



Élelmiszertudományi Kar

**MÓDSZEREK BÚZA SZEMKEMÉNYSÉGÉNEK
MEGHATÁROZÁSÁRA**

Doktori értekezés

Készítette:

Szabó Pál Balázs

Témavezető:

Dr. Fekete András egyetemi tanár

Dr. habil Véha Antal egyetemi tanár

**Készült a Budapesti Corvinus Egyetem
Élelmiszertudományi Karának
Fizika-Automatika Tanszékén**

Budapest, 2009

A doktori iskola

megnevezése: Élelmiszertudományi Doktori Iskola

tudományága: Élelmiszertudományok

vezetője: Dr. Fodor Péter,
egyetemi tanár, DSc
Budapesti Corvinus Egyetem

Témavezető: Dr. Fekete András
Egyetemi tanár
Fizika-Automatika Tanszék
Élelmiszertudományi Kar
Budapesti Corvinus Egyetem
Dr. habil Véha Antal
Egyetemi tanár
Élelmiszermérnöki Intézet
Szegedi Tudományegyetem Mérnöki Kar

A doktori iskola- és a témavezető jóváhagyó aláírása:

A jelölt a Budapesti Corvinus Egyetem Doktori Szabályzatában előírt valamennyi feltételnek eleget tett, a műhelyvita során elhangzott észrevételeket és javaslatokat az értekezés átdolgozásakor figyelembe vette, ezért az értekezés védési eljárásra bocsátható.

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezető jóváhagyása

A Budapesti Corvinus Egyetem Élettudományi Területi Doktori Tanácsának 2009. június 9.-i határozatában a nyilvános vita lefolytatására az alábbi bíráló Bizottságot jelölte ki:

BÍRÁLÓ BIZOTTSÁG:

Elnöke

Dr. Vatai Gyula, CSc

Tagjai

Dr. Győri Zoltán, DSc

Dr. Csermely Jenő, DSc

Dr. Fenyvesi László, PhD

Dr. Matuz János, DSc

Opponensek

Dr. Csizmazia Zoltán, CSc

Dr. Szalai Lajos, DSc

Titkár

Dr. Márki Edit, PhD

TARTALOMJEGYZÉK

1.	BEVEZETÉS	7
2.	IRODALMI ÁTTEKINTÉS	9
2.1.	A búza rendszertani helye, származása és csoportosítása	9
2.2.	A szemtermés tulajdonságai, a búzaszem alkotórészei	10
2.3.	A búza beltartalmi anyagai, összetevői	12
2.3.1.	Szénhidrátok	12
2.3.2.	Fehérjék	13
2.3.3.	Lipidek	14
2.3.4.	Vitaminok	14
2.3.5.	Ásványi anyagok	15
2.3.6.	Enzimek	15
2.3.7.	Víztartalom	16
2.4.	A búza minőségét befolyásoló tényezők	17
2.5.	Reológiai vizsgálatok	18
2.5.1.	A reológia alkalmazása	20
2.5.2.	Az erő és deformáció összefüggései	20
2.5.3.	Időhatás, viszkoelasztikus anyagok	20
2.5.4.	Viszkoelasztikus anyagok kompressziós vizsgálata	21
2.6.	A búza szemkeménysége	23
2.6.1.	A szemkeménység fogalma	23
2.6.2.	A keménység morfológiai, genetikai és biokémiai háttere	24
2.6.3.	A búza szemkeménységét befolyásoló tényezők	26
2.6.4.	A feldolgozóipar igénye az endospermium szerkezet alapján	28
2.7.	A szemkeménység mérésének módszerei	30
2.7.1.	Szemkeménység meghatározása mechanikai módszerekkel	30
2.7.2.	Szemkeménység meghatározása optikai módszerekkel	33
2.7.3.	Szemkeménység meghatározása kombinált (mechanikai és optikai) módszerekkel	34
2.7.4.	Szemkeménység meghatározásának egyéb lehetőségei	35
2.7.5.	Szemkeménység meghatározására alkalmas berendezések	35
2.8.	A búza őrlhetőségével kapcsolatos megállapítások	37
2.9.	Lisztminősítő vizsgálatok módszertana	41
2.9.1.	Őrlés, lisztkihozatal	41

2.9.2. A liszt nedvességtartalma	41
2.9.3. A liszt hamutartalma	42
2.9.4. Esésszám	42
2.9.5. Sikérvizsgálatok	43
2.9.6. Valorigráfos vizsgálat	43
2.9.7. Deformációs téstvizsgálatok	45
2.9.7.1 Chopin Alveográf	45
2.11. Irodalmi eredmények összefoglalása	45
2.12. Célkitűzés	47
3. ANYAG ÉS MÓDSZER	49
3.1. Vizsgálati minták, nyersanyagok	49
3.2. Alkalmazott kísérleti módszerek	51
3.2.1. Szemkeménység meghatározása Lloyd 1000R típusú állományvizsgálóval	51
3.2.2. A szemkeménység meghatározása Perten SKCS 4100 típusú mérőműszerrel	56
3.2.3. Aprítási munka és teljesítmény mérése	58
3.2.4. Ödométeres mérés	62
3.2.5. Szemkeménység meghatározása NIR műszerrel	63
3.2.6. Búzaminták nedvességtartalmának meghatározása	65
3.2.7. Laboratóriumi lisztgyártás	65
3.2.8. Liszt és téstvizsgálatok	66
3.2.8.1. Lisztminták sikérvizsgálatai	66
3.2.8.2. Lisztminták vízfelvevő képességének és sütőipari értékének vizsgálata	66
3.2.8.3. Alveográfos téstvizsgálat	67
3.2.9. Alkalmazott statisztikai módszerek	68
3.2.9.1. Leíró statisztika	68
3.2.9.2. Korrelációanalízis	69
3.2.9.3. Varianciaanalízis	69
3.3. Kísérleti anyagok, módszerek és műszerek összefoglaló áttekintése	70
4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉS	71
4.1. A mechanikai jellemzők és a Hardness Index összefüggése	74
4.1.1 Mechanikai jellemzők és a Hardness Index összefüggése az „A” jelű mintahalmaznál	74

4.1.2. Mechanikai jellemzők és a Hardness Index összefüggése a „B” jelű mintahalmaznál	80
4.1.3. Keménységi osztályok kialakítása	86
4.2. Aprítási munka	94
4.3. Ödométeres mérések	97
4.4. A Hardness Index (HI) és a NIR eredmények összefüggése	99
4.5. Lisztvizsgálatok eredményeinek értékelése	100
4.5.1. Hardness Index és a beltartalmi paraméterek kapcsolata	101
4.5.2. Mechanikai jellemzők kapcsolata a beltartalmi paraméterekkel	104
4.5.3. Puha és kemény szemszerkezetű búzák beltartalmi paramétereinek összehasonlítása	110
5. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK	113
6. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK	115
6.1. Következtetések	115
6.2. Javaslat	116
7. ÖSSZEFOGLALÁS	118
8. SUMMARY	119
9. MELLÉKLET	121
M1: Irodalomjegyzék	121
M2: Jó és rossz siker tulajdonságai (sütőipari szempontból)	135
M3: Fehérje és a keményítő eloszlása a búzaszemben	135
M4: A búzaszem ásványi anyagai	135
M5: A búzaszem hamutartalom eloszlása	135
M6: A búza minőségét befolyásoló tulajdonságok csoportosítása	136
M7: A Lloyd 1000 R műszer paraméterei	137
M8: Az „A” jelű mintasor Lloyd műszerrel mért eredményei, függőleges helyzetben, nedvességtartalom: 10,59	138
M9: Az „A” jelű mintasor Lloyd műszerrel mért eredményei, vízszintes helyzetben, nedvességtartalom: 10,59%	138
M10: A „B” jelű mintasor Lloyd műszerrel mért eredményei, függőleges helyzetben, nedvességtartalom: 13,52%	139
M11: A „B” jelű mintasor Lloyd műszerrel mért eredményei, vízszintes helyzetben, nedvességtartalom: 13,52%	139

M12: A „C” jelű mintasor Lloyd műszerrel mért eredményei, függőleges helyzetben, nedvességtartalom: 12,71%	140
M13: A „C” jelű mintasor Lloyd műszerrel mért eredményei, vízszintes helyzetben, nedvességtartalom: 12,71%	140
M14: „A” jelű mintasor: Korrelációs mátrix (nedvességtartalom: 10,59%)	141
M15: „B” jelű mintasor: Korrelációs mátrix (nedvességtartalom: 13,52%)	141
M16: „C” jelű mintasor: Korrelációs mátrix (nedvességtartalom: 12,71%)	142
M17: Hardness Index és a beltartalmi paraméterek kapcsolata („B” jelű mintasor)	142
M18: Kvázi statikus mérés (függőleges helyzet) és a beltartalmi paraméterek kapcsolata („B” jelű mintasor)	142
M19: Kvázi statikus mérés (vízszintes helyzet) és a beltartalmi paraméterek kapcsolata („B” jelű mintasor)	143
M20: „B” jelű mintasor deformációs modulus (E), törőerő és a törőmunka sűrűségfüggvénye	144
M21: „A” jelű mintasor deformációs modulus (E), törőerő és a törőmunka sűrűségfüggvénye	146
M22: A témakörben megjelent publikációk	148
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	152

1. BEVEZETÉS

A gabonafélék alapvető, népelelmezési termékek, a föld élelmiszer táplálék szükségletének jelentős hányadát képezik. A gabonafélék termését a humán táplálkozás mellett állatok takarmányozására és ipari célokra is felhasználják (Tanács 2003). A gabonafélék viszonylag olcsón előállíthatók, szinte mindenhol termesztetők, a felhasználási lehetőségek széleskörűek és a szemtermés sokáig tárolható. Jellemző rájuk, hogy közepes vagy magas a fehérjetartalmuk, és nagy energiát szolgáltatnak.

Magyarországon a legfontosabb kalászos gabona a búza. Ez az összes megtermelt gabonamennyiség körülbelül negyed részét teszi ki. Mind a 19 megyénkben természetesen bűzát. A legjobb minőségűeket Békés-, Szolnok-, Hajdú-, Bács-, Pest megyében, a Mezőföldön és a Kisalföldön termesztik.

A világ búza-vertikumában számos osztályba sorolják a kereskedelmi célra termelt és felhasznált búzákat. Ez magában foglalja a durum és aestivum búza esetén a tavaszi és az őszi, a vörös és a fehér, valamint a kemény és puhaszemű kategóriák összes kombinációját. Az elmúlt 20 évben az endospermium szerkezeten alapuló besorolás (kemény- és puhaszemű búza) jelentősége megnövekedett.

Az elmúlt 20-25 évben a búza kereskedelmi osztályozásával kapcsolatos érdeklődés számottevően megnőtt. Kiemelkedik ezen belül is az endospermium (magbelső) szerkezeten alapuló csoportosítás (a kemény- és a puhaszemű búza) jelentősége. A magbelső szerkezetén alapuló búzaosztályozásnál rendkívül fontos, hogy a szemkeménység számos, - a gabona technológiai minőségével kapcsolatos - tulajdonság függvénye. A búza endospermium szerkezet szerinti osztályozási rendszere alapvető előnyöket jelent a búzavertikum minden résztvevőjének, a termesztőtől, a kereskedőn át, a felhasználóig (Békés 2001).

A jó malom- és sűtőipari minőségű búzák a keményszemű típusokhoz tartoznak. Mind a malomipar, mind a sűtőipar (kenyérgyártásra) ezt a típust kedveli. A kemény endospermium összetétel szoros összefűggésben van a nagy lisztkihozattal (ezek közül is jobb az értékesebb frakciók nagyobb aránya), a liszt nagyobb vízfelvevő képességével, a kenyértérfogattal, a kenyér minőségi jellemzőivel (bélzet, magasság stb.), a fehérjetartalommal.

Az endospermium szerkezetének meghatározására szemkeménységmérő berendezéseket hoztak létre, amelyek az egyes szemek elroppantásához szükséges törőerőt mérik. Ezzel a módszerrel egy viszonyszámot állapítanak meg: a keménységi indexet (Hardness Index – HI), ami az Egyesült Államokban a malmi búzáék átvételi minősítésének egyik alapja.

A szemkeménységen alapuló osztályozás, illetve minőségi átvétel nélkülözhetetlen a vállalatok számára ezért szükséges a keménység gyors, szükség esetén automatizálható meghatározása.

Kísérleteinket 2004 és 2007 között végeztük el a Szegedi Tudományegyetem Szegedi Élelmiszeripari Főiskolai Karán, majd jogutódján a Szegedi Tudományegyetem Mérnöki Karán. A vizsgálatokban a búza (*Triticum aestivum*) reológia, fizikai tulajdonságait mértük, különböző módszerek felhasználásával.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A búza rendszertani helye, származása és csoportosítása

Több mint 2300 éve ismerik a búza különféle fajtáit. Teofratosz (i.e. 300) idejében a fajták elnevezése az elterjedési terület földrajzi elnevezése szerint történt, így az asszíriai, föníciai, egyiptomi, stb. nevet kapták. Ezen fajták között is lényeges eltérés mutatkozott a szemnagyság, az alak, a minőség, a fehérjeteralom (tápérték), stb. tekintetében. A rómaiak két búzacsoportot különböztettek meg:

- Könnyen kicsépelhető triticum
- Szálkás, nehezen csépelhető, zárt pelyvájú adorem

A gabonafélék népes tábora botanikailag a pázsitfűfélékhez tartozik. Sokszínű csoportról van szó, melyek közös jellemzője, hogy szemtermésüket lisztnek megőrölve, vagy más módon feldolgozva fogyasztjuk. Túlzás nélkül állítható, hogy a különféle gabonamagok, illetve a belőlük készült ételek a világ minden táján az étkezés, a helyi konyhakultúra szerves részét képezik. Az alapanyag- csoport legelterjedtebb tagja a búza, melynek kalászos termését a Föld széles spektrumán termesztik (Farkas 1977).

A búzafajok rendszertani helye:

- zárvatermők (Angiospermatophyta) törzse,
- egyszikűek (Monocothyledones) osztálya,
- liliidae alosztálya,
- pelyvások (Poales) rendje,
- pázsitfüvek (Graminae) családja,
- búza (Triticum) nemzetsége.

A ma termesztett búza (*Triticum aestivum* L.) hosszú évezredekken keresztül alakult ki a búza nemzetség fajaiból. A búza nemzetségébe (*Triticum*) számos faj tartozik, ezek kromoszóma számuk alapján három csoportba (sorozatba) oszthatók:

Diploid (alakor) sorozat: 14 kromoszómájuk van, többnyire vad fajok. Ismert egy termesztett faj is, az alakor, más néven egyszemű búza (*Triticum monococcum*). Manapság kevés helyen termesztik.

Tetraploid (tönke) sorozat: 18 kromoszómájuk van. A sok vadfaj mellett az új rendszertan szerint csak egy termesztett faj, a *Triticum turgidum* (hasas búza) tartozik ide. Fontos alfaja a durum búza, (melyet a téztaipar használ jelentős mértékben) és a tönke, vagy kétszemű búza.

Hexaploid (tönköly) sorozat: 42 kromoszómájuk van. A közönséges búza (*Triticum aestivum* ssp. *vulgare*), a világon a legnagyobb területen termesztett kultúrnövény ebbe a sorozatba tartozik. A szemek száma 2-6, amelyek egyes fajtáknál kemények (üvegesek), másoknál puhák (lisztesek). Őszi és tavaszi, kemény és puhaszemű, vörös és fehér színű fajtáit 205-220 millió hektáron termesztik (Gyimes 2004). Az év minden napján aratnak búzát valahol a Földön. A közönséges búzából a világon évente kb. 540-560 millió tonnát termelnek, és ebből több mint 100 millió tonna vesz részt a világkereskedelemben (Tanács 2003). Hazánkban mintegy 1 millió hektáron termesztik. A fajon belül a világon több ezer termesztett változat (fajta) van, amelyeket különböző jellemzőik (szemszín, szemkeménység, vetésidő, felhasználási cél, termesztési hely, stb.) alapján típusokba sorolnak. A Magyarországon termesztett fajták általában az USA osztályozás szerinti kemény vörös őszi, vagy a puha vörös őszi búza osztályba tartoznak.

