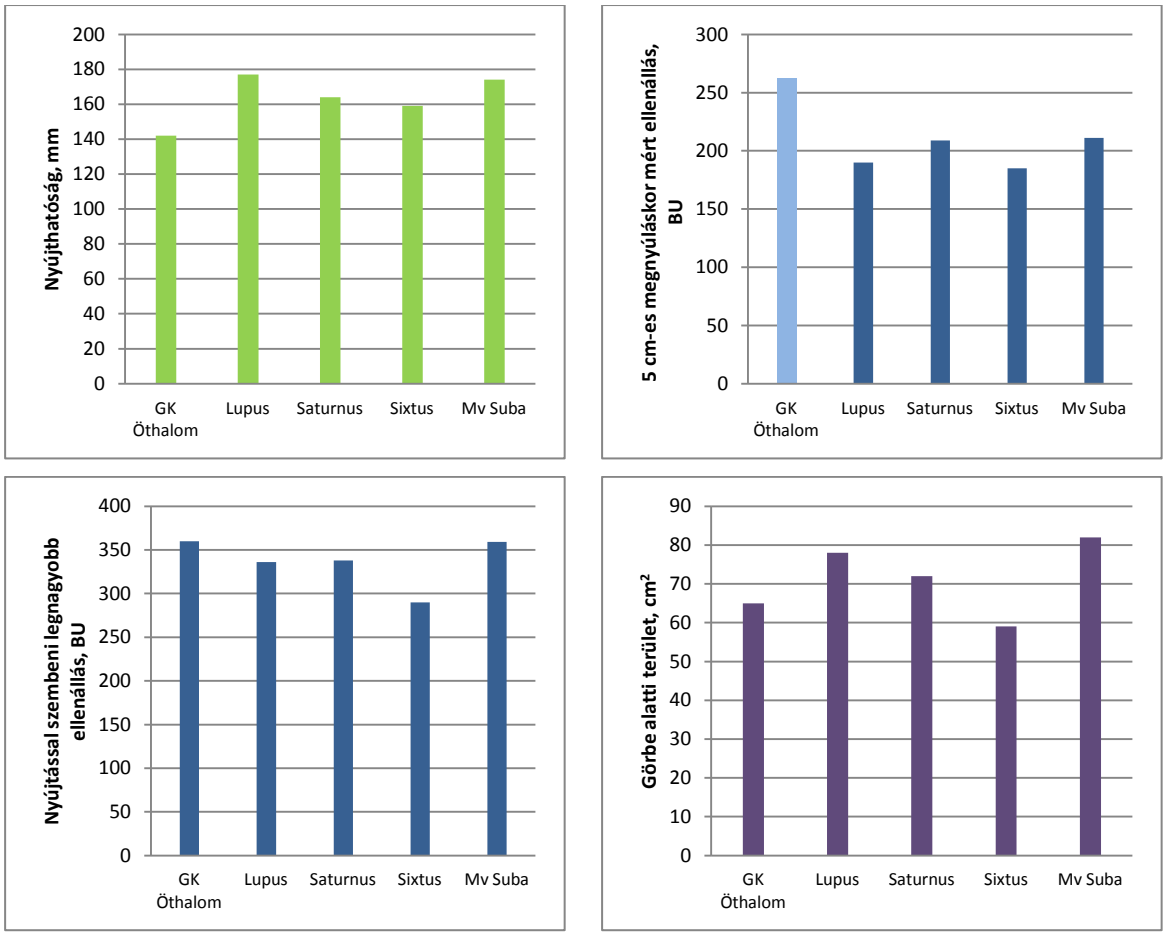
A vizsgált fajták nyújtással szembeni legnagyobb ellenállása a nyújthatósággal ellentétben nem nőtt a pihentetési idő növelésével párhuzamosan. 2007-ben a legmagasabb nyújtással szembeni legnagyobb ellenállás értékeket a 90 perces mérés során tapasztaltam.

A minták görbe alatti területe hasonlóan a tészta nyújtással szembeni ellenállási jellemzőihez nem nőtt a pihentetési idő növelésének hatására. A legkisebb görbe alatti terület értékeket egy kivételtől (Mv Mazurka) eltekintve minden esetben a 45 perces vizsgálat során mutatták a fajták. A fajták extenzográfos görbe alatti terület értéke az Mv Mazurka fajta kivételével valamennyi fajta esetében a 90 perces pihentetést követően volt a legnagyobb, a következő mérés alkalmával kisebb értékeket mértem.

3.3. Az extenzográfos jellemzőket befolyásoló tényezők vizsgálata

3.3.1. A fajta hatása az extenzográfos jellemzőkre

Három év adatait elemezve vizsgáltam a fajta, a műtrágyázás és évjárat hatását az extenzográfos jellemzőkre. A genotípus alapvetően meghatározza a búzalisztből készült tészták reológiai jellemzőit (p <0,001), a legnagyobb változatosságot a nyújthatóság esetében tapasztaltam (3. ábra). Három év átlagában kiemelkedő nyújthatóságú a Lupus és Mv Suba fajták (177 és 174 mm), a nyújtással szembeni legnagyobb ellenállás tekintetében a fajták nem mutatnak nagy változatosságot, a GK Öthalom és Mv Suba fajták értékei a legmagasabbak (360 és 359 BU). Az extenzográfos görbe alatti terület alapján a Lupus és Mv Suba fajták érték el a legjobb eredményeket (78 és 82 cm^2). A legkisebb görbe alatti területű fajta a Sixtus három év átlagában, görbe alatti területe csak 59 cm^2.