2.2. A szemtermés tulajdonságai, a búzaszem alkotórészei

A búza szemtermése zárt, amely egyetlen egy termőlevélből és felső állású magházból fejlődik ki. A szemtermés alak szerint lehet széles orsó, ellipszis tojás, megnyúlt tojás, vagy megnyúlt gömb.

A szemtermés méretei: hossza: 4-10 mm, szélessége: 2,5-3,6 mm, vastagsága: 1,7-4,4mm.

A termés hosszúsága alapján négy értékcsoportha osztható:

- zömök szemek (4-6 mm),
- középhosszú szemek (6,1-8 mm),
- hosszú szemek (8,1-10 mm),
- igen hosszú szemek (10 mm felett).

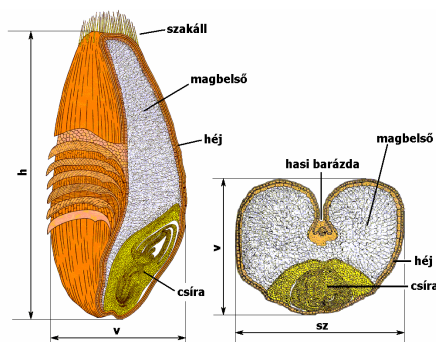
A hazai búzák a zömök és középhosszú kategóriákba sorolhatók. A búzaszem három fő részből áll: héjrész, endospermium (liszttest), csíra.

A búzák szemtermésénél legkívül található a termésfal (pericarpium), amelynek legkülső rétege az epidermisz, vagy más néven exocarpium. A külső faluk vastag, kutikula borítású. A

termésfal középső részét a mezocarpiumot két, vagy három sejtsor képezi. A termésfal belső rétege az endocarpium, amely hosszanti-, vagy harántsejtekből és tömlősejtekből áll. A termésfalon belül található a mag. A maghéj két vékony sejtrétegből áll, amelyek egymást ferdén keresztezik. A maghéj belső rétegéhez tapad az egyrétegű külső magfehérje-szövet (perispermium). Ezt más néven hialin, vagy ezüsthártya rétegnek is nevezik. A belső magfehérje-szövet (endospermium) alkotja a mag tömegének és térfogatának legnagyobb részét. Alkotórészei az aleuronréteg és a liszttest (Boncz 1992).

A magfehérje-szövet külső része a fehérjetartalmú aleuronréteg, amely érintkezik a hialinréteg belső oldalával. Az embriót a magban a maghéj oldaláról nem borítja aleuronréteg, s ezért annak külső hasi oldala közvetlenül a hialinsejtekkel érintkezik. Az aleuronréteg egy sejt vastagságú. A sejtek négyzet formájúak, belső homogén fehérjetestecskék (aleuronszemek) alkotják. Az endospermium legnagyobb tömegét a liszttest képezi. Parenchimatikus sejtekből áll, belsejüket kémiaiilag poliszacharid (keményítő) alkotja. Ezek között helyezkedik el a szemcsés formájú, alakatlan fehérje, a siker.

A maghéj által bezárt teret az endosperma sejtek töltik ki. Az emberi táplálkozás szempontjából ez a búza legfontosabb szerkezeti része. Az endospermium külső részén- a maghéj határvonala mentén- a legbelső liszttestet vastag falú, nagy sejtekből álló réteg, az úgynevezett aleuronréteg veszi körül. Az aleuronréteg összetétele eltér a magbelső többi részének összetételétől. Az aleuronréteg hamutartalma tízszer- tizenötször nagyobb, mint a magbelső többi részéé. Az aleuron részecskék szürke színűek, a liszt színét károsan befolyásolják. Az aleuronrétegben előforduló vízben oldódó fehérjék a liszt felhasználási értékét rontják. A liszttest keményítő szemcsékkal töltött, nagy és vékonyfalú rostsejtekből áll. Ezek sikerképző fehérjébe, „sikerhálóba” vannak beágyazva. A belső lisztrész- a búza fajtájától függően- lehet tömör vagy laza szerkezetű, lehet részben tömör, illetve részben laza. Tömör szerkezetű az ún. „acélos búza”, laza szerkezetű az ún. „lisztes búza” (Tanács 2005).



1. ábra: A búzaszem szerkezete

1. táblázat: A búzaszem alkotórészeinek tömegarány értékei

	Tömegarány %
Egész búza	100
Héj	13-15
Magbelső	81- 83
Csíra	3-5

Csíra (3-5%): (részei: gyököcske, rügyecske, pajzsocska) Az új növény kiindulási helye. Vékony falú sejtjeiben protoplazma, vízben oldható fehérjék, olajok, zsírok, szénhidrátok és vitaminok találhatóak. Olajtartalma a liszt tárolhatóságát, vízoldható fehérjéi pedig a liszt beltartalmi értékét rontják. Nagy zsiradéktartalma miatt az őrlés során el kell távolítani.

Hasi barázda: Ez a búza szike, a szem vastagságának 60- 70 százalékáig nyúlik be. Por, mikroorganizmusok és egyéb szennyeződések helye. Különösen fontos az előkészítés során ennek megtisztítása (a hasi barázda miatt bonyolult az őrlés).

Szakáll: a szem hegyesebbik végén helyezkedik el, melynek tövéénél, szintén szennyeződések telepedhetnek meg.

2.3. A búza beltartalmi anyagai, összetevői

2. táblázat: A búzaszem beltartalmi anyagai

Beltartalmi anyag	% -os arány
szénhidrátok	70-75%
fehérjék	8-14%
zsírok	1,5-2%
ásványi anyagok	1,6-2,2%
vitaminok	
enzimek (amiláz, lipáz, proteáz)	
víz	10-12% légszáraz állapotban

2.3.1. Szénhidrátok

A búzaszem egészének szénhidrát tartalma 70-75%. Ennek eloszlása: keményítő: 60-65%, cukrok: 3-5%, cellulóz, pentozán: 3-5%.

Keményítő: Keményítőszemcsék formájában van jelen, nagy részük a liszttestben található, az aleuron rétegben csak csekély mennyiségben. Jellemző rájuk, hogy vizes közegben a keményítőszemcsék megduzzadnak (tésztaképződés), valamint, hogy 50°C-on 50-100 -

szorosára duzzad (elcsirízesedés). Ügyelni kell arra, hogy az őrléstechnológia ne károsítsa túlzottan a keményítőszemcséket („agyonőrlés” → mechanikai sérülés → kisebb cipótérfogat)
Cukrok: elsősorban a csírában található (csírázáskor a magbelsőben is → a csírázott búza lisztje édeskés), tápanyagforrás.

Cellulózok: elsősorban a héjrészben, kis hányadban a magbelsőben található (albumenben a keményítőszemcséket határoló sejthártyában) (Alais és Linden 1991).

2.3.2. Fehérjék

A búzaszem egészének fehérjetartalma 8-14 %.

Ezek lehetnek:

- biológiai és kémiai szempontok szerint funkcionális fehérjék (enzimek),
- tartalék fehérjék (endospermium, aleuron és a csíra egyes fehérjéi sorolhatók ide),
- szemtermésben való elhelyezkedésük szerint csíra, aleuron, és az endospermiumban található fehérjék.

A csírafehérjék több arginint, hisztidint, lizint, metionint, treonint, valint valamint kevesebb glutaminsavat és prolint tartalmaznak, mint a liszttest fehérjéi. Az aleuron fehérjék főleg enzimfehérjék, amelyeknek egy része bázikus jellegű és sok arginint tartalmaznak.

Az endospermium fehérjéi a következő csoportokba sorolhatók: a vízdoldható albuminok, a sóoldható globulinok, az alkohol oldható gliadin és a sav- illetve lúgoldható glutenin. A vízben nem oldható fehérjék alkotják a sikért. A sikérfehérjék egynegyede *glutenin*, ez több polipeptid láncból felépülő lineáris molekula, háromnegyede pedig *gliadin*, ez egy polipeptid láncból áll. E két komponens aránya lényegesen hat a minőségre: a gliadin arányának növekedése a sikér lágyulását, csökkenése a sikér keménységét fokozza. A sikér fő feladata, hogy a tésztában olyan térszerkezetet alakítson ki, amely a tészta érése alatt képes a fejlődő gázbuborékokat megtartani, és megakadályozza a keményítőszemcsék összekapcsolódását a sütés alatti gélképződéskor. A mai fajták nedves sikértartalma 25-35% közötti. A gliadin és glutenin sikérképző fehérjék, arányuk 1:1,3 (Bonner 1950).

Sikérképző fehérjék, sikér:

A fehérjék legfontosabb csoportja, vízfelvétellel sikért képeznek (tészta képződés). A sikérképző fehérjék a gliadin és a glutenin. A búzában nincs sikér, csak a sikér képző

fehérjék. Két komponensű ragasztóként működnek, sikér képzéshez megfelelő arányuk szükséges: gliadin:glutenin=1,3:1. A gliadin a ragasztóerőt és a nyújthatóságot adja, a glutenin a szilárdságot, rugalmasságot. A rozsnál az arányuk 2:1 ezért a rozslisztből nem képződik sikér. A lisztminőség függ a sikér mennyiségétől és minőségétől.

Sikér mennyiségi mutatók: nedves sikér NS (%)

száraz sikér SZS (%)

sikér viszonzszám (hidratációs érték) $SV=NS/SZS$

$SV=2,5-3$

A sikér minőségi mutatói: színe, fénye, szívóssága (glutén index), rugalmassága, nyújthatósága (jó és rossz sikér tulajdonságait a M2 tartalmazza). A keményítő és a fehérje eloszlását a M4 mutatja.

2.3.3. Lipidek

A csíraban található a zsírok kb. 2/3 része, a többi a héjban. Az aleuronrétegben nyomokban fordul csak elő. A csíraban magas az esszenciális zsírsavtartalom, ezért a zsírban oldódó vitaminok is itt koncentrálnak. A csíra természetes antioxidánst is tartalmaz (tokoferol), mely gátolja az öregedést, valamint a tumor képződését is. A nagy zsírtartalom avasodást (oxidáció) idézhet elő a keletkező örleményekben. Amíg a szem sértetlen, addig a természetes avasodást gátló antioxidáns megvédi ettől. A sérült, tört szemek, örlemények viszont avasodásra hajlamosak, ezért a tört szemek arányának a gabonahalmazban a megengedett szint alatt kell maradnia.

2.3.4. Vitaminok

A gabonaszemben, főként az aleuronrétegben és a csíraban is több vitamin található. Ezek közül a legfontosabb az A- és E-vitamin, valamint egyes B-vitaminok.

Fehérje jellegű vegyületek, a fehérjékhez kötődnek.

- B-vitamin csoport: jelentős részük az aleuron rétegben van
- C-vitamin: általában a légszáraz búzában nincs, csírázáskor a csíraban jelenik meg.
- Zsírban oldódó vitaminok: (A, D, E, K, Pantoténsav, PP faktor: csíraban).
A-vitamin: provitaminja zömmel a héjban, kevés a magbelsőben lelhető fel.
E-vitamin: nagy mennyiségben található a csíraban.

2.3.5. Ásványi anyagok

Az egyes gabonafélék a hamualkotórészeket (P, K, Si, Na, Ca, Mg, S) eltérő mennyiségben tartalmazzák. A búzaszem ásványianyag-tartalma 1,6 - 2,2 %, a magbelső felé haladva mennyiségük csökken. Táplálkozás-élettani szempontból különleges helyet foglalnak el a fitinsav sói, a fitátok, hiszen a foszfor jelentős része ilyen formában van jelen és ez gátolhatja az egyes mikroelemek hasznosulását a szervezetben. A búzaszem ásványi anyagait (Kent szerint, 1975) és hamutartalom eloszlását a melléklet (M4, M5) tartalmazza.

2.3.6. Enzimek

Az enzimek biokatalizátorok, amelyek az élő szervezet működésével kapcsolatos kémiai folyamatokat segítik elő. A lisztben keményítő- fehérje- és zsírbontó enzimek vannak.

Enzimtevékenység:

- érési folyamatban aktív,
- érés befejeztével lecsökken,
- tárolás során stabilizálódik,
- malmi feldolgozáskor, kondicionáláskor kissé aktivizálódik,
- a tésztaérés, tésztaépződés során kiemelt szerep jut az enzimeknek.

Egy meghatározott enzim csak egy bizonyos anyag bontását segíti elő. Ezen kívül hatással van az enzimekre a hőmérséklet és a pH értéke is.

A liszt enzimelei:

- Amilázok:

A magbelső külső rétegében és a csírában helyezkednek el. α amiláz: a keményítőt dextrinekre bontja, elfolyósító tulajdonsága van. Csírázáskor jelenik meg a csírában. Aktivitásának vizsgálata a Hagberg-Perten féle esésszám mérésével, vagy Brabender féle amilográffal történhet β amiláz: a dextrineket egyszerű cukrokra bontja, mindig jelen van szétszórtan a magbelsőben.

- Proteázok:

A fehérjéket bontják peptidekké, aktiválják a lisztben lévő alfa-amilázt, ezzel hozzájárulva a gáztermelő-képesség növeléséhez. Ha aktív, lágy lesz a siker és nagy a sikerterület, mert ezek fehérjebontó enzimek. Oka lehet csírázás, vagy poloskaszúrás. A proteázok hatása pozitív és negatív is lehet. A rosszul nyújtható sikerű tésztában fehérjebontásra van szükség, míg a túlságosan nyújtható tésztában a fehérjebontás negatív irányú változást okoz.

- Lipázok:

A csírában és az aleuron rétegben helyezkedik el. A csírázott gabonából őrölt és a sötét lisztekben nagyobb a lipáz aktivitás, ez emeli a liszt szabad zsírsav tartalmát.

Az enzimek közül meg kell még említeni az acetilészteráz enzimet (zsírbontó), valamint a lipoxidázt is (Werli 2002).

2.3.7. Víztartalom

A búzaszemben végbemenő életfolyamatok nagymértékben függenek a víz jelenlététől. A nedvesség a gabonaszemekben – mint élő szövetben – kötött és szabad formában van jelen. A kötött víz, amely kolloidális anyagokban (fehérjék, szénhidrátok,) fiziko-kémiaiilag van kötve, más tulajdonságú, mint a szabad víz. A magból csak kémiai módszerekkel távolítható el, ezért a feldolgozás során nem játszik szerepet.

A szabad víz fizikailag kötött nedvességet jelent, amely rendelkezik a víz minden tulajdonságával, így megfagyhat, viszonylag könnyen párolog. A nedvességtartalom meghatározása során ezt a szabad vízmennyiséget határozzuk meg. Mivel szabad víz jelenlétében megindulhatnak az egyes életfolyamatok, tárolás folyamán az egyik feladat a szemek nedvességtartalmának olyan szabályozása, hogy ennek a víztartalomnak a mennyisége ne emelkedjék a búzára jellemző kritikus érték fölé (14-15%). A szabad víz eredete szerint lehet „természetes” és „mesterséges”: az előbbi élettani folyamatok révén, míg utóbbi a mag higroszkóposága következtében került a magba. A gabona a környezet nedvességtartalmától függően minden külön beavatkozás nélkül nedvességet ad le, vagy vesz fel a levegő páratartalmától függően, amíg az adott hőmérsékletre jellemző egyensúlyi állapot létre nem jön. Ezt az állapotot nevezzük higroszkópos egyensúlynak vagy egyensúlyi nedvességtartalomnak. Ez az érték számos tényezőtől függ, így pl.: fajtájától, kémiai összetételétől, továbbá attól, hogy a gabonát természetes vagy mesterséges úton szárítottuk-e. A mesterségesen szárított gabona egyensúlyi nedvességtartalma ugyanis alacsonyabb, mint a természetes úton szárítotté (Győri et al. 1998).

2.4. A búza minőségét befolyásoló tényezők

A kiváló sütőipari termék előállításához többek között a következők szükségesek: a célnak megfelelő fajták, a fajtáknak megfelelő agrotechnika, a begyűjtő és feldolgozó üzemek kifogástalan munkája.

A jó kenyérminőség eléréséhez e feltételek egyike sem nélkülözhető. Minden igényt 100%-ban kielégítő búzafajta sehol sem található. Az új nemesített búzafajták minőségének pontos jellemzését csak az összes fontos minőségi tényező objektív megadásával oldhatjuk meg (Bedő 1999).