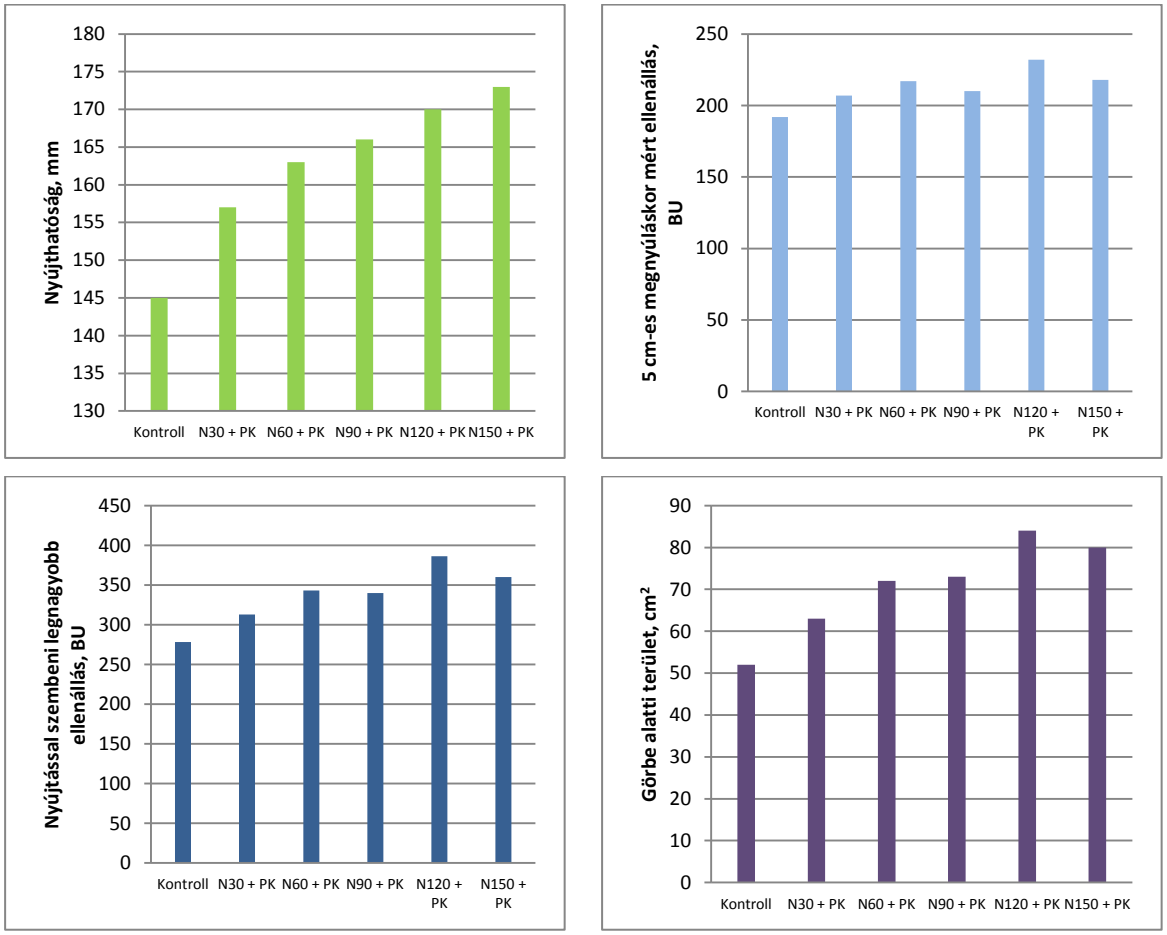


3. ábra: **A vizsgált őszi búza fajták extenzográfos jellemzői három év átlagában (2006-2008)**

3.3.2. A műtrágyázás hatása az extenzográfos jellemzőkre

A műtrágyázás az 5 cm-es megnyúláskor mért ellenállás értékekre kisebb mértékben volt hatással, viszont nagymértékben befolyásolta a tészták nyújthatóságát, nyújtással szembeni legnagyobb ellenállását és a görbe alatti terület alakulását.

A tészták nyújthatósága a műtrágyaadag növelésével egyenletesen javult, az egyes műtrágyaszintek közötti eltérések szignifikánsak (4. ábra). A nyújthatóság esetében a legnagyobb (N_{150} + PK) műtrágyaadag mellett mértem a legmagasabb értéket (173 mm). A nyújtással szembeni legnagyobb ellenállás érték a kontroll csoport esetében volt a legalacsonyabb (278 BU). A legmagasabb értékeket a két legnagyobb kijuttatott műtrágyaadagok ($N_{120\text{-}150}$ + PK) mellett érték el a fajták (386-360 BU). A kontrollhoz képest már a legkisebb adagú műtrágyaadag hatására is szignifikánsan javult a tészta ellenállása.



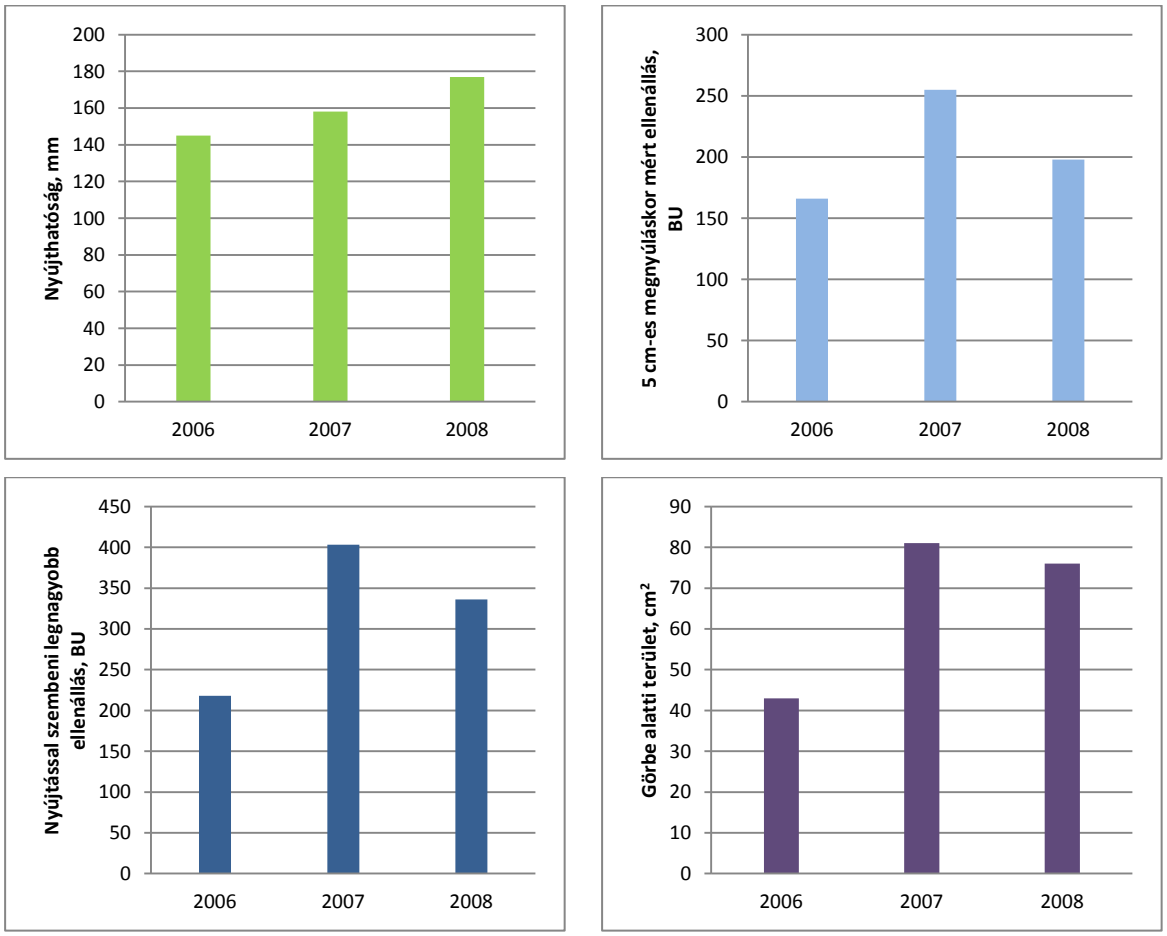
4. ábra: **Műtrágyázás hatása az extenzográfos jellemzőkre (2007-2008)**

A műtrágyaadag növelésével a minták görbe alatti terület mutatója javult egészen a N_{120} + PK kezelési szintig, ekkor mértem a legmagasabb értéket (84 cm^2), a műtrágyaadag további növelése már nem növelte a görbe alatti terület nagyságát.

A kontroll eredményekhez képest a műtrágyázás minden extenzográfos minőségi paraméter esetében javította a búzaliszt minőségét. A N_{120} + PK műtrágyaadag mellett kaptam a legmagasabb extenzográfos értékeket, a műtrágyaadag további növelése csak a tészta nyújthatóságát javította, a többi mutató értéke romlott.

3.3.3. Az évjárat hatása az extenzográfos jellemzőkre

A termesztési év valamennyi extenzográfos mutatót jelentős mértékben befolyásolta. Az őszi búza fajták extenzográfos jellemzőit a tenyészidőszak alatti időjárási körülmények jelentős mértékben befolyásolják (5. ábra).



5. ábra: **Az extenzográfos jellemzők alakulása a vizsgált években**

A tészta nyújthatósága, nyújtással szembeni legnagyobb ellenállása és a görbe alatti terület a legszárazabb és a legmelegebb évben (2007) volt a legnagyobb. A leggyengébb extenzográfos eredményeket 2006-ban érték el a fajták, ebben az évben volt a tenyészidőszak alatt lehullott csapadék mennyisége a legnagyobb.

A három vizsgált év közül 2007-ben érték el a fajták a legmagasabb átlagos görbe alatti értéket (81 cm^2), ebben az évben a minták nyújthatósága közepes volt, míg 5 cm-es megnyúláskor mért ellenállásuk és nyújtással szembeni legnagyobb ellenállásuk a legnagyobb volt (255 és 403 BU). A 2006-os évben betakarított búzaminták extenzográfos eredményei voltak a leggyengébbek, ebben az évben a minták nyújthatósága és nyújtással szembeni ellenállása nagyon alacsony volt. A 2008-as minták a görbe alatti terület alapján a közepesnek mondhatóak (76 cm^2), nyújthatóságuk kiemelkedő (177 mm), azonban 5 cm-es megnyúláskor mért ellenállásuk és nyújtással szembeni legnagyobb ellenállásuk (198 és 336 BU) elmarad a 2007-es minták eredményeihez képest. Az esésszám tekintetében a három vizsgált év nagyon hasonló. Az évjáratok közötti különbségek elsősorban a fehérje és sikér jellemzők közötti eltérésekkel magyarázhatóak.

3.4. A liszt fehérjetartalma és az extenzográfos paraméterek közötti kapcsolat

A búzalisztek fehérjetartalma alapvetően meghatározza a lisztből készült termékek minőségét, ezért az egyik legáltalánosabban használt minőségi mutató. A fehérjetartalom alapján jellemezhetjük az egyes fajtákat, meghatározhatjuk a búzalisztek minőségét és a lisztből készíthető termékek körét. A liszt fehérjetartalma mellet vizsgáltam a liszt további fehérje tulajdonságokat jellemző mutatóit is (sikértartalom, sikér index és Zeleny index).

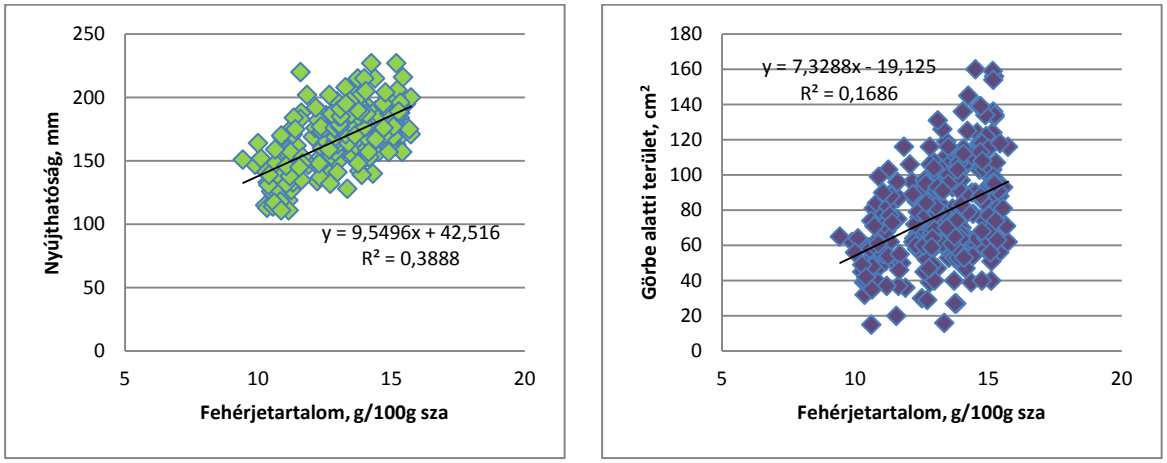
A lisztek fehérjetartalma és extenzográfos mutatói közepesen szoros kapcsolatban állnak egymással (2. táblázat). A legmagasabb korrelációs együttható értéket a tészták extenzográfos nyújthatóságára vonatkozóan találtam (r = 0,624) (6. ábra). A tészta 5 cm-es megnyúláskor mért ellenállása és a liszt fehérjetartalma között nem volt szinte semmilyen összefüggés megállapítható (r = 0,056). A nyújtással szembeni legnagyobb ellenállás esetében is nagyon alacsony korrelációs értékeket kaptam (r = 0,186). A nyújtással szembeni ellenállás jellemzők és a liszt fehérjetartalma közötti gyenge kapcsolat arra utal, hogy a fehérjék mennyisége nem befolyásolja meghatározó mértékben a tészta ellenállását. Közepesen szoros korrelációs értéket kaptam a liszt fehérjetartalma és a görbe alatti terület között (r = 0,411).