A fajták összes minőségi paraméterének a nem ismerése vagy helytelen ismerete számos feldolgozási hibára adhat alkalmat. A fajták minőségének valós ismerete lehetővé teszi a fajták lisztminőségének javítását. A minőséget befolyásoló tényezőket a melléklet (M6) tartalmazza.

A termőhelyi tényezők a búza minőségét sokféleképpen módosíthatják. E tényezőket minőségi szempontból két csoportra oszthatjuk. Az első csoportba a különböző agrotechnikai faktorok (elővetemény, vetésidő, vetőmagmennyiség, műtrágyázás, vegyszeres gyomirtás, az aratás ideje) okozta változások tartoznak. A második csoportba a tájhatásra bekövetkezett minőségi változásokat sorolhatjuk (Barabás 1987, Souza 2005).

Az agrotechnika a búza minőségét javíthatja, de erősen le is ronthatja. Ezek közül mi csak a műtrágyázás hatását ismertetnénk. A termőföld tápanyagtartalma a termésnek nemcsak a mennyiségét, hanem a minőségét is megváltoztatja. A tápanyagok közül a búzaszem fehérjetartalmára főleg a nitrogén mennyisége van hatással. A helyes időben alkalmazott nitrogéntartalmú műtrágyával elérhető, hogy a talaj nitrogén tartalma az érés kezdetekor legyen a legnagyobb. A nitrogén ugyanis a gabonaszem beltartalmi értéke szempontjából a legkedvezőbb hatást ekkor tudja kifejteni. A kevés vagy túladagolt, illetve rossz időben adott műtrágya a búzatermés minőségét erősen lerontja (Bedő et al. 1998).

A búza beltartalmi értékét nagyon nagy mértékben befolyásolja az aratás időpontja és módja is. A szárazabb időjárás és az érés időszakában több napsütés a búza sikerképző fehérjéinek mennyiségére és minőségére kedvező hatású. Csapadékos években általában gyengébb a

sikérminőség, a sikér mennyisége is alacsonyabb. A termelőnek a búza minőségére az éghajlattal összefüggésben úgy van ráhatása, hogy az éghajlatnak megfelelő és azt legjobban tűrő búzafajtát választ termelésre. Az évjáratok időjárása különböző. Így a búzák minősége is az éghajlattól függően évenként változó (Tomay 1971).

A két csoport hatása között lényeges különbség van. Az agrotechnikai tényezők okszerű megválasztásával aktívan pozitív irányban befolyásolhatjuk a búza minőségét. A tájhatások azonban adottak, ezekkel a minőséget csak annyiban befolyásolhatjuk, hogy a minőségre legkedvezőbb tájakon és talajokon termesztjük a legjobb minőségű búzafajtákat.

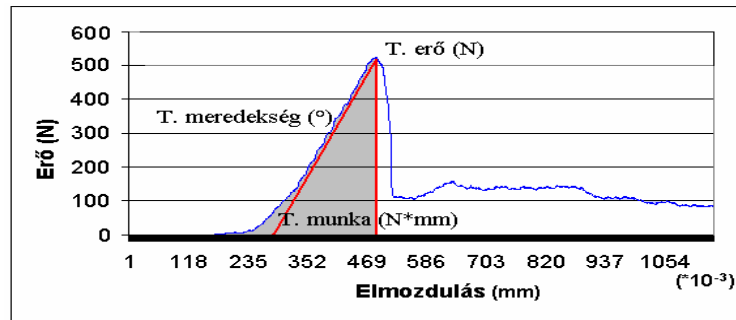
A búza minőségét meghatározó tényezők közé a következőket lehet sorolni: hektolitertömeg, ezerszemtömeg, szem acélossága, szemkeménység, sűrűség (fajsúly), szemszín, szemnagyság (szemméret), hamutartalom, magbelső- maghéj arány, kísérleti liszt keletkezési aránya, keverékesség, nedvességtartalom.

Fontos megemlíteni a külső megjelenést is. A magbelső krémszínű (fehéres), az őrlemény szaga, íze idegen szagtól és íztől mentes legyen. Tisztasági követelmény, hogy az őrleményben mérgező gyommagvak, valamint állati kártevők ne forduljanak elő. A búzaőrleményekben a nem gabona eredetű, az előzőekben felsoroltakhoz nem tartozó összes idegen anyag megengedett legnagyobb mennyiségét a Magyar Élelmiszerkönyv tartalmazza.

2.5. Reológiai vizsgálatok

A reológia tárgya az anyagokban erő hatására keletkező deformáció és kúszás tanulmányozása, melynél figyelembe van véve az időhatás is. A mérések célja az időtől függő feszültség-deformáció összefüggések, a tartós folyás, feszültség-relaxáció, valamint a viszkozitás tanulmányozása (Mohsenin 1968).

A biológiai anyagok jellegzetes felépítéséből adódóan a reológia tárgyalásához szükséges fogalmak és definíciók ismertetését az alábbiakban mutatjuk be.



2. ábra: Biológiai anyagok feszültség-deformáció görbéje

Ezek a definíciók a következők:

- 1.) A *biológiai folyáspont* a feszültség-deformáció görbéjének az a pontja, amelytől a deformáció növekedésekor a feszültség csökken, vagy állandó marad. Ez a pont azt jelzi, hogy a sejtszövet kis térfogatában kezdeti törés keletkezik. A biológiai folyáspont jelentős szerepet játszik az anyagok sérülékenységének meghatározásánál.
- 2.) A *töréspont* a feszültség-deformáció görbének az a pontja, ahol a deformáció növekedésekor a feszültség meredeken és jelentős mértékben csökken. A pont azt jelzi, hogy az anyag jelentős térfogatában törés következik be. Puha, szívós anyagoknál a törés jelentős plasztikus deformáció után következik be.
- 3.) *Merevség.* Az anyagok merevségét a feszültség-deformáció görbe kezdeti, többé-kevésbé egyenes szakaszának iránytangensével jellemzik. Ez nem más, mint a rugalmassági modulus. Amennyiben a görbe kezdeti szakasza lineáris, használható a kezdeti tangens modulus, a secans modulus és egy adott ponthoz tartozó tangens modulus meghatározására.
- 4.) *Rugalmassági fok.* A rugalmas deformáció viszonya a teljes deformációhoz, amikor az anyagot egy bizonyos értékig terhelik, majd tehermentesítik.
- 5.) *Szívósság.* A szívósságot a töréspontig befektetett munkával ($N \cdot mm$) jellemzik, amely a görbe alatti terület értékével azonos.
- 6.) *Keménység.* Az anyag ellenálló képessége egy adott nyomófej behatolásával szemben.
- 7.) *Deformációs munka.* Az anyag képessége deformációs energiát tárolni a rugalmassági tartományban. Ha az anyag többé-kevésbé rugalmas, akkor a deformációs munkát ($N \cdot mm$) a feszültség-deformáció görbéje alatti terület adja. Ha az anyag nem rugalmas, akkor a terhelési ciklus felvételével határozható meg.
- 8.) *Mechanikai hiszterézis* az anyag által abszorbeált energia a terhelés-tehermentesítés ciklusban. Az elnyelt energia egyenlő a görbék közötti területtel. A mechanikai hiszterézis az anyag csillapítási képességét is jellemzi.

9.) Az *energiavisszanyerés* a tehermentesítéskor visszanyert energia viszonya a terheléskor befektetett energiához (Sitkei 1981).

2.5.1. A reológia alkalmazása

A mezőgazdasági anyagok fizikai, valamint mechanikai tulajdonságainak ismerete céljából viszonylag sok kísérletet végeztek az elmúlt időben. Ezek a vizsgálatok kiterjedtek a terhelés-deformáció, a feszültség-relatív nyúlás összefüggéseinek a felvételére, a nyomás, húzás, nyírás, hajlítás és hidrosztatikus kompresszió eseteire, kiegészítve az anyagok viszkoelasztikus jellemzéséhez szükséges vizsgálatokkal. A vizsgálatok során változóként szerepelnek mindazok az állapotjelzők, amelyek a mechanikai tulajdonságokat befolyásolják (pl.: a nedvességtartalom, a hőmérséklet, a termény fajtája, érettségi állapota stb.) (Sitkei 1981, Mohsenin 1968).

2.5.2. Az erő és deformáció összefüggései

A mezőgazdasági anyagok vizsgálata során leggyakrabban az erő és a deformáció összefüggését vizsgálják. A terhelés történhet hengeres nyomófejjel, gömb alakú fejjel és síklappal. Feltételezzük, hogy az acél terhelőfejek merevnek tekinthetők a vizsgált anyaghoz viszonyítva, tehát nem deformálódnak (Rosenthal 1999).

Az erő-deformáció összefüggésből meghatározható az E rugalmassági tényező, a biológiai folyáspont, a töréspont és a Poisson-tényező is. A mérések során az anyag állapotjelzőit (nedvességtartalom, hőmérséklet, érettség, a tárolás ideje a szedés vagy a csépelés után stb.) pontosan rögzíteni kell.

Gabonaféléknél az erő-deformáció összefüggés lényegesen függ attól, hogy a gabonaszemet milyen helyzetben terheljük. A szemek terhelhetők fekvő helyzetben, élükre állítva, továbbá élüket leköszörülve. A gabona nedvességtartalma lényegesen befolyásolja a szemek teherbíró képességét.

2.5.3. Időhatás, viszkoelasztikus anyagok

A biológiai anyagok szembeötlő tulajdonsága, hogy az erő-deformáció összefüggés a deformáció sebességétől is függ. Ez azt jelenti, hogy nem két tényező (feszültség és deformáció) között, hanem három tényező között kell összefüggést keresni. Azokat az

anyagokat, ahol az időhatással is számolnunk kell, viszkoelasztikus anyagoknak nevezzük. Ezek az anyagok részben szilárd testek, részben pedig folyadékok tulajdonságaival rendelkeznek (Peleg 1982).

Egyes anyagoknál és viszonylag kis terheléseknél a feszültség és a deformáció egyedül az idő függvénye, de nem függ a feszültség nagyságától. Az ilyen anyagokat lineáris viszkoelasztikus anyagoknak nevezzük. (Ferry 1980).

Sok mezőgazdasági anyagnál, amikor a terhelés okozta deformáció nagy része a tehermentesítés során nem nyerhető vissza, a feszültség-deformáció viszony az idő mellett a feszültség nagyságától is függ. Ilyenkor nem-lineáris viszkoelaszticitásról beszélünk. A mezőgazdasági anyagok nagy része ebbe a csoportba sorolható. A gabonaszemek vizsgálatakor a kis deformáció miatt inkább kisebb előtolási sebességet választunk (pl.: 2 mm/min), de egyes esetekben nagyobb sebességet is alkalmaznak (pl. néhány centiméter percenként) (Bourne 2002).

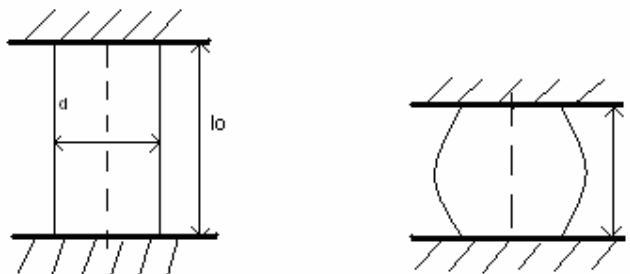
2.5.4. Viszkoelasztikus anyagok kompressziós vizsgálata

Az anyagok egyik legfontosabb tulajdonsága a keménységük, amelyet egy merev anyag behatolásával szemben kifejt. Kétféle mérési eljárási csoport ismeretes, az egyik: az alakváltozás létrehozásával mérő klasszikus eljárás, a másik az egyéb fizikai hatáson alapuló eljárások. Ez utóbbiak közé tartozik például az impakt ütésvizsgálati módszer vagy az akusztikus állományvizsgálat.

Az alakváltozás létrehozásával mérő klasszikus eljárásokat lehet csoportosítani az alakváltozás előidézésének módja szerint (kvázi-statisztikus, vagy dinamikus eljárások), a külső behatásra bekövetkező alakváltozás mérésének módja szerint (a lenyomat felületét meghatározó átló-, átmérő mérésével), a benyomódási mélysége szerint, valamint a mérőkészülék kivitelét tekintve. A kivitel tekintve lehet: kézi, hordozható vagy rögzített, asztali, állványos elrendezésű – egyszerű, manuális kezelésű, automatikus működésű, számítógép (vagy PLC) vezérlésű, automatikus működésű, vagy képfeldolgozó eljárást alkalmazó automata kiértékelésű mérő készülék (Steffe 1996).

A kvázi-statikus mérés elve

A mérés során egy szabványos anyagú, alakú és méretű kemény testet (mérő fejet) meghatározott ideig ható terheléssel a mérendő anyag felületébe, felületére nyomunk. A terhelést lassan növeljük, ezért a módszereket kvázi-statikussá, vagy statikus keménység mérésnek nevezzük. Sematikus rajzát a 3. ábra szemlélteti.



3. ábra: A szemek hordósodása a terhelés hatására

Az erőhatást vizsgálatok jelentős részénél általában kör keresztmetszetű hengeres próbatest, mérőfej adja át. Az így létrejövő σ nyomófeszültség az F erő és a próbatest A felületéből számítható ($\sigma=F/A$).

Célszerű, ha a deformáció helyett a relatív deformációt számítjuk, használjuk: $\varepsilon=\Delta l/l$

Ahol: a vizsgált nyersanyag eredeti mérete:

a deformáció előtt: l_0

a deformáció után: $l - \Delta l$

A Hooke-törvény értelmében a fenti mennyiségek között az E rugalmassági modulus (Young-féle rugalmassági modulus) teremt kapcsolatot:

$$\sigma = E * \varepsilon \quad \dots(1)$$

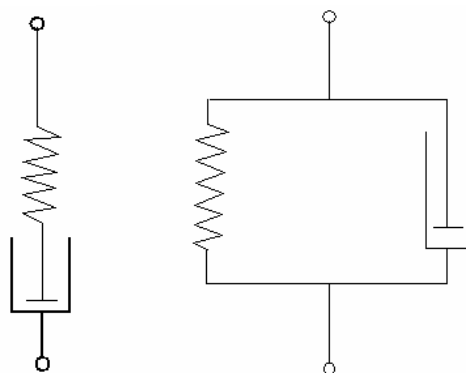
A Hooke-törvénnyel leírható anyagokat nevezzük rugalmas anyagoknak. Ha a roncsolási határnál nagyobb terhelést adunk, akkor a mintán (búza) a héj bereped, átszakad, makroszkópos sérülések keletkeznek.

Mint ahogy már említettük a szerkezeti anyagok alakváltozásainak anyagszerkezeti alapon történő vizsgálatával a reológia tudománya foglalkozik. A reológia elméleti eredményeit

szemléletesen bemutató szintetikus modellekhez vezették be alapmodellként a mechanikai viselkedés alapformáit megtestesítő „reológiai testeket”:

A rugalmas anyagok viselkedése a rugóhoz hasonlítható, míg a folyadékok tulajdonságai a csillapítóelemhez. A viszkoelasztikus anyagok viselkedése ennek megfelelően e két elem kapcsolási kombinációjával lehet kialakítani. Ez lehet soros (Maxwell-modell) és lehet párhuzamos (Kelvin-modell) (4. ábra).

Két reológiai test *párhuzamos* kapcsolásán azt értjük, hogy a testek alakváltozása egyforma, a deformáló feszültség felvételén pedig az ellenállásuknak megfelelően osztozik a két test. A két test *soros* kapcsolásán azt értjük, hogy a deformáló feszültség mindkét testre teljes értékével hat, a kapcsolt pár teljes deformációja pedig a két test deformációjának összege.



4. ábra: A Maxwell-modell és a Kelvin-modell képe

A viszkózus test vagy Maxwell-féle test (b) alakváltozása (az ún. lineáris viszkozitás feltételezéseinek megfelelően) állandó feszültség mellett állandó és növekszik a feszültséggel arányos sebességgel. Ezt írja le az alábbi egyenlet:

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = k\sigma \quad \dots(2)$$

ahol k az anyag viszkozitását jellemző konstans.

2.6. A búza szemkeménysége

2.6.1. A szemkeménység fogalma

A búzaminták adott végtermék előállítására szempontjából lényeges tulajdonságai és az endospermium szerkezete közötti viszony a gabonatudomány egyik első, már 1896-ban leírt

összefüggése. A legelső búza osztályozási rendszer a búzaminták töretés hatására bekövetkező különböző viselkedésén alapult. Maga a szemkeménység fogalma (a különféle meghatározási módszerek elvi háttere miatt is) az idők folyamán sokat változott. Napjainkban az a definíció tekinthető általánosan elfogadottnak, mely szerint a búza keménysége a gabonaszem deformációval szembeni ellenállásának a mérőszáma. A szemkeménységet kétféle képen lehet meghatározni az egyik a deformáció közvetlen (direkt) mérésével, a másik lehetőség pedig a közvetett (indirekt) módszer, a deformáció által létrehozott részecskék tulajdonságai alapján (Békés 2001). Kemény búzákat közé sorolható a legtöbb tetraploid faj (pl.: *Triticum durum*, *T. turgidum*, *T. dicoccoides* és *T. polonicum*) és a hexaploid *T. aestivum*) számos fajtája. A kemény típusok általános jellemzője, hogy szemtermésük jelentős része kemény, üveges szerkezetű, mely tulajdonságát még az érési időszak alatti nem optimális hőmérséklet és mérsékelt tápanyag ellátottság esetén is megtartja (Konopka et al. 2005).

Fontos tisztázni a keménység és az acélosság egymáshoz való viszonyát. Míg az acélosság bármelyik búzafajtánál kialakulhat, a keménység viszont csak adott genetikai hátterű fajták tulajdonsága, mely öröklődik. (Symes 1965, Mattern et al. 1973). A szemkeménység morfológiai szinten a keményítőszemcsék és a fehérjemátrix közötti adhézió mértékének függvénye. A puhaszemű búzáknál a keményítőszemcsék a fehérje-mátrixból kipattinthatók az őrés során, a keményszeműeknél az adhézió hatására a keményítő-fehérje kölcsönhatás nem szűnik meg, hanem a keményítőszemcsék törnek. A keményszemű búzákat vízfelvevő képessége, valamint fehérje- és nedvessikér-tartalma nagyobb, mint a puha búzáké.

2.6.2. A keménység morfológiai, genetikai és biokémiai háttere

A kemény és a puha búzaszemek morfológiai tulajdonságai alapvetően azonosak. Az endospermiumot (magbelső) és a csírárt a lipidekben és fehérjékben gazdag aleuronréteg veszi körül, amelyet a perikarpium és a magköpeny rétegei borítanak be. Az endospermium fő alkotórészei a szénhidrátok, a teljes gabonaszem tömegének mintegy 80%-át kitevő keményítő, valamint a sejtfal felépítésében résztvevő néhány egyéb poliszacharid, és a viszonylag kicsi lipidtartalom. Az endospermium keményítője jellemző méretű és alakú keményítőszemcsék formájában található az érett búzaszemben. A nagyobb búza keményítőszemcsék 0,015-0,040 mm méretű gömb és lencse, míg a kisebbek 0,001-0,01mm méretűek és gömb alakúak. A keményítőszemcsék felülete lipidekből és speciális fehérjékből felépülő membránnal van körülvéve. Az endospermium másik alapvető komponensei a főleg

gliadinokból és gluteninekből felépülő sikefhehérjék, amelyek az érett szemben a keményítőszemcséket folytonos mátrixként veszik körül. (Pomeranz és Williams 1990)

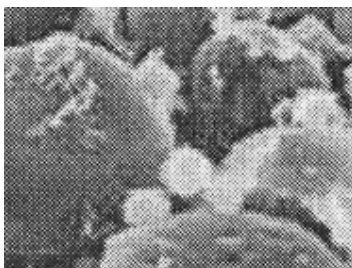
Mint már említettük, a szemkeménység morfológiai szinten a keményítőszemcsék és a fehérjemátrix közötti adhézió mértékének függvénye. A keményítőszemcse töredezését nevezzük az őrléskor bekövetkező keményítő sérülésnek (*starch damage*), amely a malmi technológiával előállított liszt vízfelvevő képességét határozza meg. Szignifikáns különbség mutatható ki a kemény és a puha endospermium szerkezetű fajták között. A kemény szemű fajták átlagos vízfelvevő képessége ~58%, míg a puha szeműeké csak ~53%. A fehérje- és sikef tartalmat összehasonlítva megállapíthatjuk, hogy a kemény szemű fajtáknak mind a fehérjetartalma, mind a nedvesség-tartalma jelentősen nagyobb, mint a puhaszeműeké, azonban ez utóbbi tulajdonság esetében a különbség évenként nagymértékben változó (Rakszegi et al. 2000). Ezen vizsgálatok kritikai elemzését mi is elvégeztük (Véha et al. 2008). Ezek alapján látható, hogy a sütőipar számára egyáltalán nem közömbös, milyen típusú fajtát használ a malomipar a liszt őrlésére.

A genetikai kutatások során felfedezték a búza endospermium textúrájának tulajdonságait kódoló *Ha* gént, mely a búza 5D kromoszómáján található (Mattern et al. 1973, Law et al. 1978, Morrison et al. 1989). Ez az eredmény azért érdekes, mert a D genom a hexaploid *aestivum* búzáknál szignifikánsan keményebb tetraploid *durum* búzákból hiányzik (Oda et al. 1992, Morris et al. 1994, Bettge et al. 1995, Greenblatt et al. 1994). Ebből az következik, hogy az endospermium keménységét meghatározó mechanizmusban nem a keménység, hanem éppen annak ellenkezője, a puhaságot felelős genetikai faktor.

A szemkeménység biokémiai magyarázata szempontjából döntő jelentőségűek azok a *Ha* gén környezetében, az 5D kromoszómán kódolt, úgynevezett "lágylító" fehérjék, amelyek a keményítőszemcse felületi membránjába beépülve képesek befolyásolni a keményítőszemcse és a fehérje-mátrix közötti adhéziót. Ezen "lágylító" fehérjék mennyisége és szerkezete szignifikánsan különbözik a kemény- és a puhaszemű hexaploid búzában.

A szemkeménység jól öröklődő genetikai tulajdonság, melyet kisebb mértékben egyéb tényezők is befolyásolhatnak. A búzafajta szemkeménysége elsősorban függ a keresztezési partnerek szemkeménységétől. E tulajdonság heritabilitás szerint kemény*puha szemű kombináció esetén 0,60-0,72. az endospermium (5. ábra) struktúráját szabályozó elsődleges

régió az 5D kromoszóma rövid karján található, ugyanakkor a 2A, a 2B, az 5B és a 6D kromoszómán is kimutattak szemkeménységet befolyásoló régiókat (Rakszegi et al. 2002).



5. ábra: Endospermium mikroszkopikus képe

2.6.3. A búza szemkeménységét befolyásoló tényezők

Az endospermium szerkezeten alapuló búzaosztályozásnál rendkívül fontos, hogy a szemkeménység számos, egyéb a gabona technológia minőségével kapcsolatos tulajdonság függvénye. Ezért fontos, hogy ezen tulajdonsággal szorosan korreláló egyéb paraméterek is az osztályozás részét képezzék.

Fontos a szemkeménység, valamint a fehérjetartalom és -összetétel viszonya: a keményítőszemcsék és a sikérfehérjék mátrixa közötti adhézió nagysága, vagyis a szemkeménység szorosan összefügg a gabona fehérjetartalmával és a sikérfehérjék összetételével. Puha szemű fajtáknál gyengébb, kemény szemű fajtáknál erősebb az egyes komponensek közötti kötődés. Az adhézió mértéke a fehérjetartalommal együtt nő, tehát egy genetikailag determinált kemény típusú búza esetén a fehérjetartalom növekedésével együtt nő a szemkeménység is. A sikérfehérje mátrix viszkoelasztikus sajátosságai (a tészta-erősség és -stabilitás alapvető meghatározói), a fehérje-összetétel függvényei, vagyis a mátrix rugalmassága, nyújthatósága a jelenlévő gliadin- és gluteninfrakciók genetikailag meghatározott minőségétől és mennyiségi arányaitól függ. Ezt a rugalmasság, nyújthatóság másfelől azonban a mátrix és a keményítőszemcsék közötti adhéziót is meghatározza. Vagyis a szemkeménység a fehérje-összetételnek is függvénye: a jobb viszkoelasztikus paraméterű fehérje-összetétel növeli a szemkeménységet is.

Az adhéziós kötődés erősségét egy 15 kDa méretű fehérje, a friabilin szabályozza. (Greenwell és Schofield 1986, Schofield és Greenwell 1987, Morrison et al. 1992, Jolly et al. 1993). A friabilin a puha szemű genotípusokban nagy mennyiségben van jelen, míg a kemény szemű

típusokban egyáltalán nem, vagy csak kis mennyiségben mutatható ki. A friabilin két fontos polipeptid egységből áll, a puroindoline **a** és **b** egységekből (Blochet et al. 1993, Gautier et al. 1994, Giroux és Morris 1997, 1998., Beecher et al. 2002). A legújabb kutatások igazolnak egy glicerín- szerin mutáció következtében létrejövő mutáns PinB-D1b gént, illetve az általa kódolt fehérjét, mely inkább a puhább szemű genotípusokra jellemző és egy PinA-D1b mutáns gént, mely a nagyon kemény búzák szemszerkezetének kialakítását befolyásolja (Gautier et al. 2000, Ács et al. 2001). A PinA és a PinB az egyik legfontosabb, a szemkeménységet meghatározó tényezők (Lillemo 2001, Giroux és Morris 1998).

Primerek

PinA-D1-F: 5'- CCC TGT AGA GAC AAA GCT AA -3'

PinA-D1-R: 5'- TCA CCA GTA ATA GCC AAT AGT G -3'

Primerek

PinB-D1-F: 5'- ATG AAG ACC TTA TTC CTC CTA -3'

PinB-D1-R: 5'- TCA CCA GTA ATA GCC ACT AGG GAA -3'

A keményszemű búzában keményítő-tartalékfehérje kötések is részt vesznek a keményítőszemcsék és az endospermium mátrix közötti erős adhézió kialakításában (Bakó et al. 2006).

A keményítőszemcsék felületéhez kötődő friabilin alkalmazható a puha- és kemény szemű típusok elkülönítésére. A puha fajtáknál a keményítőtől ez a fehérje 50 °C-on 1% anionos detergens tartalmú oldószerrel kivonható és poliakrilamidgéllel azonosítható. A kemény búzáknál csak kis mennyiségben vagy egyáltalán nem észlelhető ilyen eredmény (Greenwell és Schofield 1986).

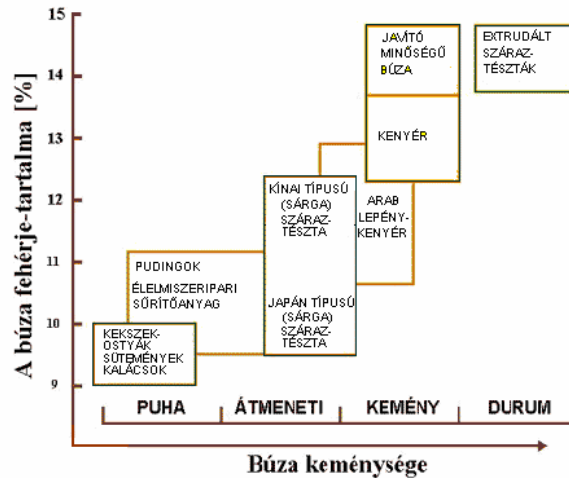
Számos vizsgálatot végeztek a szemkeménységet befolyásoló tényezőkre. Ilyen az előbb ismertetett fehérje hatása, de meg kell még említeni a szemméretre (Shaw és Gaumnitz 1911, Chung 1972, Fowler és De la Roche 1975) és a nedvességtartalomra (Stenvert 1974, Williams és Sobering 1988, Pomeranz és Williams 1990) vonatkozó munkákat is.

2.6.4. A feldolgozóipar igénye az endospermium szerkezet alapján

A keménység ismerete nem csak a búza esetében fontos, számos termény roncsolásos és roncsolás mentes keménységének meghatározása nélkülözhetetlen a feldolgozóipar számára. Az akusztikus állományvizsgálat, valamint az ütésvizsgálati módszer területén, főleg gyümölcsök és zöldségek vonatkozásában Fekete és Felföldi (1996), valamint Felföldi és Fekete (2000) értek el jelentős eredményeket.

A szemkeménységen alapuló osztályozás alapvető fontosságú mind a malomipar, mind a búzalisztet felhasználó iparágak számára, valamint a gabona felvásárlási és a gabona export rendszeréhez is elengedhetetlen.

A malmi technológiában az alapanyag keménységének mértéke arányos az őrléshez felhasznált energiával, hiszen a kemény szemszerkezetűekhez több energia kell, mint a puha szemű búzákhöz. Ezáltal a szemkeménységnek közvetlen költségvonzata van. Emellett az endospermium szerkezete határozza meg a búza kondicionálásakor alkalmazandó paramétereket, a liszt részecske-méretét, sűrűségét, a keményítő-sérülés mértékét és ezen keresztül a liszt vízfelvevő képességét és a lisztkihozatal mértékét. Ennek megfelelően, a malmi technológia problémamentes és hatékony fenntartása elképzelhetetlen az alapanyag szemkeménységének folyamatos mérése/ellenőrzése nélkül (Gaines 1986). Tehát a szemkeménységen alapuló jó osztályozás elengedhetetlen az iparágak számára. A lisztet feldolgozó iparágak, amint ezt a 6. ábra szemlélteti, a fehérjetartalom és a szemkeménység alapján szelektálják az alapanyagot. A sütőipar vonatkozásában ebből a szempontból az endospermium szerkezet és a vízfelvevő képesség viszonya a legfontosabb (Pomeranz 1984). A cél az adott végtermékmennyiség előállításánál a liszthányadot csökkenteni, illetve a vízhányadot növelni. Fontos a keményítősérülés mértékének ismerete is, hiszen ez határozza meg a vízfelvevő képességet (VFK), az élesztő számára hozzáférhető szénhidrát mennyiségét, az élesztő aktivitását és a gáztermelését. Tehát összefoglalva a termék sütőipari minőségét befolyásolja (Anderson 1991).



6. ábra: A búza felhasználási cél szerinti csoportosítása a gabona fehérjetartalma és endospermium szerkezete alapján (Békés 2001)

A jó malom- és sütőipari minőségű búzák a keményszemű típusokhoz tartoznak. A kemény endospermium-szerkezetű fajtákat elsősorban kenyér és péksütemény gyártásra, míg a puha szemű típusokat keksz és cukrászipari, valamint söripari célra használják (Rakszegi et al. 2000). A kemény endospermium összetétel szoros összefüggésben van a nagy lisztkihozattal, ezek közül is jobb az értékeesebb frakciók nagyobb aránya, a liszt nagyobb vízfelvévő képességével, a kenyértérfogattal, a kenyér minőségi jellemzőivel (bélzet, magasság, stb.), a fehérjetartalommal.

A jó sütőipari minőségű, keményszemű búza jellemzői

A kemény szemszerkezetű búza elsősorban sütőipari célra, kenyér és pékáruk gyártására alkalmas. A kemény szemszerkezetű fajtáknak világszerte két csoportja terjedt el a köztermesztésben:

- Jó malom- és sütőipari minőségű kemény endospermium szerkezetű búza átlagos fehérje- és sikértartalommal, ami a magyar búza minőség szabványban a malmi II. csoport kritériumainak felel meg, de egyes paraméterekben szigorúbb annál.
- Kiváló malom- és sütőipari minőségű, kemény endospermium szerkezetű búza átlagon felüli fehérje- és sikértartalommal, ami a magyar búza minőség szabványban a malmi I. és a javító minőség közé sorolható.

A Nyugat-Európában elterjedt ún. puha szemszerkezetű búzák általában átlagon felüli termőképességre is képesek. Ezen búzák malom- és sütőipari minősége rosszabb, a nemzetközi gabonakereskedelemben az áruk alacsonyabb, minőségi kenyérgyártás céljára kevésbé keresettek. Nyugat-Európában jobbak az ökológiai feltételek a puhaszemű búza termesztéséhez, mint Magyarországon, így tehát puha szemszerkezetű búza termesztésével a magyar búza versenyképessége jelentősen romlana. Hazánkban az összes búzatermesztés a világtermelésnek kb. 1%-a, ezért csak a jó minőségű, keményszemű búza (pl.: Pannon búza Prémium kategória alsó határa a szemkeménységre (Hardness Index) 60 (Tömösközi et al. 2008) termesztésével tud a magyar búza nemzetközi szinten versenyképes lenni. Ha a puha és kemény endospermium szerkezetű búzát keverjük, akkor a felhasználása minőségi problémákat okoz a kiörlés során. (Bedő et al. 2001).