2. táblázat

A liszt fehérjetartalma és az extenzográfos jellemzők közötti kapcsolat (n=282)[a]

Tulajdonság	r	r^2	r^2_{adj}	Becslés hibája
Nyújthatóság	0,624***	0,389	0,387	18,1
5 cm-es megnyúláskor mértellenállás	0,056[ns]	0,003	0,000	64,6
Nyújtással szembeni legnagyobb ellenállás	0,186**	0,035	0,031	112,2
Görbe alatti terület	0,411**	0,169	0,166	24,627

[a] Szignifikáns különbség *p* <0,05 (*), *p* <0,01 (**), *p* <0,001 (***), nincs szignifikáns eltérés (ns)



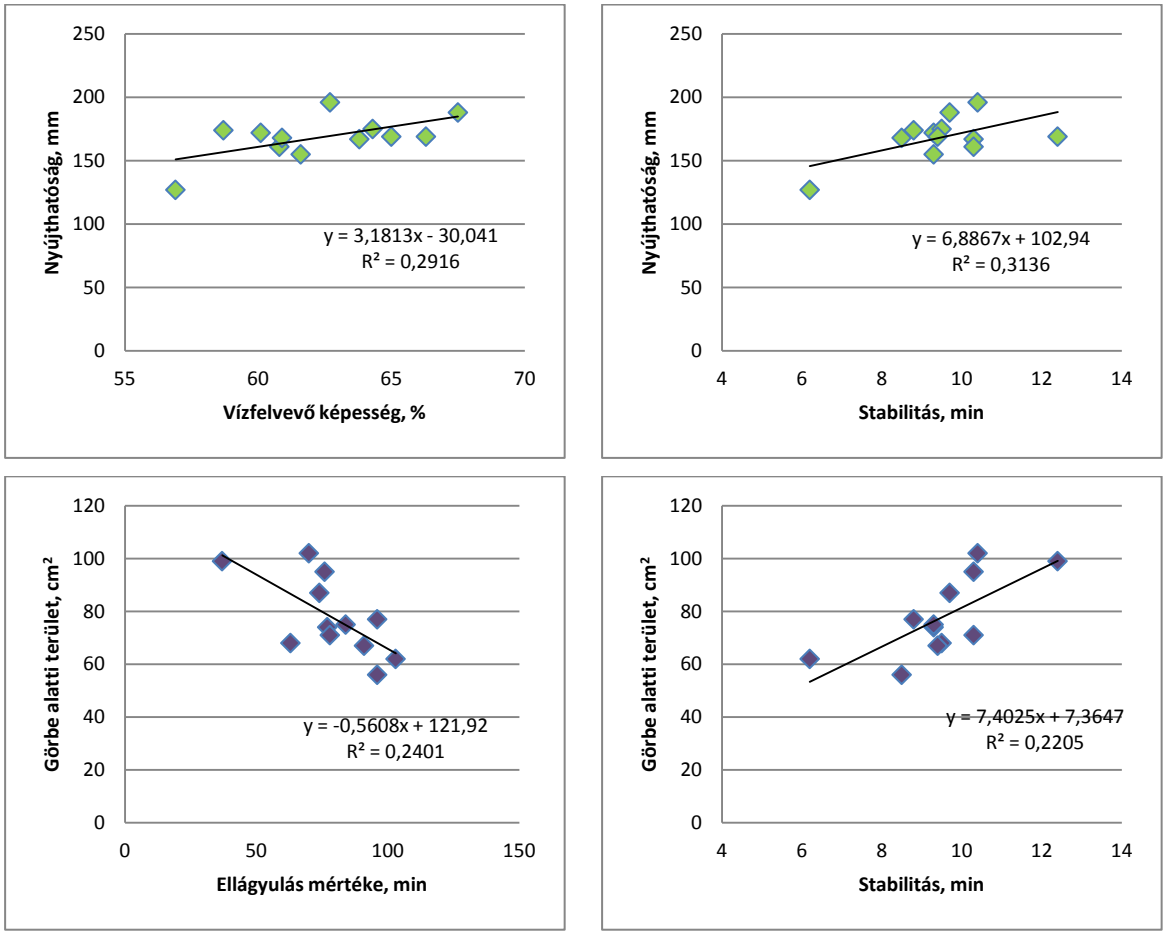
6. ábra: **Fehérjetartalom és a tészta nyújthatósága és extenzográfos görbe alatti területe közötti regresszió**

3.5. A farinográfos jellemzők és az extenzográfos jellemzők közötti összefüggések vizsgálata

Vizsgáltam a farinográfos és extenzográfos jellemzők közötti összefüggéseket. A tészta extenzográfos nyújthatósága és farinográfos jellemzői között közepesen szoros kapcsolatot állapítottam meg. A legszorosabb kapcsolatot a vízfelvevő képesség, az ellágyulási idő, a stabilitás, a farinográf minőségi szám, a planimetrált terület nagysága és a tészta nyújthatósága között találtam (ezeknél a mutatóknál r >0,5). A tészta 5 cm-es megnyúláskor mért ellenállása és a farinográfos jellemzők között gyenge kapcsolatot állapítottam meg. E nyújtással szembeni ellenállás mutató esetében csak a farinográffal meghatározott ellágyulás mértéke mutatóval kapcsolatban találtam statisztikailag igazolható összefüggét (r = -0,17). Az extenzográfos nyújtással szembeni legnagyobb ellenállás esetében valamennyi vizsgált farinográfos paraméterrel kapcsolatban sikerült szignifikáns (*p* <0,05) összefüggést kimutatni,

azonban a korrelációs értékek nagyon alacsonyak voltak. A görbe alatti terület és a farinográfos jellemzők között minden esetben szignifikáns kapcsolatot találtam (p <0,05). A korrelációs értékek általában közepesen erősek (ellágyulási idő, stabilitás, ellágyulás mértéke, farinográf minőségi szám, planimetrált terület), a többi mutató esetében gyenge korrelációs értékeket találtam.