2.7. A szemkeménység mérésének módszerei

A szemkeménység mérése többféle módszerrel történhet. Mérhetjük a teljes gabona halmaz erőhatásokkal szembeni ellenállását, valamint a halmazon belüli egyedi szemek ellenállását. Az átlagmintából végzett vizsgálatoknál a szem szerkezetéről az aprítás, töretés során például a felhasznált energiamennyiség, őrlési idő, vagy az aprítási fok mennyiségi elemzése nyújt információt. Szemenként történő mérésnél pedig általában törető eszközökkel (farinotom, CHARPY- inga), vagy penetrométeres módszerrel lehet a nyíró- és/vagy nyomóerő nagysága, ill. a benyomódó test mélyedése alapján a szemkeménységet megállapítani. (Véha és Gyimes 1999).

A szemkeménység számszerűsítésére alkalmas első módszer leírása Cobb (1896) nevéhez fűződik. Az általa kifejlesztett készülék a búzaszem kettétöréséhez szükséges erőt mérte. A legtöbb korai mérési módszer azonban az endospermium szerkezet szubjektív, szemmel történő megfigyelésén alapult, melyeket később mikroszkópos megfigyelések egészítettek ki, mely tehát egy szemrevételezéses optikai eljárás. Ezt használták fel később az őrlési kihatás (kiörlési százalék) becsléséhez (Marshall et al. 1986).

2.7.1. Szemkeménység meghatározása mechanikai módszerekkel

A szemkeménység meghatározásának fizikai módszerei közé tartoznak a mechanikai mérési eljárások, melyeket a következőkben ismertetünk.

Számos régi kutatás foglalkozik a búza szemkeménységének a meghatározásával. Harper (1904), Jelinek (1927), Pence (1935) különböző törési tesztek alkalmazásával kísérletezett, de meg kell még említeni Roberts (1920) és Newton és társai (1927) munkáit is, akik különböző nyomási, zúzási módszereket dolgoztak ki, hogy számszerűsítsék a szemkeménységet. Roberts egyértelmű kapcsolatot mutatott ki a szem szerkezete és a minőség között.

A következő lényeges állomás a szemkeménység meghatározás módszereinek fejlődésében a Cutler vezetésével végzett, a szemcsézettséget, mint a keménység meghatározására jellemző tulajdonságot figyelembe vevő munka volt. Ennek a technikának a továbbfejlesztett változata a standardizált szitálásos módszer, ennél a módszernél lett meghatározva a „részecskeméret index” (Particle Size Index = PSI). Cutler és Brinson (1935) fejlesztette ki a részecskeméret indexet (PSI). Vizsgálataikban megállapították, hogy a kemény szemszerkezetű búzaminták nagyobb részekre törnek, mint a puha fajták. A PSI teszt a ma használatos meghatározás szerint a teljes szemek standardizált körülmények között történő őrlését, adott mennyiségű teljes őrlemény standard ideig történő szitálását és az elkülönített frakciók tömegének százalékos kifejezését határozza meg az eredeti tömegről vonatkoztatva.

Az őrlési időre végzett kísérleteket Kosmolak (1978) és megállapította, hogy az őrlési időszükséglet eltérő a puha és a kemény szemszerkezetű búzák esetében, a kemény szemszerkezetűek őrlése hosszabb őrlés idővel jár. Kilborn és munkatársai (1982) megállapították, hogy a kemény szemszerkezetű búzák őrlésekor nagyobb energiára van szükség. Hareland (1994) kimutatta, hogy az őrlési módszer és a berendezés egyaránt befolyásolja a különböző búzafajtákhoz tartozó PSI értéket. Meg kell említeni Szániel Imre kísérleteit is a szemkeménység meghatározására, mely során egy daráló fordulatszám csökkenéséből következtetett a szemkeménységre, viszont a kapott eredménynek nincs fizikai tartalma, valamint a keletkező őrleménynek nem tudjuk az átlag szemcseméretét, felületét.

Glenn (1992) és Mabile (2001) bebizonyították, hogy a száraz búza minták őrléséhez kisebb energia szükséges, mint a nedvesebb mintákéhoz, a nedvességtartalom növekedésével a szemek szívósabbak lesznek, és nagyobb energiát igényelnek az őrlés során. A nedvesítés hatására viszont a héj és a magbelső aprózódási hajlam különbsége növekszik, ezért a malmi technológiában nélkülözhetetlen.

Másik hasonló eljárás a koptatási teszt (pearling test), mely a szemek adott ideig tartó szilíciumkarbid felületen történő koptatását jelenti. A kemény szemek jóval ellenállóbbak az ilyen jellegű koptatással szemben, mint a puha genotípusok.

Szemenkénti vizsgálatokat végzett Martin et al. (1993), kutatásaikban egy olyan gépet fejlesztettek ki, mely percenként 180 szemet tört meg és vizsgálták a törési profilokat. Az általuk kifejlesztett gép mérte a nedvességtartalmat, a szemek méretét, valamint a törő erőt.

A különböző mintákon belüli variabilitás mérésére sokkal alkalmasabbak az egy szemet mérő technikák. Véletlenszerű mintavétellel és kellően nagy mintaszámnál a mintavételből eredő hibák minimálisra csökkenthetők, esetleg kiküszöbölhetők. Az 1990-es évek első felében a Kansas-beli USDA Grain Marketing Research Laboratory-ben kifejlesztett Single Kernel Characterisation System (SKCS) 4100 készülék 300 szemből számított keménységi értékkel (Hardness Index) és keménységi osztállyal jellemzi a vizsgált genotípusokat. A Martin és munkatársai által kifejlesztett készülék a szemkeménység meghatározásán kívül a szemek átmérőjének, tömegének és nedvességtartalmának meghatározására is alkalmas, továbbá az átlagos értékeken kívül mért paraméterek szórásáról is hasznos információt nyújt (Ohm et al. 1998).

A készülék szemkeménység mérésre való alkalmasságát számos kutató vizsgálta. Gwartz (1998) szoros korrelációt állapított meg a Hardness Index és a búzák fehérje tartalma között. Pearson et al. (2007) a Hardness Index és a PSI között talált szoros kapcsolatot. Az SKCS 4100 mérőműszert számos kutatásban használták (Gaines et al. 1996, Sissons et al. 2000), bár dimenzió nélküli számot ad, mégis használható információt szolgáltat a szemek keménységéről. Osborne (Osborne et al. 1997) a műszer reprodukálhatóságát és pontosságát emeli ki, valamint szoros kapcsolatot ($R^2=0,83$) talált a Hardness Index és a keményítő sérültség között. Kapcsolatot mutattak ki a műszer által kiadott Hardness Index és az őrlési tulajdonságok között, ennek segítségével a liszt kihozatalra és a keményítő sérülés mértékére is lehet következtetni (Satumbaga et al. 1995). 95 %-os szignifikancia szinten, szignifikáns kapcsolatot tártak fel az őrlési tulajdonságok és a sütési jellemzők között Ohm és munkatársai (1998). Psołka (1997) a szemek előkészítésének fontosságára hívta fel a figyelmet, mely során megfelelően tisztított, idegen anyagoktól mentes tétélekkel végezte a halmazban történő méréseket az SKCS 4100 mérőműszerrel.

Baker et al. (1999) a szemkeménység (HI) és a tészta paraméterek között mutatott ki szignifikáns kapcsolatot (95 %-os szignifikancia szintnél). Lyford et al. (2005) a HI és lisztkihozatal kapcsolatát vizsgálta és 0,81 determinációs tényezőt kapott. Morris és munkatársai (Morris et al. 1999) pedig kifejezetten a legjobb műszernek tartják az SKCS 4100 készüléket a szemkeménység mérésére.

Halmazban történő vizsgálatokat végzett Yamazaki (1972), kutatásában megállapította PSI és az őrlési lisztkihozatal közötti szignifikáns kapcsolatot (95 %-os szignifikancia szintnél).

A malomiparban rendkívül fontos, hogy a szemek keménysége, alakja és mérete minél egységesebb legyen. Az SKCS 4100 készülék kifejlesztésének célja elsősorban a gabona átvételi rendszer korszerűsítése volt. Ugyanakkor ezzel a malomipari tulajdonságok javítására irányuló búzanemesítés egy új, az eddigiektől eltérő elven működő, nagyszámú törzs vizsgálatát rövid időn belül lehetővé tevő, kis mennyiséget igénylő szelekciós eszköz birtokába is jutott (Vida et al. 1999) (Gyimes, et al. 2002).

A szemkeménység számszerű kifejezésére ugyancsak alkalmas jellemző a töréshez, roppantáshoz, őrléshez szükséges erő vagy energia. Az első ilyen jellegű méréseket lehetővé tevő készülék a Brabender Hardness Tester volt, amelyet először árpa, majd búza szemkeménység vizsgálatokhoz használtak. A készülék továbbfejlesztett változata a Brabender Microhardness Tester, amely 4g búza őrléséhez szükséges idő alapján számítja a keménységi értéket.

2.7.2. Szemkeménység meghatározása optikai módszerekkel

A szemkeménység meghatározásának fizikai módszerei közé tartoznak az optikai mérési eljárások, melyek főleg a rövid vizsgálati idő miatt terjednek rohamosan.

A legegyszerűbb az a módszer, amikor a szem külsejéből következtettünk a szemkeménységre, minél teltebb, minél fényesebb, minél pirosas barnább a búza, valószínűleg annál üvegesebb, keményebb a szerkezete. Ehhez hasonló vizsgálat a felület szemrevételezése, mely során a szem keresztirányú kettévágása és a vágási felület vizuális értékelése is megtörténik. Ilyen eszköz a farinotom nevű készülék, melyben a lyuggatott lapjára szorított magvakat az erre szolgáló késsel kettévágják és a metszéspelületekből történik

a meghatározás. Fontos megemlíteni, hogy ilyenkor inkább a szem acélosságára kapunk információt.

Az optikai módszerek közül az ún. közeli infravörös spektroszkópia [NIR (Near Infrared Reflectance)/NIT (Near Infrared Transmittance)] emelkedik ki, amely a szemkeménység mérésére is alkalmas gyors és megbízható módszer (Shadow 2000). Adott hullámhosszúságú fénynyalábbal megvilágított minta fényelnyelése alapján, megfelelő kalibrációk alkalmazásával, számos tulajdonságról gyorsan, kis mintamennyiségből szerezhethetünk információt. Ez a méréstechnika lehetővé teszi, hogy esetleg különösebb minta-előkészítés nélkül (pl. búza vagy kukorica esetén egész magból) 1 perc mérési idő alatt a legfontosabb minősítő paraméterekhez jussunk, mint például: nedvesség-, fehérje-, olaj-, sikértartalom, stb. Így lehetőség nyílik aratáskor a gabona előminősítésére a betárolás előtt, takarmánykeverő üzemekben minden egyes keverési tétel ellenőrzésére, vagy éppen a keveréshez felhasznált alapanyagok minősítésére. Ezen mérési elvre épülnek többek között a Foss Tecator cég Infratec műszercsaládjának tagjai: a gabona- és takarmány-analizátorok. Delwiche et al. (2000) NIR műszerrel végeztek vizsgálatokat, mely során a fehérjetartalom és a szemkeménység között tártak fel szignifikáns kapcsolatot.

Batten (1998) és Osborne (1986) munkáikban kimutatták, hogy mind a reflexiós és mind a transzmissziós módszerek egyaránt alkalmasak szemes gabona (búza, kukorica, árpa, rozs, zab, rizs) és gabonaipari termékek (liszt, dara, teljes őrlemény, korpa) minőségi paramétereinek meghatározására. Nielsen et al. (2001) a szemcseméret-eloszlás on-line ellenőrzésére alkalmazta a reflexiós NIR módszereket. Eyherabide et al. (1996) és Robutti (1995) a szemkeménység becslésére, szemes kukoricára dolgoztak ki transzmissziós módszereket.

2.7.3. Szemkeménység meghatározása kombinált (mechanikai és optikai) módszerekkel

Manapság megjelentek a mechanikai és az optikai mérési eljárásokat kombináltan elvégző berendezések, műszerek is. Az egyik ilyen berendezés az SKCS4100 típusú műszer újabb változata az SKCS 4170 típusú, amely az egy szemből történő keménységvizsgálatot NIR technikával ötvözi. Ennek köszönhetően a készülékkel mérhető paraméterek száma jelentősen kibővült. Ez kombinálja a kompressziós eljárást a NIR módszerrel, így többek között mérhető

a fehérje- és keményítőtartalom, a szín, valamint elkülöníthetők egymástól a beteg és sérült szemek. Ezen műszer segítségével Maghirang és munkatársai (2003) különböző hullámhosszokon (650, 700, 1100, 1200, 1380, 1450, és 1670 nm) vizsgálták a keményítő, fehérje és szín kapcsolatát a Hardness Index-szel.

2.7.4. Szemkeménység meghatározásának egyéb lehetőségei

Egészen más meghatározási módszer a szemkeménységgel kapcsolatban levő 15kDa méretű fehérje a friabilin, fehérje vagy DNS szintű kimutatása. Ismert, hogy a szemkeménység összefüggésben áll a keményítőszemcsék és a fehérjék között kialakuló adhézió mértékével. A keményítőszemcsék felületéhez kötődő friabilin, mint markerfehérje kitűnően alkalmazható a puha- és keményszemű genotípusok elkülönítésére. Cane (Cane et al. 2004) és Hogg (Hogg et al. 2005) munkatársaikkal megállapították, hogy a puroindoline vizsgálatával, a magbelső szerkezete valamint a lisztkihozatal, a keményítő sérülés és a tészta vízfelvevő képessége közötti kapcsolatot. A Pina és a Pinb gének ellenőrzése elengedhetetlen (Bhave et al. 2008). A puha típusú búzafajták keményítőjében ez a fehérje 50°C-on 1% anionos detergens tartalmú oldószerrel kivonható és poliakrilamid gélen azonosítható.

A mérési módszerek sokfélesége ellenére a NIR és a PSI technikák a legelterjedtebbek, de gyorsasága miatt az SKCS 4100 is mind nagyobb teret hódít. A méréseket négy fő tényező befolyásolja elsődlegesen: a nedvességtartalom, a hőmérséklet, a szem mérete és az alakja. A nedvességtartalom és a hőmérséklet hatása kalibráció segítségével figyelembe vehető. Ennek megfelelően olyan mérési módszert érdemes alkalmazni, ahol a szemméret és alak hatása nem szignifikáns, és ahol a mért keménységérték a termesztés körülményeitől, az éréstől és a tárolási körülményektől független (Gyimes és Véha 1998).

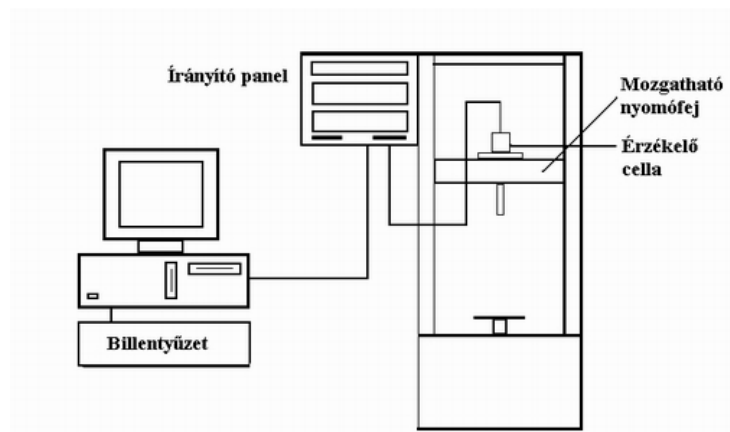
2.7.5. Szemkeménység meghatározására alkalmas berendezések

A szemkeménység mérésére manapság alkalmazott készülékek közül néhány fontosabbat a következőkben ismertetünk röviden.

- **Perten Inframatic 8611:** Több területen alkalmazható: beraktározásnál szemestermények, gabonák, olajosmagvak víztartalmának és egyéb beltartalmi összetevőinek, (fehérje, sikér, nedvesség, olajtartalom, keménység, zsír, rosttartalom, stb.), valamint tiszta szeszek, asztali borok, vaj, csokoládé és egyéb termékek, stb.,

tulajdonságainak gyors meghatározása. (Windham et al. 1993). Az Inframatic 8611 készülékkel a minőségvizsgálat teljesszem-őrleményből (dara) és lisztből egyaránt elvégezhető. Maghisang és Dowell (2003) végzett méréseket a NIR módszer szemkeménység mérésre való alkalmasságához, munkájukban szoros korrelációt állapítottak meg a SKCS 4100 mérőműszer és a NIR szemkeménység között.

- **Perten-Inframatic 8620:** A készülék működési elve: a szokásos reflexiós fotometria 1200-2500 nm tartományban, egy készülékkel 100 különböző termék 15 jellemzője mérhető. A vizsgálat időtartama kb. 1 perc. Alkalmazási területek: malomipari termékek: búzaliszt, száraz tészták, bor, üdítőitalok és szeszipar, konzervipar, édesipar, cukoripar, stb. (Kristóf 2004).
- **ZX 50 PGA:** Felvásárlásnál, beraktározásnál szemestermények, gabonák és olajosmagvak nedvesség és egyéb beltartalmi értékeinek (fehérje, szénhidrát, olajtartalom, stb.) gyors meghatározása, illetve malomipari használatban liszt jellemzőinek mérése alkalmas. Takarmányiparban alapanyagok és keveréktakarmányok mérésére, tejiparban sajt vizsgálatára (pl.: zsírtartalom mérés) használható. Ezen kívül borok egyes alkotórészeinek meghatározására (alkohol, szárazanyag, savak, cukrok) is.
- **LLOYD 1000R (7. ábra):** Ez a készülék nem kifejezetten búzaszemek keménységének meghatározására készült, meghatározható vele bármilyen élelmiszer vagy egyéb tárgy keménysége és szakítószilárdsága, ugyanis képes mérni a nyomó és a beállításától függően a húzóerőt is. (Lloyd Instruments 1991)



7.ábra: A Lloyd 1000 R típusú állománymérő

- **INSTRON 5581:** A készülék alkalmas szakító-, nyomó-, húzóvizsgálatok elvégzésére 0,025N-től 50kN-ig terjedő méréstartományban. A berendezés padlótelepítésű, univerzális mechanikai szilárdságellenőrző készülék, mely számítógép-vezérelt, a

mérési adatok gyűjtése és tárolása automatikusan történik. A PC lévő szoftver segítségével lehetséges a mérések grafikus és numerikus kiértékelése és nyomtatása.

- **Perten SKCS 4100:** (Egy-mag mérő készülék.) A Hardness Index meghatározása SKCS 4100 mérőműszerrel (Perten Instruments, Inc.) történt. A műszert az Egyesült Államokban fejlesztették ki az USDA ARS GMPRC szakemberei. A műszer elkészítését az Egyesült Államokban tapasztalt búzaminőség romlás kényszerítette ki. A műszerrel szemben a következő elvárásokat támasztották: alkalmas legyen szemkeménység mérésre, legalább 300 szem mérését végezze el és a mérési idő ne legyen több, mint 3 perc. A gyártó kétféle számítógépes háttérrel kínálja a műszert; a régebbi a MS-DOS alapú, a korszerűbb a MS-WINDOWS alapú operációs rendszerhez illeszthető. Főbb alkalmazási területek: Gabona (búza) fajtanemesítés területén a fajták megkülönböztetésére, osztályozására, illetve a gabonakereskedelemben az egyes fajták szétválasztására használják. Műszaki leírás: A gabonaszemek egyenkénti mérésével, illetve a minta 300 magjának méréséből készült statisztikával jellemzi, illetve osztályozza a mintát. A magok szemméretét, szemkeménységét, nedvességét és mag súlyát mérik. Automatizált mérés, számítógépi kiértékelés. 3-4 perces mérési idő. Beépített RS232 interfész. A készülék 300 ismétlés adatait statisztikailag elemzi, és grafikusán ábrázolja az adatok gyakorisági eloszlását. Az átlagértékek mellett automatikusan számítja a szórást is. A szemkeménységet Hardness Index (HI) értékszámokkal jellemzi. A Hardness Index jellemzi a vizsgált mintákat, mely segítségével keménységi osztályok alakíthatók ki: HI>50: kemény, HI<50: puha. Előfordulhat azonban, hogy a mintában puha és kemény tételek is megtalálhatóak, ilyenkor a berendezés úgynevezett kevert tétel („mixed”) feliratot ír ki (ennek jelentősége a kereskedelmi búzatételek esetén van).
- **Perten SKCS 4170:** A készülék az ugyan csak a Perten cég által gyártott SKCS 4100 egy magot mérő műszert, valamint a közeli infravörös spektroszkópiát egyesíti magában. A hullámhossz tartomány 400-tól 1700 nm-ig terjed.

2.8. A búza őrlhetőségével kapcsolatos megállapítások

A búza őrlhetőségével kapcsolatos megállapítások szinte a világ minden táján megegyeznek. Számos kutató egybehangzó véleménye, hogy a búza őrlhetőségére a szem hamutartalmából, a fajtából, valamint a szem formájából, a héjtartalomtól, az ezerszem tömegéből, a hektolitertömegéből és az acélosságából lehet következtetni (Darlington et al. 2003) Ezek

fontossága és sorrendje minden országban más és más. Sokat vitatott kérdés a búza hektolitertömegének értékelése. Egyes források szerint a búza hektolitertömege a malomipar szempontjából általánosan elismert értékmérő tényező. A hektolitertömegből és az adott nedvesség tartalomból lehet következtetni a kinyerhető liszt mennyiségére, viszont megállapítást nyert, hogy a hektolitertömeg önmagában nem jelent értékmérő számot. Számos adat szerint az őrlhetőség és a hektolitertömeg közötti összefüggés nem egyértelmű. A búza kiőrlhetőségének mértéke és a liszt hamutartalma közötti összefüggést viszont a legtöbben elismerik, bár a hamutartalom elbírálása a lisztminőséggel ellentmondásos. Ez a megállapítás azért fontos, mert a lisztek hamutartalma a sütőüzemek egyik legfontosabb követelése. A malomipar szívesebben veszi a nagyobb szemű búzát, mert ennek viszonylag kevesebb a héja és nagyobb a belőle kinyerhető liszt mennyisége. Adatok szerint az ezerszem tömeg és az őrlhetőség közötti kapcsolat nem egyértelmű. A termelők szerint a kisebb szemű búzák általában jobb minőségűek, mint a nagyobb szeműek. Az acélosság és a kiőrlés értéke közötti összefüggés a legtöbb esetben helytálló, de mégsem teljesen kielégítő. Az őrlhetőség jellemzésére használt ezen módszerek nem minden esetben felelnek meg a célnak. Az őrlhetőséget ezért legjobban az őrlési kísérlettel lehet megállapítani (Pollhammerné 1981).

Az őrlés műveletének rövid áttekintése

Az őrléstechnológia feladata a búzaszem fő alkotóinak (elsősorban a magbelső és a héj) aprító és osztályozó műveletek alkalmazásával történő szétválasztása, örlemények előállítására. Az őrlés módszere a fokozatos szeparáló aprítás, amely egyre finomodó aprító és osztályozó műveletek sorából áll.

A gabona jó őrlhetősége napjainkban egyre több gondot okoz. Az őrlhetőség jellemzésére jelenleg felhasznált indirekt módszerek nem minden esetben felelnek meg a célnak. Az őrlhetőséget ezért az őrlési kísérletekkel lehet legjobban megállapítani. A jó őrlhetőséget a malomipari minőség javítására való nemesítéssel lehet legjobban biztosítani.

Az őrlés folyamatában az aprítási és osztályozási műveletek több fokozatban követik egymást. A műveletek összehangoltak, alkalmazkodnak a gabona fajtájához minőségi jellemzőihez és a késztermékkel szemben támasztott igényekhez.

Az őrlési folyamat legfontosabb műveletei:

- **Aprítás:**
Cél, a magbelső és a héj oly módon történő aprítása, hogy a későbbi szétválasztásuk könnyű legyen. Az aprítás nem cél, hanem a szétválasztásra alkalmazott egyik eszköz. A malmi gyakorlatban alkalmazott aprítási mód a hengerpáros aprítás.
- **Osztályozás:** (szétválasztás)
 - méret (szemcsenagyság) szerinti osztályozás: szitálás
 - minőség (a szemcsék sűrűsége) szerinti kombinált légáramos osztályozás: dara és dercetisztítás.

Alapvetően három őrlési eljárást különböztetünk meg:

1, *Simaőrlés*: Az egyszerű simaőrlési eljárásokat kétféle késztermék- liszt és korpa-előállítására jellemzi. Ezt az eljárást kétfrakciós őrlési eljárásnak nevezik. Jellegzetessége, hogy a magbelsőt rövid úton termeljük ki. A hengereket alacsonyan vezetjük, és lisztre dolgozunk.

2, *Magasőrlés*: A magasőrlési eljárást a dara- és a dercetisztítás bevezetése alakította ki. A magasőrlés többfrakciós őrlési eljárás azzal a céllal, hogy a frakciók közül minél kevesebb kerüljön összevezetésre és megmunkálásuk külön- külön történjék. Az őrlési eljárás nagy malmi teljesítőképességet igényel.

3, *Félmagasőrlés*: A magasőrlés egyszerűsítésével alakult ki, és először főleg a középalmokban alkalmazták. Az egyszerűsítés azt jelenti, hogy ez az eljárás kevesebb munkagéppel, egyszerűbb őrlésvezetéssel, több összevezetéssel oldja meg a héj és a magbelső szétválasztását (Pollhamerné, 1988).

Az aprítás művelete

A malmi aprítási művelet a héj-magbelső szétválasztás megvalósításának az eszköze. A biológiai anyagok általában többkomponensűek, a komponensek általában eltérő fiziko-mechanikai tulajdonságúak, pl. búza héj-magbelső aprózódási hajlam különbsége:

- magbelső (keményítő-fehérje mátrix) → jól, apróbb szemcsékre aprózódik
- héj (cellulóz, hemicellulóz) → kevésbé, nagyobb darabokra aprózódik

Az őrlés eredményessége érdekében a gabonát megfelelően elő kell készíteni. Ez a rendelkezésre álló tételek minőségének egalizálását, a liszt minőségét rontó idegen anyagok, valamint az apró és törött szemek teljes eltávolítását, a szemek felületének tisztítását, az optimális őrlési nedvességtartalom beállítását, illetve a gabona kondicionálását jelenti.

Az aprító munkát befolyásoló tényezőket három csoportba oszthatjuk:

1. Az első csoportba azok tartoznak, amelyek hatással vannak mind a rovátkolt, mind a sima hengerek aprító munkájára. Ezeket nevezzük: hengertényezőknek (hengerátmérő, sebességviszonyok, stb.)
2. A második csoportba sorolhatjuk a rovátkatényezőket Ezeket csak a rovátkolt hengerek aprító munkájában érzetik hatásukat (rovátkaszög, rovátkasűrűség, stb.)
3. Harmadik csoportot üzemelési tényezők képezik. Ezek a hengerek üzemeltetésével kapcsolatos tényezők, amelyek ugyancsak befolyásolják a hengerek aprító munkáját (hűtés, tápszerkezet, stb.)

A gabona őrlési ellenállását hazánkban már régóta vizsgálják (Bölöni et al. 1997, Bölöni és Bellus 1999) vagy a fajlagos darálási energiaszükségletet (e_d – kWh/t) vagy ennek állandósága mellett az aprítás fajlagos felületi darálási energiaigényét (e_f – kWh/cm²) tekintik fontos jellemzőnek.

$$e_d = 6 \cdot 10^6 \cdot e_f / \rho \quad \dots(3) \text{ (Bölöni 1999)}$$

Ahol, e_d a darálás fajlagos energiaigénye (kWh/t), e_f a fajlagos felületi darálási energiaigény, ρ pedig a gabona sűrűsége (g/cm³).

Az egyes tényezők ugyan külön- külön is kihatnak a hengerek aprító munkájára, de az aprítási folyamatban egy- egy tényező hatása önállóan soha nem érvényesül, csak a többi tényezővel együttesen. Ez természetes, mert a hengerek működése közben a felsorolt tényezők egyidőben, egyszerre fejtik ki hatásukat. Ebből viszont az következik, hogy az egyes tényezők bizonyos mértékben befolyásolják egymás hatását is (Pollhamerné 1981).

A gabona őrlésére előkészített, valamint őrlését befolyásoló fizikai- mechanikai tulajdonságokra csoportosíthatók: halmaz és egyedi tulajdonságokra. A gabonaszemeket a berendezés nem egyedileg, szemenként őrli fel, hanem tömegesen. A szemek sokaságát nevezzük gabonahalmaznak. A halmaztulajdonságok a gabonahalmazra jellemzők. Az egy gabonaszemre vonatkozó tulajdonságok az egyedi tulajdonságok. Az egyedi tulajdonságok befolyásolják a halmaztulajdonságokat is. Az őrlési értéket meghatározó halmaz és egyedi tulajdonságokat vizsgálatokkal állapítjuk meg. A vizsgálatokhoz átlagmintát készítünk.

A gabona halmaztulajdonságai tovább csoportosíthatók:

- Jellegzetes halmaztulajdonságokra, melyek csak halmaztulajdonságként érvényesülnek. Ilyenek: a keverékesség (tisztaság), a kiegyenlítetttség, a hektolitertömeg, stb.
- Egyéb halmaztulajdonságokra. Ezek megjelenhetnek egyedi tulajdonságként is. Fontosabbak: az egészségi állapot, nedvesség, acélosság, keménység és a fajsúly (Szakágazati Technológia Malomipar I. 1982).

2.9. Lisztminősítő vizsgálatok módszertana

2.9.1. Őrlés, lisztkihozatal

A lisztvizsgálatok elvégzéséhez, illetve a liszthozam meghatározásához a kondicionált búzát kísérleti őrlőberendezésen, meghatározott körülmények között lisztté őrlik. Az előállított liszt mennyiségét - az őrölt gabona mennyiségére vonatkoztatott százalékban kifejezve - lisztkihozatalnak, vagy kiőrlésnek nevezzük.

2.9.2. A liszt nedvességtartalma

A lisztben található víz szabad és kötött formában van jelen. Mivel a liszt erősen higroszkópos anyag, a környezet nedvességtartalma befolyásolja a víztartalmát. A szabadvíztartalom növekedése a káros mikróbák elszaporodásához vezet, ami a liszt romlását okozza. Gazdaságossági szempontból is kedvezőtlen a nagy víztartalom, mert így a kevesebb szárazanyag tartalom mellett, kevesebb vízzel, kisebb tésztamennyiség, kevesebb termék állítható elő belőle. Ezekről az értékektől 0.5 % eltérésig liszttömegben kiegyenlíthető (Tegze 1988). A liszt nedvességtartalmát befolyásoló tényezők:

- a gabona eredeti nedvességtartalma,
- a malmi technológia
- a tárolóhelyiség nedvességtartalma.

A nedvességtartalom meghatározásakor a vizsgálandó anyagot szárítószekrényben tömegállandóságig szárítjuk, és a tömegvesztést a bemért anyagmennyiséghez viszonyított %-ban fejezzük ki.

2.9.3. A liszt hamutartalma

A hamutartalom az ásványi anyagok azon mennyisége, amelyet égetést követően hamvasztás útján, mint a vizsgálandó anyag visszamaradó tömegét határozzuk meg. A lisztek hamutartalma elsősorban a korpatartalomtól függ, de kis mértékben befolyásolja a fajta és a termesztési körülmények, továbbá a búza előkészítés (tisztítás) hatékonysága is. A liszt elégetésével kapott hamu ásványi sókból áll, ami többek közt foszfort, káliumot, magnéziumot, kalciumot, vasat, alumíniumot és ként tartalmaz, amelyek mennyiségéből következtethetünk a kiórlési százalékra, így a korpatartalomra is (Tegze 1988).

2.9.4. Esésszám

A liszt amilolites állapotának vizsgálatára alkalmas, mind a Hagberg-Perten esésszám mérő készülék, mind Brabender-féle amilográf. Az amilolites állapot alatt azt a kölcsönhatást értjük, ami a liszt amiláz enzimeji és a liszt saját keményítője, mint szubsztrátum között jött létre. A készülékkel a nagy keményítőtartalmú őrlmények amilolites állapotát, és a különböző amiláz készítményeknek a keményítőre kifejtett hatását vizsgálhatjuk.