A liszt vízfelvevő képessége és a tészta nyújthatósága közötti korreláció (r = 0,54) az egyik legmagasabb volt. A liszt vízfelvevő képességének növekedésével egyenletesen nő a tészta nyújthatósága (7. ábra). A tészta stabilitása és extenzográfos nyújthatósága közötti korreláció (r = 0,56) szintén az egyik legmagasabb volt. A tészta stabilitásának növekedésével együtt a tészta nyújthatósága is növekedett.



7. ábra: **A farinográfos és extenzográfos jellemzők közötti regresszió**

3.6. Az extenzográfos és alveográfos vizsgálat eredményeinek összevethetősége

A fajták extenzográfos és alveográfos nyújthatósága és nyújtással szembeni ellenállásra vonatkozó paramétereit összehasonlítva azt tapasztaltam, hogy egyes fajtáknál a két módszerrel megállapított reológiai sajátosságok nagyon hasonlóak (Lupus), addig más fajtáknál (Saturnus, Mv Suba) jelentős eltérések vannak a két vizsgálat eredményei között. Míg az Mv Suba nyújthatósága az extenzográfos vizsgálat alapján kiváló (188 mm), addig alveográf L értéke alapján a legkevésbé nyújtható tésztájú fajta.

3.6.1. A reológiai jellemzőket meghatározó faktorok

Ahhoz, hogy a vizsgált reológiai jellemzők varianciájának több mint 80%-át meg tudjuk magyarázni, három tényezőre volt szükség (3. táblázat). Az első faktor magyarázza a paraméterek varianciájának 43,1 %-át, a második faktor 30,5 %-át, míg a 3. faktor 14,8 %-át képes megmagyarázni a vizsgált reológiai jellemzők varianciájának.

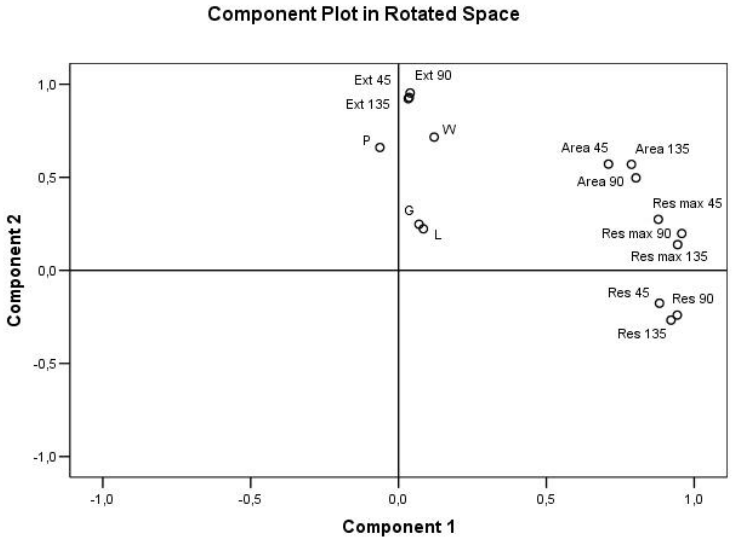
3. táblázat

A reológiai jellemzőket meghatározó faktorok

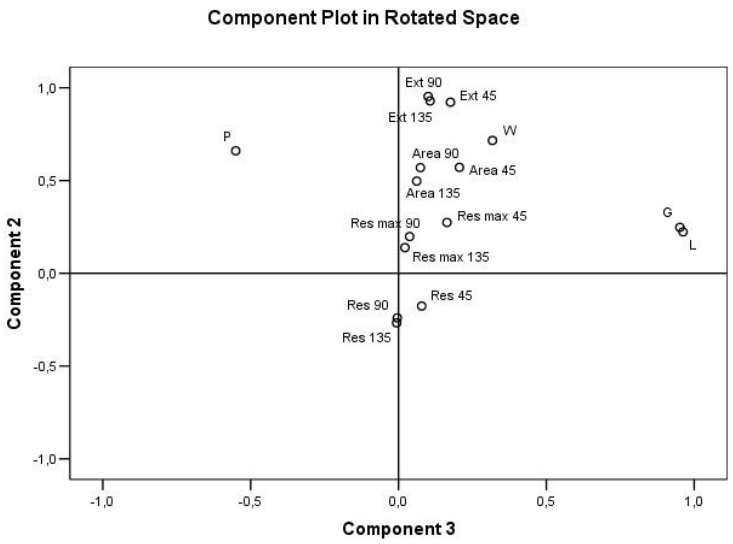
	Komponensek			
Tulajdonság	1	2	3	Extraction
Görbe alatti terület 45	0,71			0,87
Görbe alatti terület 90	0,79			0,95
Görbe alatti terület 135	0,80			0,90
Nyújthatóság 45		0,92		0,88
Nyújthatóság 90		0,95		0,92
Nyújthatóság 135		0,93		0,88
5 cm-es megnyúláskor mért ellenállás 45	0,88			0,82
5 cm-es megnyúláskor mért ellenállás 90	0,94			0,95
5 cm-es megnyúláskor mért ellenállás 135	0,92			0,92
Nyújtással szembeni legnagyobb ellenállás 45	0,88			0,87
Nyújtással szembeni legnagyobb ellenállás 90	0,96			0,96
Nyújtással szembeni legnagyobb ellenállás 135	0,94			0,91
W		0,72		0,63
P		0,66	-0,55	0,74
L			0,96	0,98
G			0,95	0,97
Extraction Sums of Squared Loadings				
Total				
% of Variance	43.1	30.5	14.8	
Cumulative %	43.1	73.6	88.4	

Extraction Method: Principal Component Analysis, 3 components extracted
Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization

Az extenzográfos és alveográfos jellemzők főkomponens analízise alapján megállapítottam, hogy a két vizsgálat során mért mutatókat eltérő faktorok határozzák meg. Az 1. faktor kizárólag extenzográfos paraméterekre hat, ezek elsősorban a tészta nyújtással szembeni ellenállására utaló paraméterek, úgymint az 5 cm-es megnyúláskor mért és a legnagyobb ellenállás. Az extenzográfos görbe alatti terület az 1. és 2. faktor által befolyásolt paraméter. A 2. faktor egy közös faktor, mely egyaránt hatással van extenzográfos és alveográfos jellemzőkre is. Ezzel szemben a 3. faktor csak az alveográfos paramétereket befolyásolja (P, L és G értékek). A P érték érdekes módon az extenzográfos nyújthatósággal kerül egy faktorba, ami előre vetíti, hogy az alveográfos és extenzográfos nyújthatóság és nyújtással szembeni ellenállásra vonatkozó jellemzők igen eltérőek. A W értéket ellentétben az extenzográfos görbe alatti területtel, egyetlen faktor is képes megmagyarázni, ez a kettes faktor. A vizsgált reológiai jellemzők főkomponens analízis során meghatározott faktorokhoz viszonyított helyzetét szemlélteti a 8. és 9. ábra.