Az esésszám meghatározásnál a vizsgálandó őrlményből meghatározott feltételek mellett szuszpenziót készítünk, amelyet forró vízfürdőbe helyezünk. A keletkezett csirizben a keverő-viszkoziméter merülési idejét mérjük. Az értékből következtetni lehet az enzimaktivitásra (3. táblázat).

3. táblázat: A búzalisztek csoportosítása esési szám alapján (Bognár et al. 1970)

Minőségi csoport	Esési szám tartománya	Őrlmények értékelése
I.	>400	Enzimszegény önmagában feldolgozva morzsalékos bélszerkezetű, gyorsan öregedő belű termék süthető belőle.
II.	300-400	Sütőipari célra megfelelő
III.	200-300	Sütőipari célra csökkent értékű csak erőteljes savanyítással lehet feldolgozni.
IV.	<200	Sütőipari célra alkalmatlan

Az amilográf olyan torziós viszkoziméter, amely a csirizesedő liszt-víz szuszpenzió viszkozitását diagramban rögzíti. A vizsgálat közben a hőmérséklet 1,5°C/perc egyenletes sebességgel emelkedik a csirizesedés befejezéséig.

2.9.5. Sikérvizsgálatok

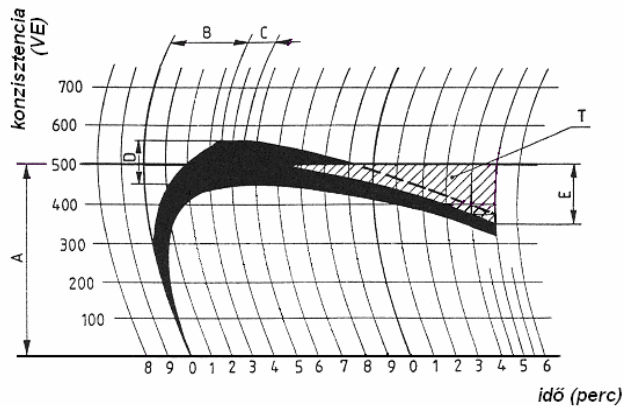
A búzalisztek sütőipari szempontból legfontosabb tulajdonsága, hogy nagy molekulatömegű vízdoldhatatlan fehérjéket tartalmaz, mely fehérjék víz hatására tésztakészítés közben egységes és összefüggő viszkoelasztikus anyaggá, sikérvázzá duzzadnak. A sikérképző fehérjék mennyisége és tulajdonságai jelentős mértékben befolyásolják a liszt vízfelvevő képességét, a képződő tészta szerkezetét, fizikai tulajdonságait, alaktartásának és gázvisszatartásának mértékét. A sikérképző fehérjék mennyiségét sikérmosással lehet meghatározni. A folyamat során ismert liszt-víz arányú tészta sikérlát, - adott duzzadási idő elteltével - a liszt többi komponensétől csapvízzel történő mosással elkülönítjük. A sikér mennyiségén kívül annak minősége is meghatározó tulajdonság, így a sikér rugalmassága nyújthatósága, területe. (Bognár 1970).

A sikérmosással meghatározható sikértulajdonságok:

- Nedves sikér mennyiség (%): tésztából meghatározott körülmények között kimosott, fehérjékből álló képlékeny rugalmas anyag mennyisége a lisztre vonatkoztatott %-ban.
- Száraz sikér mennyiség (%): a nedves sikér teljes vízmentesítése (szárítása) után visszamaradó anyag mennyisége a lisztre vonatkoztatott %-ban.
- Sikér arányszám: hidratációs érték, amely a nedves és száraz sikér mennyiségek hányadosa. Értéke 2,5 –3 között megfelelő.
- Sikér terület: 5g-nyi sikérből formált golyó átmérőjének növekedése szobahőmérsékleten 1 óra alatt mm-ben kifejezve.
- Glutén index: a sikér speciális szitán történő átcentrifugálása után a szitán fennmaradó mennyiség összes sikérmennyiségéhez viszonyított aránya %-ban kifejezve. Minél nagyobb számot kapunk, annál erősebb, szívósabb a sikér.

2.9.6. Valorigráfos vizsgálat

A módszer a minták fajlagos vízfelvevő képességének meghatározására, valamint a liszt tésztaképződési folyamat során mutatott tulajdonságainak jellemzésére alkalmas. A műszer a lisztből és vízből kialakuló tészta dagasztással szemben kifejtett ellenállását (konzisztenciáját, keménységét) méri és regisztrálja az idő függvényében, empirikus mértékegységben, az ún. valorigráf egységben (VE) kifejezve. A mérés eredménye a valorigram (8. ábra). Farinográffal Morgan és társa végeztek kísérleteket a vízfelvevő képesség vizsgálatára.



8. ábra: Valorigram

A diagram alapján meghatározható jellemzők a következők:

- A tészta keménysége, konzisztenciája (*A*)
- Az 500 VE eléréséhez szükséges víz térfogatát a bemért lisztre vonatkoztatva százalékban fejezzük ki. Ezt nevezzük fajlagos vízfelvevő képességnek.
- A tészta kialakulásának időtartama percben (*B*), amely elsősorban a liszt szemcsézettségétől, a keményítősérültség mértékétől, és a sikér tulajdonságaitól függ. A nagyobb szemcseméretű, jobb minőségű sikért tartalmazó lisztek *B* értéke nagyobb.
- A tészta stabilitása (*C*) alaktartó és gáztartó képességének jellemzője. A jó alaktartó képességű, rugalmasan nyújtható tészta *C* értéke nagyobb.
- A tészta erősségének, ill. nyújthatóságának jellemzője a diagram szélessége a tészta kialakulásának időpontjában (*D*). Minél nagyobb erőre volt szükség a tészta megnyújtásához, illetve minél hosszabb ideig enged a tészta a dagasztóelemek nyújtó hatásának, annál szélesebb a diagramszalag. A keskeny diagram a lágyuló, ill. könnyen szakadó tészta jellemzője.
- A tészta ellágyulása (*E*) függ a dagasztás közben vizsgált tészta sikérjének lágyulásától és a tészta felaprózódásának nyomán a dagasztási erőszükséglet csökkenésétől.
- A sütőipari értékszám a sütőipari értékcsoport meghatározásához szükséges jellemző. A diagramm leszálló ágának középvonala és az 500-as konzisztencia-vonal valamint a diagramm végpontjában, a konzisztencia-vonallról bocsátott merőleges által bezárt, közel háromszög alakú terület (*T*) cm²-ben meghatározott nagyságából a 4. táblázat segítségével kikereshető érték.

4. táblázat: Az értékszámok alapján csoportosított búzalisztek sütőipari értékelése

Csoport	Sütőipari érték
A1-A2	kisebb értékű liszt javítására alkalmas, JAVÍTÓ
B1-B2	keverés nélkül feldolgozható, ÁTLAGOS
C1-C2	csak jó liszttel megfelelő arányban keverve dolgozható fel, GYENEGE

2.9.7. Deformációs téstvizsgálatok

A nemzetközi búza- és lisztminősítő gyakorlatban az *extenzográf*os téstaszakítást és az *alveográf*os téstafújást alkalmazzák, valamint Amerikában a mixográfot. Mindkét vizsgálat alapötletét és első kivitelezését Hankóczy Jenő kutató neve fémjelzi. A nyújtó-szakító műszerek erő-idő diagramot rajzolnak, melynek mutatói a maximális ellenállás, fix nyújtáshoz tartozó ellenállás, nyújthatóság, görbe konfiguráció (görbe magasság és szélesség hányadosa), görbe alatti terület (deformációs munka), a tésták, lisztek „erősségét” jól jellemzik. Annál erősebb a liszt, minél nagyobb munkával lehet a téstát nyújtani és elszakítani.

2.9.7.1 Chopin Alveográf

Statikus téstajellemzők mérésére szolgáló készülék, amely a vizsgálataimban is fontos szerepet kapott. Alapelveit Hankóczy írta le, de a francia Chopin (Faridi és Rasper 1987) szabadalmaztatta (Fehér és Bányász 1993).

A Chopin Alveográf alkalmazási területei: fajtaazonosítás, a lisztminőség alakulásának ellenőrzése az őrlési eljárás ideje alatt, a keményítő sérültség mértékének mérése, a malomiparban előállított lisztek minősítése, aszkorbinsav hatása, a fagyasztott tést vizsgálat, különböző végfelhasználású céllisztek azonosítása (Tripette és Renaud 1988).

2.11. Irodalmi eredmények összefoglalása

Az irodalmi részből látható, hogy a szemkeménység meghatározására számos direkt és indirekt módszert dolgoztak ki, már egészen a 1900-as évek elejétől foglalkoznak ezzel a kérdéskörrel.

Egyre jobban terjednek a gyorsvizsgálati módszerek. Ilyen módszert alkalmaz a Perten cég SKCS 4100 mérőműszere, mely az úgynevezett Hardness Indexet adja meg. Maga a mérés az American Association of Cereal Chemists (AACC) által jóváhagyott mérési eljárás (Approved Method 55-31). A Hardness Index egy dimenzió nélküli szám, melyet az adott tétel nedvességtartalma elég jelentősen befolyásol.

A rendkívül elterjedt és sok kutatás alapjául szolgáló SKCS 4100 típusú mérőműszerrel mérhető Hardness Index elemzésével foglalkozó egyes munkák nem tárgyalják a nedvességtartalom hatását a HI-re (pl. Baker et al. 1999, Lyford et al. 2005). Számos kutatás foglalkozik a Hardness Index, illetve egyéb jellemzők kapcsolatával. Baker et al (1999) a HI és a tézta paraméterek között mutatott ki közvetlen kapcsolatot, mely kutatásokat folytatni kell. Kiemelendő Satumbaga munkássága (1995) amelyben az őrlési tulajdonságokat, a lisztkihozataalt vizsgálta a HI-vel összevetve. Az SKCS 4100 mérőműszer a malmok számára, a malmi átvételekhez szinte már nélkülözhetetlen.

Az SKCS 4100 típusú műszerrel mért Hardness Index tehát egy elterjedt eljárás, viszont kapcsolatát a mechanikai jellemzőkkel (deformációs modulus, törőerő, törőmunka) a nedvességtartalom figyelembevételével még nem vizsgálták sem nemzetközi, sem hazai szinten. Ezért szükséges, hogy különböző, a biztonságos tárolást nem veszélyeztető, nedvességtartalom értékeknél elvégezzük mechanikai az egyes mechanikai jellemzők (deformációs modulus, törőerő, törőmunka) és a Hardness Index összehasonlítását, valamint összefüggést állapítsunk meg ezen jellemzők között.

A szemkeménység vonatkozásában fontos kérdés továbbá a búza nedvességtartalma, hiszen már Newton (1927), Tarutin és Orloff (1935), McCluggage (1943), valamint Katz és munkatársai (1961) is foglalkoztak a nedvességtartalom és a búza szemszerkezetének a kapcsolatával. Newton a szem szerkezetének a változását igazolta a nedvességtartalom függvényében. Tarutin megállapította, hogy a törőerő csökken, ha növekszik a szemek nedvességtartalma, Katz penetrométeres mérésekkel bizonyította a nedvességtartalom hatását a szemkeménységre. McCluggage viszont nem talált kapcsolatot az őrlési idő és a nedvességtartalom között. Ezért fontos a búza nedvességtartalma és mechanikai jellemzői közötti összefüggés megállapítása.

A búza őrléséhez szükséges energiaigény vizsgálata, az aprítási ellenállás mérése régóta foglalkoztatja a hazai (Véha et al. 1998, Bölöni és Csermely, 1991, Véha és Gyimes, 1999), valamint a nemzetközi (Kilborn, 1982, Kosmolak, 1978, Hareland, 1994, Glenn, 1992) kutatókat. A részecske méret (PSI) meghatározás, még ma is nagyon elterjedt módszer, mely viszont elég hosszadalmas mérést igényel. Erre való tekintettel szükséges az aprítási ellenállás mérésének fejlesztése és az ezzel kapcsolatos eredmények összevetése a Hardness Index-szel, valamint ezen jellemzők között összefüggés megállapítása.

Egyre jobban terjedő módszer az infravörös technika (NIR), amelynek megvalósítására több műszer áll rendelkezésre. Ezekkel a műszerekkel nem foglalkoztunk, de fontosnak tartjuk az SKCS 4100 típusú mérőműszerrel mért Hardness Index összehasonlítását egy ugyancsak Perten gyártmányú műszerrel, a Perten Inframatic 8611 típusúval.

A szakirodalom tanulmányozása alapján megállapítható, hogy indokolt:

- az SKCS 4100 típusú mérőműszerrel meghatározott Hardness Index és a kompressziós eljárással mért mechanikai jellemzők közötti összefüggés megállapítása,
- a Hardness Index és a szemek aprítása során mért fajlagos felületi darálási energiaigény összefüggésének meghatározása,
- különböző mintahalmazokból készített liszt minőségi tulajdonságai és a mechanikai jellemzők, valamint a lisztminőség és a Hardness Index közötti összefüggések megállapítása,
- továbbá módszer és javaslat kidolgozása adott búzaszem mintahalmaz mechanikai jellemzőinek eloszlásfüggvénye alapján a Hardness Index és a keménységi kategória becslésére.

2.12. Célkitűzés

A munka elsődleges célja, hogy mérési módszert dolgozzunk ki gabonaszemek mechanikai jellemzőinek – különösen a deformációs modulusnak, a törőerőnek és a törő munkának – kompressziós eljárással történő mérésére, valamint összefüggést állapítsunk meg különböző búzaszem mintahalmazoknál a kidolgozott módszerrel mért mechanikai jellemzők és a szemek Hardness Indexe között.

Cél volt továbbá a szemek aprítása során tárcsás darálóval mért fajlagos felületi darálási energiaigény és a Hardness Index között összefüggés meghatározása.

További cél volt a különböző búzaszem mintahalmazokból készített liszt minőségi tulajdonságai és a mechanikai jellemzők, valamint a lisztminőség és a Hardness Index között összefüggések meghatározása.

Feladat volt, hogy javaslatot dolgozzunk ki adott búzaszem mintahalmaz mechanikai jellemzőinek eloszlásfüggvénye alapján a Hardness Index, valamint a minta puha, átmeneti, vagy kemény kategóriába tartozásának becslésére.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

A kísérleteinket a Szegedi Tudományegyetem Mérmöki Karán végeztük el. A próbaméréseket 2004-ben kezdtük el. Mintáink a 2005, 2006 és a 2007-es évből származtak. A Karon folyó alkalmazott és alap kutatásokhoz kapcsolódva kezdtük el a búza (*Triticum aestivum*) szemkeménységének a meghatározását, mind halmazban és mind szemenként mérve.

3.1. Vizsgálati minták, nyersanyagok

Kísérleteink során 34 különböző búzatételt vizsgáltunk meg. Ezen tételek közül 14 halmaz sorolható a puha szemszerkezetűek közé és 20 halmaz a kemény szemszerkezetűek közé. Ez a számbeli eltérés annak köszönhető, hogy a búzanemesítés egyik célja a jó minőségű, kemény búza nemesítése, ezért a puha tételek háttérbe szorulnak. Munkánkban a következő búzafajtákkal is végeztük kísérleteinket:

- puha búzafajták: GK Csongrád, GK Nap, GK Hattyú,
- kemény búzafajták: GK Békés, GK Élet, Jubilejnaja-50, GK Kalász, GK Petúr, GK Ati.

Vizsgáltuk a szemkeménység és a belőle készülő liszt néhány beltartalmi paramétere közötti kapcsolatot is. Mivel sok mintával dolgoztunk ezért a mintáinkat kódszámmal láttuk el, az átláthatóság miatt.

A kísérletekhez használt mintákat a Szegedi Gabonatermesztési Kutató Közhasznú Társaság biztosította a számunkra. Ezekből három – „A”, „B” és „C” jelű - mintasort alakítottunk ki. Az „A” jelű mintasor átlagos nedvességtartalma 10,59% volt, ez „légszáraz” tételnek tekinthető, jellemzőit az 5. táblázat tartalmazza. A „B” jelű mintasor szemeit átlagosan 13,52%-ra nedvesítettük, ezek jellemzőit a 6. táblázat mutatja. A „C” jelű mintasor szemeinek átlagos nedvességtartalmát 12,71 %-ra állítottuk be, ezek jellemzőit a 7. táblázat mutatja.