8. ábra: **Extenzográfos és alveográfos jellemzők elhelyezkedése az 1. és 2. faktor által meghatározott térben**



9. ábra: **Extenzográfos és alveográfos jellemzők elhelyezkedése az 2. és 3. faktor által meghatározott térben**

3.6.2. Az extenzográfos és alveográfos paraméterek közötti korrelációk vizsgálata

Az extenzográfos görbe alatti terület nagysága a korreláció értékek alapján elsősorban a tészta legnagyobb nyújtással szembeni ellenállástól függ (r = 0,91). Ezzel szemben az alveográfos W érték közel azonos mértékben függ a nyújtással szembeni ellenállástól (P érték) és a nyújthatóságtól (görbe hossza, L érték), a korrelációs értékek 0,52 és 0,50. Másik jelentős eltérés a két mérés között, hogy az extenzográf esetében a legnagyobb nyújtással szembeni ellenállás és a nyújthatóság közötti korreláció pozitív (r = 0,20), tehát ha nő a tészta legnagyobb nyújtással szembeni ellenállása kismértékben növekszik a tészta nyújthatósága (a görbe hossza) is. Ezzel szemben az alveográf esetében a tészta nyújtással szembeni ellenállása (P érték) és a nyújthatósága között (L érték) gyenge negatív korreláció található (r = -0,34), ez azt mutatja, hogy amennyiben növekszik a tészta ellenállása minden esetben csökken a nyújthatósága, vagy ha nő a nyújthatósága csökken a nyújtással szembeni ellenállása.

Az extenzográfos és alveográfos mutatók közötti korrelációk vizsgálata alapján megállapítottam, hogy az extenzográfos görbe alatti terület és az alveográfos W érték között közepes korreláció van (r = 0,45). Az alveográfos W érték szorosabb korrelációban van az extenzográfos nyújthatósággal (r = 0,61), mint a görbe alatti terület nagyságával.

3.7. Az extenzográfos jellemzők és a cipó tulajdonságok közötti összefüggések vizsgálata

A vizsgálatokhoz nyolc őszi búza fajta mintáin végeztem el a farinográfos, extenzográfos és alveográfos méréseket. A fajták különbözőek voltak fehérjetartalmukban és reológiai jellemzőikben.

A fajták kiválasztásánál elsődleges szempont volt, hogy fehérjetartalmukban különbözőek legyenek. A minták fehérjetartalma 10,9 és 15,4% közötti volt. A legmagasabb fehérjetartalmú fajták az Antonius, a KG Kunhalom és a KG Széphalom fajták voltak (fehérjetartalmuk 15% fölötti). A Kondor és KG Bendegúz fajták fehérjetartalma elmaradt a többi fajtához képest.

A különböző fajták lisztjéből készült cipók bélzetének ellenállását, szerkezetének szilárdágát TA.*XTplus* állományvizsgáló készülékkel értékeltem. A vizsgálat eredményeit a 4. táblázat tartalmazza. A kenyérszelet 40%-os összenyomásához szükséges erő mértéke a Brutus, Hunor, KG Kunhalom és KG Széphalom fajták esetében volt a legkisebb (leglágyabb bélzetű cipók). A Pannónia NS és Antonius fajták cipóinak bélzete közepesen erős volt (527 és 501 g). A legtömörebb szerkezetű cipók (1173 és 1248 g) a Kondor és a KG Bendegúz fajták lisztjéből készültek.

4. táblázat

A vizsgált őszi búza fajták extenzográfos jellemzői

Fajta	Cipó magasság (mm)	Cipó térfogat (cm^3)	Cipó tömeg (g)	Cipó térfogat (cm^3/100g)	Erő (g)
Pannónia NS	85	1442	347	416	527
Brutus	88	1579	340	464	362
Antonius	83	1684	349	483	501
Hunor	84	1486	338	440	407
Kondor	68	1487	332	448	1173
KG Bendegúz	73	1390	354	393	1248
KG Kunhalom	79	1440	345	417	385
KG Széphalom	87	1968	345	570	308
Átlag	81	1559	344	454	614
Szórás	6,9	181	6,9	55,2	357,9

3.7.1. A cipó minőségének becslése a reológiai jellemzők alapján

A cipó magassága sem az extenzográfos, sem az alveográfos paraméterekkel nem mutatott szoros korrelációt. A farinográfos jellemzők közül a vízfelvevő képesség és a tészta kialakulási idő mutatók voltak a leginkább meghatározók a cipó magasság szempontjából. A liszt vízfelvevő képessége alapján már elég nagy megbízhatósággal lehet becsülni a cipó magasságot ($r = 0,78$, $r^2_{adj} = 0,59$). A legjobb becslés azonban a vízfelvevő képesség, tészta kialakulási idő és a sikértartalom együttes figyelembe vételével érhető el, ebben az esetben legkisebb a becslés hibája (3,1 mm). Elsősorban a farinográfos jellemzők és a sikértartalom vannak meghatározó hatással a cipó magasságára.

A cipó tömeget az extenzográfos jellemzők közül a 90 perces pihentetést követően meghatározott 5 cm-es megnyúláskor mért ellenállás mutató alapján lehet a legegyszerűbben becsülni azonban a becslési hiba ebben az esetben viszonylag nagy (6,3 g). A pontosabb becslés érdekében a vízfelvevő képesség és a sikér index jellemzők bevonásával csökkenthető. A cipó tömege a legpontosabban a vízfelvevő képesség, a 45 perces pihentetést követően mért legnagyobb ellenállás és nyújthatóság aránya, sikérindex és 135 perces pihentetést követően mért nyújthatóság mutatók alapján becsülhető.

A cipó térfogatot elsősorban a liszt fehérjetartalma alapján tudjuk megbecsülni ($r = 0,58$, $r^2_{adj} = 0,31$), azonban a becslési hiba ebben az esetben viszonylag nagy (126 cm^3). A becslés pontossága növelhető farinográfos és extenzográfos paraméterek bevonásával. A farinográfos jellemzők közül a tészta kialakulási idő, az ellágyulás mértéke, a dagasztással szembeni ellenállás paraméterek bevonásával növelhető a becslés pontossága. Az extenzográfos jellemzők közül a 90 perces pihentetést követően mért nyújtással szembeni legnagyobb ellenállás, továbbá a 45 és 135 perces pihentetést követően mért nyújthatóság figyelembevételével csökkenthető a becslés hibája.

A kenyérszelet 40%-os összenyomásához szükséges erő és a vizsgált minőségi mutatók közötti összefüggések vizsgálata alapján megállapítható, hogy a reológiai jellemzők alapján nagyon jól becsülhető a kenyér bélzet szilárdsága. A szelet összenyomásához szükséges erő becslése javarészt a reológiai jellemzőkön, a farinográffal és alveográffal meghatározott paramétereken alapul.

4. Új tudományos eredmények

1. A műtrágyázás nagymértékben befolyásolja a tészták nyújthatóságát, nyújtással szembeni legnagyobb ellenállását és a görbe alatti terület nagyságát. A kontroll eredményekhez képest a műtrágyázás minden extenzográfos minőségi paraméter esetében javította a búzaliszt minőségét. A legmagasabb extenzográfos értékeket a N_{120} + PK műtrágyaadag mellett érik el a fajták, a műtrágyaadag további növelése csak a tészta nyújthatóságát javítja, a többi mutató értéke csökken.

2. A termesztési év valamennyi extenzográfos mutatót jelentős mértékben befolyásolja. Az egyes termesztési években ugyanazon fajta extenzográfos eredményei nagyon eltérőek lehetnek. A tészta nyújthatósága, nyújtással szembeni legnagyobb ellenállása és a görbe alatti területe a száraz és meleg időjárási körülmények mellett a legnagyobb.

3. A lisztek fehérjetartalma és a tészta extenzográfos nyújthatósága, valamint görbe alatti terület mutatója között közepesen szoros pozitív kapcsolat van. A magasabb fehérjetartalmú lisztből készült tészta nyújthatósága és görbe alatti területe nagyobb. A nyújtással szembeni ellenállás jellemzők és a liszt fehérjetartalma között gyenge pozitív kapcsolat található. A liszt fehérjetartalma nem befolyásolja jelentős mértékben a tészta nyújtással szembeni ellenállását.

4. A tésztaminták extenzográfos nyújthatósága, görbe alatti területe és a farinográfos jellemzők között a korrelációs értékek általában közepesen erősek (ellágyulási idő, stabilitás, ellágyulás mértéke, farinográf minőségi szám, planimetrált terület). A tészta nyújtással szembeni ellenállása és a farinográfos jellemzők között kapcsolat gyenge.

5. Az extenzográfos és alveográfos jellemzők főkomponens analízise alapján megállapítható, hogy a két vizsgálat során mért mutatókat eltérő faktorok határozzák meg. Az alveográfos P érték érdekes módon az extenzográfos nyújthatósággal mutat hasonlóságot, a P értéket ugyanazok a tényezők befolyásolják, mint az extenzográfos nyújthatóságot.

6. Az extenzográfos és alveográfos vizsgálat között jelentős különbség, hogy az extenzográfos görbe alatti terület nagysága elsősorban a tészta legnagyobb nyújtással szembeni ellenállásától függ. Ezzel szemben az alveográfos W érték közel azonos mértékben függ a nyújtással szembeni ellenállástól (P érték) és a nyújthatóságtól (L érték).

7. A búzalisztből készült cipó minőségi jellemzői közül a cipó magassága sem az extenzográfos, sem az alveográfos paraméterekkel nem mutatott szoros korrelációt. Elsősorban a farinográfos jellemzők és a sikértartalom vannak meghatározó hatással a cipó magasságára. A cipó tömeget az extenzográfos jellemzők közül a 90 perces pihentetést követően meghatározott 5 cm-es megnyúláskor mért ellenállás mutató alapján lehet a legegyszerűbben becsülni. A pontosabb becslés érdekében a vízfelvevő képesség és a sikér index jellemzők bevonásával csökkenthető. A cipó térfogatot elsősorban a liszt fehérjetartalma alapján tudjuk becsülni. A becslés pontossága növelhető farinográfos és extenzográfos paraméterek bevonásával. A kenyérbélzet szilárdsága elsősorban a farinográfos és alveográfos reológiai jellemzők alapján becsülhető, az extenzográfos jellemzők szerepe nem jelentős.

5. Gyakorlatban hasznosítható tudományos eredmények

1. Az őszi búza lisztből készült tészta extenzográffal meghatározott reológiai jellemzőit a fajta, a NPK műtrágyázás és az évjárat külön-külön is jelentős mértékben meghatározza, azonban a fajta igényeihez igazodó műtrágyázással a fajták közti különbségek csökkenthetők és az adott évjárat hatása mérsékelhető.

2. Az extenzográfos jellemzők alapján a lisztek reológiai jellemzői nagyon jól és megbízhatóan értékelhetőek. A három különböző pihentetési időben elvégzett mérések során megállapított extenzográfos paramétereknek köszönhetően rengeteg információt kapunk a tészta reológiai jellemzőiről.

3. Az extenzográfos vizsgálat során a tészta reológiai jellemzői folyamatosan változnak. A tészta nyújthatósága a tészta újbóli elszakítása és pihentetése hatására fokozatosan csökken. Ha az őszi búza fajták lisztjeinek reológiai jellemzőit csak a 135 perces pihentetést követő mérés során kapott eredmények alapján értékeljük, számos az adott fajta tésztájának viselkedésére vonatkozó információkról mondunk le. A tészta változásának mértéke a vizsgálat során olyan adatokat jelenthet, mely felhasználható a lisztből készült végtermék gyártási technológiája során. Ennek érdekében javaslom, hogy a 135 perces vizsgálat eredményei mellett a 45 perces vizsgálat eredményeit is adjuk meg a fajták értékelése során.

4. A hazai gyakorlatban az extenzográfos paraméterek közül a görbe alatti terület nagysága a leginkább fontosnak tartott mutató. A vizsgálataim alapján megállapítható, hogy az extenzográfos görbe alatti terület mutató önmagában nem jellemzi kellő mértékben a tészta reológiai sajátosságait. Közel azonos görbe alatti területű fajták nyújthatósága és nyújtással szembeni ellenállása jelentős mértékben eltérő lehet. Ahhoz, hogy egy fajtát megfelelően tudjunk értékelni a reológiai jellemzői alapján, az extenzográfos görbe alatti terület érték mellett mindenképpen meg kell adni a tészták nyújthatóságára és nyújtással szembeni ellenállására vonatkozó eredményeket.

Tudományos közlemény idegen nyelvű lektorált folyóiratban

Boros, N., Kónya, É., Győri, Z. (2011): Comparison of rheological features of winter wheat cultivars determined by extensigraph and alveograph. *Acta Alimentaria*, (in press)
(Impact factor: **0,379**)

Tarján, Zs., **Boros, N.**, Győriné Mile, I. (2009): Effect of droughty climatic conditions on the formation of quality parameters of winter wheat flour. *Cereal Research Communications*, 37, 309-312.

Boros, N., Pongráczné Barancsi, Á., Mezei Z. (2008): Effect of mineral fertilization on extensigraph properties of winter wheat in 2006. *Cereal Research Communications*, 36, 559-562.

Pongráczné Barancsi, Á., Ungai, D., **Boros, N.**, Mezei, Z. (2008): Effect of cropping site on the quality of winter wheat during the 2006/2007 vegetation period. *Cereal Research Communications*, 36, 611-614.

Tudományos közlemény magyar nyelvű lektorált folyóiratban

Boros, N., Borbély, M., Győri, Z., (2010): A fajta és a műtrágyázás hatása a búzalisztek extenzográfos paramétereire. *Agrártudományi Közlemények*, In press.

Boros N., Tarján Zs., Mars É., Borbély M., Győri Z. (2009): Comparison of alveograph and extensigraph properties of winter wheat samples. *Agrártudományi Közlemények*, 36, 27-30.

Tarján Zs., **Boros N.**, Mars É., Győri Z. (2009): Különböző lisztfrakciók minőségre gyakorolt hatása, *Agrártudományi Közlemények*, 36, 123-129.

Boros N., Borbély M., Győri Z. (2008): Extenzográf alkalmazása a lisztvizsgálatokban. *Agrártudományi Közlemények*, 38, 17-23.

Lektorált idegen nyelvű konferencia kiadvány (teljes terjedelemben)

Boros, N., Kónya, É., Fórián, S., Győri, Z. (2010): The effect of climatic change on the rheological properties of winter wheat doughs. Natural Resources and Sustainable Development, 8th International Scientific Symposium on Adaptation to Climate Change. Journal of Agricultural Sciences, Acta Agraria Debreceniensis Supplement (Eds.: Tamás, J., Domuta, C., Jávor, A., and Kovács, E.), 96-100.

Sipos, P., Pongráczné Barancsi, Á., **Boros, N.**, Mezei, Z., Győri, Z. (2008): Utilization possibilitied of winter wheat flours by their alveographic and extensographic parameters. International Conference on Science and Technique in the Agri-Food Business, Szeged, Hungary. Summaries of Lectures and Posters (Ed.: Hodúr, C.), 21-23.

Boros, N., Tarján, Zs., Borbély, M., Győri, Z. (2008): Comparison of rheological properties of winter wheat. 1st International Scientific Conference on Cereals - their products and processing, Debrecen, Hungary. Proceedings (Eds.: Győri, Z., Sipos, P., Ungai, D.), 202-206.

Tarján, Zs., **Boros, N.**, Győri, Z. (2008): Study of effects on quality of different wheat flour fraction. 1st International Scientific Conference on Cereals - their products and processing, Debrecen, Hungary. Proceedings (Eds.: Győri, Z., Sipos, P., Ungai, D.), 170-174.

Sipos, P., Ungai, D., **Boros, N.**, Tóth, Á., Győri, Z. (2008): Investigation of connections between baking quality parameters of winter wheat. 4th International Congress Flour-Bread ’07 and 6th Croatian Congress of Cereal Technologists, Opatija, Croatia, Proceeding (Ed.: Ugarcic-Hardi, Z.), 177-182.

Lektorát idegen nyelvű konferencia kiadvány (egyoldalas összefoglaló)

Boros, N., Borbély, M., Győri, Z., (2010): Evaluation of rheological characteristics of wheat flour dough measured by extensigraph and alveograph, similarities and differences. 9th European Young Cereal Scientists and Technologists Workshop, Budapest-Martonvásár, Hungary. Book of Abstracts (Eds.: Tömösközi, S., Bugyi, Zs., Balázs, G., Török, K., Gémes Juhász, A.), 35. (előadás)

Tarján, Zs., **Boros, N.**, Sipos, P., Győri, Z., (2010): The influence of fraction size on the micro-, macroelements distribution of winter wheat flour. 9th European Young Cereal Scientists and Technologists Workshop, Budapest-Martonvásár, Hungary. Book of Abstracts (Eds.: Tömösközi, S., Bugyi, Zs., Balázs, G., Török, K., Gémes Juhász, A.), 49. (poszter)

Boros, N., Borbély, M., Győri, Z., (2009): Influence of nitrogen fertilizer treatments on winter wheat (Triticum aestivum L.) flour characteristics and their effect on dough quality. 8th European Young Cereal Scientists and Technologists Workshop, Viterbo, Italy. Book of Abstracts (Eds.: Lafiandra, D., Weegels, P.), 25. (előadás)

Sipos, P., **Boros, N.**, Tóth, Á., Győri, Z. (2007): Investigation of connections between baking quality parameters of winter wheat. Flour-Bread 4th International Congress, Opatija, Croatia, Abstract Book, (Ed.: Ugarcic-Hardi, Z.), 53. (poszter)

Lektorált magyar nyelvű konferencia kiadvány (teljes terjedelemben)

Sipos P., **Boros N.**, Győri Z. (2007): A műtrágyázás hatása őszi búza fajták extenzográfos paramétereire és hasznosíthatóságukra. Lippay János, Ormos Imre, Vas Károly Tudományos Ülésszak, Budapest, Hungary. Összefoglalók, 138-139. (poszter)

Lektorát magyar nyelvű konferencia kiadvány (egyoldalas összefoglaló)

Boros N., Borbélyné Varga M., Győri Z. (2008): Búzafajták extenzográfos vizsgálata. XVI. Élelmiszer Minőségellenőrzési Tudományos Konferencia, Tihany, Hungary. Konferencia kiadvány, (Eds.: Molnár P., Boross F.), 321. (poszter)