Az „A” jelű mintasor jellemzőit az 5. táblázatban mutatjuk be.

5. táblázat: Az „A” jelű mintasor jellemzői, nedvességtartalom: 10,59%, évjárat: 2005

A tétel jelölése	Búza nedv. tart. (%)	Kiörlés (%)	Vízfelvevő Képesség (%)	Nedves sikér (%)	Alveográf Szívosság (P) (mm)	Alveográf Nyújthatóság (L) (mm)	P/L	Alveográf Def. Munka (W) (x10 ⁻⁴ J)
A1	10,63	53,30	50,90	26,70	67,24	112,50	0,598	250,7
A2	10,64	48,80	49,80	26,00	53,13	116,00	0,458	181,5
A3	10,59	55,90	50,90	25,00	63,00	93,50	0,674	180,7
A4	10,56	51,60	51,20	24,60	62,48	79,50	0,786	156,0
A5	10,89	56,00	50,90	28,50	55,00	121,00	0,455	220,8
A6	10,54	48,90	51,10	29,80	50,38	155,00	0,325	194,3
A7	10,44	61,20	53,50	30,00	69,30	124,00	0,559	233,5
A8	10,52	64,60	52,00	30,10	52,80	133,00	0,397	188,3
A9	10,61	62,30	53,30	26,60	99,00	70,00	1,414	288,8
A10	10,54	66,60	54,30	29,40	83,30	108,50	0,768	295,1
A11	10,53	60,90	53,30	31,90	67,10	139,00	0,483	264,6
A12	10,68	60,30	55,90	28,80	79,42	99,50	0,798	217,9

Az „B” jelű mintasor jellemzőit a 6. táblázatban mutatjuk be.

6. táblázat: A „B” jelű mintasor jellemzői, nedvességtartalom: 13,52%, évjárat: 2006

A tétel jelölése	Búza nedv. tart. (%)	Kiörlés (%)	Vízfelvevő Képesség (%)	Nedves sikér (%)	Alveográf Szívosság (P) (mm)	Alveográf Nyújthatóság (L) (mm)	P/L	Alveográf Def. Munka (W) (x10 ⁻⁴ J)
B1	13,27	71,88	54,80	21,58	43,15	60,50	0,715	95,05
B2	13,86	71,79	57,30	27,48	60,75	77,00	0,790	179,85
B3	14,01	74,01	54,00	16,85	45,75	50,75	0,905	99,40
B4	14,00	68,33	56,60	25,30	55,90	68,75	0,815	128,85
B5	13,90	72,89	60,90	28,13	77,00	89,00	0,875	250,20
B6	13,85	71,28	61,40	22,88	105,01	42,75	2,460	187,35
B7	13,58	70,16	63,20	33,68	87,80	70,00	1,355	214,75
B8	13,37	70,96	67,90	31,70	93,15	59,50	1,565	176,80
B9	13,15	67,94	66,80	35,60	94,30	66,50	1,430	226,85
B10	12,82	70,46	63,00	29,68	102,55	53,00	1,960	225,20
B11	12,92	69,66	56,90	31,08	55,40	66,50	0,835	156,35

Az „C” jelű mintasor jellemzőit a 7. táblázatban mutatjuk be.

7. táblázat: A „C” jelű mintasor jellemzői, nedvességtartalom: 12,71%, évjárat: 2007

A tétel jelölése	Búza nedv. tart. (%)	Kiőrlés (%)	Vízfelvevő Képesség (%)	Nedves sikér (%)	Alveográf Szívosság (P) (mm)	Alveográf Nyújthatóság (L) (mm)	P/L	Alveográf Def. Munka (W) (x10 ⁻⁴ J)
C1	12,62	70,55	68,08	33,52	83,49	124,5	0,671	258,26
C2	13,22	69,05	64,40	30,62	69,41	125,5	0,553	234,00
C3	12,9	67,31	59,84	28,52	55,69	114,0	0,489	194,17
C4	12,82	70,91	63,36	32,25	68,75	125,0	0,550	254,28
C5	12,81	72,19	68,52	35,37	90,09	131,5	0,685	385,9
C5	12,68	73,36	70,76	36,15	125,84	103,5	1,216	443,35
C7	12,53	75,41	67,00	32,00	113,63	103,0	1,103	378,08
C8	12,15	66,89	67,88	32,66	119,90	106,5	1,126	453,09
C9	12,79	76,42	62,76	29,97	61,60	140,0	0,440	256,11
C10	12,97	75,89	63,96	26,31	84,26	117,0	0,720	311,83
C11	12,38	74,78	63,60	31,39	102,52	98,0	1,046	385,01

3.2. Alkalmazott kísérleti módszerek

Az egyes mintákkal végzett vizsgálatoknál a szem szerkezetéről az aprítás, a töretés során felhasznált energia, őrlési idő, aprítási fok, stb. mennyiségi elemzése nyújt információt. A szemenkénti vizsgálatoknál pedig általában törőeszközökkel (farinotóm, Charpy-inga) vagy penetrométeres módszerrel lehet a nyíró- és/vagy nyomóerő nagysága, valamint a benyomódó test deformációja alapján a szemkeménységet megállapítani. A mérésekhez több hagyományos, már alkalmazott mérési eljárást használtunk, valamint az általunk kifejlesztett kvázi statikus mérési módszert.

3.2.1. Szemkeménység meghatározása Lloyd 1000R típusú állományvizsgálóval

A Lloyd 1000R típusú állományvizsgáló készülék (9. ábra)

A készülék az egytengelyű nyomás (terhelési mód) alapján működik. A kísérletek végzésekor a következő követelménynek kell megfelelnie ahhoz, hogy használható eredményt kapjunk:

- a terhelés pontosan tengelyirányú legyen, s így hajlító igénybevétel ne lépjen fel,
- a próbatest véglapja és a nyomólap közötti súrlódást minél kisebb értéken kell tartani, hogy a próbatest keresztirányú nyúlása ne legyen korlátozva,

- olyan hossz-átmérő viszonyt kell választani, amelynél a kihajlás veszélye még nem áll fenn.

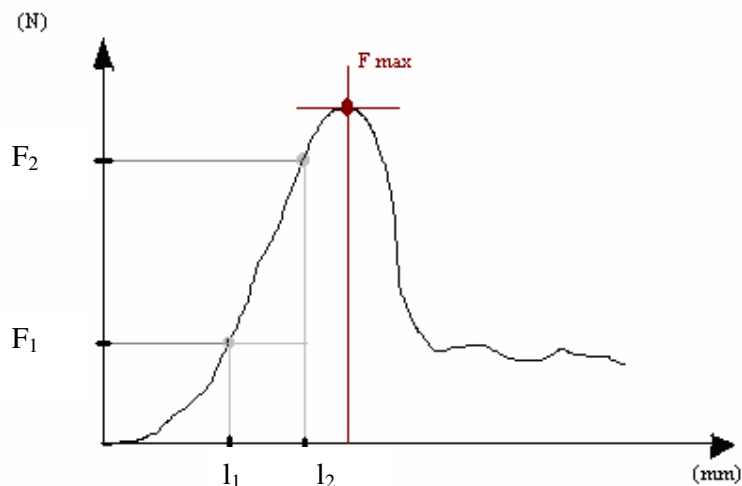


9. ábra: Lloyd 1000R típusú állománymérő készülék

Gabonaszemek vizsgálatakor a kis deformáció érdekében kis előtolási sebességet kell választani. (A műszer paraméterei a mellékletben – M7 - található). Méréseink során az alkalmazott előtolási sebesség 2 mm/min volt.

A készülék méri a búzaszemet érő nyomóerőt a nyomófej által megtett úthossz függvényében. A gép a mérés közbeni adatokat rögzíti és koordináta rendszerben megrajzolja az erő-elmozdulás görbét (x tengelyen az elmozdulás mm-ben, y tengelyen az erő N-ban).

Az adatok alapján azonnal láthatjuk az erő mértékét, amit a gabonaszem már nem képes elviselni és elroppan. A grafikonon 0 N és max. N értékei, valamint a hozzájuk rendelt úthossz függvényében meghatározható a szem elroppantásához szükséges maximális erő, a továbbiakban törőerőnek nevezzük és a törőerőhöz tartozó törő munka, melyet a görbe alatti terület ad. Meghatározható továbbá az erő elmozdulás görbéből a deformációs modulus (10. ábra).



10. ábra: Erő (F) és elmozdulás (l) összefüggése

A levett geometria jellemzők (lásd lentebb) segítségével kiszámítjuk az átlag felületet (A_e - mm^2) – függőleges helyzetű mérés esetén:

$$A_e = \frac{A_1 + A_2 + A_3}{3} \quad \dots(4)$$

A függőleges helyzetű mérések esetén az A_1 , A_2 , A_3 felület körként lett figyelembe véve és számolva, míg a vízszintes helyzetű mérések esetén ellipszisként számoltuk a felületet.

Majd az F_1 és F_2 erő értékeket elosztjuk az A_e -vel:

$$p_2 = F_2 / A_e \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \dots(5)$$

$$p_1 = F_1 / A_e \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \dots(6)$$

Majd kiszámoljuk az F_1 és F_2 tartozó deformációs értékeket is:

$$\varepsilon = \Delta l / l_0 \text{ (mm)} \quad \dots(7)$$

, ahol Δl az elmozdulás (mm), míg l_0 a kezdeti szemmagasság (mm).

A deformációs modulus (N/mm^2) számítás a következő képlettel történik:

$$E = \frac{p_2 - p_1}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1} \quad \dots(8)$$

Mérés leírása, menete

A mérőkészülék beállításai:

- a méréshez 1000N-os mérőfejet alkalmaztuk,

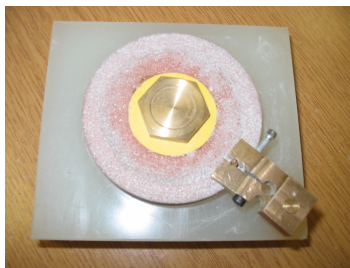
- a nyomófej sebessége a minta mérésekor 2 mm/min,
- a nyomófej magasságváltozása (x-tengely hossza) a mérés során 1,5 mm,
- y-tengely magassága a minta keménysége és a próbatest helyzete alapján volt beállítva (150-600 N).

Mintánként két próba az y-tengely beállítását szolgálta, ezeknek a méréseknek az eredményeit nem rögzítettük. A mérést mintánként 30 búzaszemmél végeztük.

A méréseket kétféleképpen végeztük el: függőlegesre beállított búzaszem és vízszintes elhelyezett, hason fekvő búzaszem esetén. A vizsgálati idő függőleges helyzetű búzaszem esetén kb. 6 perc, fektetett búzaszem esetén kb. 4 perc volt.

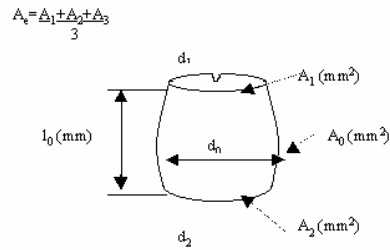
Függőleges helyzetbe beállított búzaszem mérése

- minták (próbatetek) előkészítése: A gabonaszem két végének lecsiszolása annak érdekében, hogy a búzaszemet függőleges álló helyzetben helyezhessük a műszer alá és ezzel együtt egymáshoz nagyon hasonló méretű próbateteket kapjunk, a nagy mérésbeli eltérések elkerülése érdekében. A szemeket egyenként az általunk készített befogócsipeszbe fogjuk, majd pedig a szintén általunk készített csiszológéppel (11. ábra), mind a szakáll, mind pedig a csíra felőli részen lecsiszoljuk (kb. 4 mm-es magasságra csiszoljuk le).



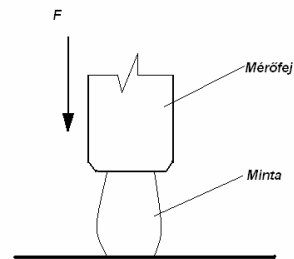
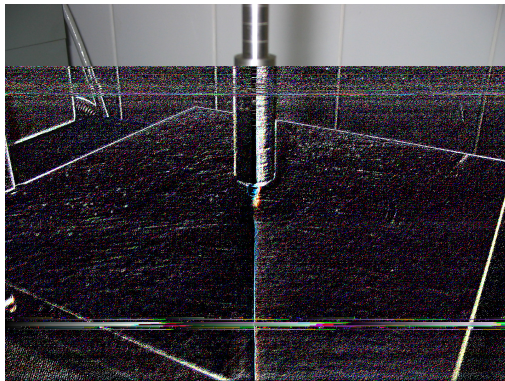
11. ábra: Általunk kifejlesztett csiszológép

- a minta geometriai jellemzőinek feljegyzése. Tolómérővel mérjük meg: a csiszolt mag magasságát, a csíra felőli legkisebb és legnagyobb átmérőt, a mag hegyesebbik végénél a legkisebb és legnagyobb átmérőt, a próbatest legszélesebb részén a két jellemző átmérőt (12. ábra).



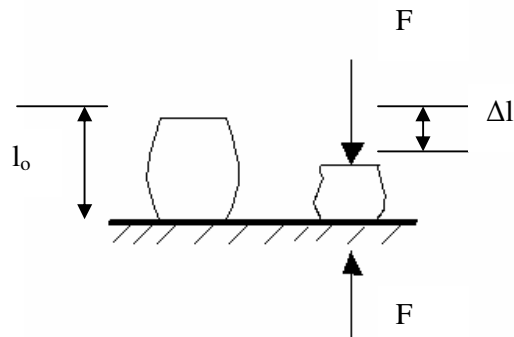
12. ábra: Az előkészített búzaszem és a mért adatok

- a mintát a nyomófej alá helyezzük (a búzaszemet függőleges helyzetben a mintatartóra helyeztük, a csíra felőli részre).
- a nyomófejet leengedjük közvetlenül a próbatest fölé (13. ábra), hogy kiküszöböljük a két felület ütközésekor fellépő dinamikus erőhatást, és az ebből adódó mérési hibát,



13. ábra: A nyomófej alatti búzaszem függőleges helyzetben

- elindítjuk a mérést
- az adatokat mentjük a számítógépen,
- felemeljük a nyomófejet és eltávolítjuk az összetört búzaszemet



14. ábra: A szem deformációja a mérés során

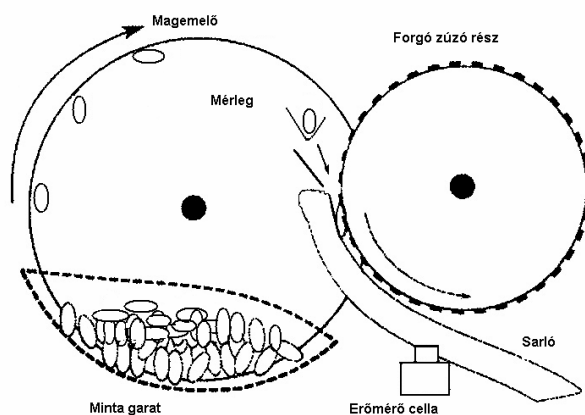
Vízszintes helyzetbe beállított („hason fekvő”) búzaszem mérése

A mérés az előző lépések elvégzésével történik, de mivel egész szemekről van szó, csak a búzaszem hosszát és a legszélesebb részén a két jellemző átmérőjét mérjük.

3.2.2. A szemkeménység meghatározása Perten SKCS 4100 típusú mérőműszerrel

Perten SKCS 4100 típusú mérőműszer

A méréshez a gabonaminta a garatba kerül és onnan a forgó magemelő kerék emeli fel. A szemeket a vákuum tartja a magemelő belső felén kialakított fészekben. A legfelső pont után található a magelválasztó, amely a magemelőből a szemeket a mérlegkanál felé orientálja. A mérlegkanálba esve megtörténik a szemek tömegmérése. Az egyedi tömegmérés után a búzaszem a forgó roppantó tárcsa és a vele szükülő rést képező sarló alakú ellendarab közé esik (15. ábra). A beékelés pillanatában vezetőképesség (konduktancia) méréssel meghatározza a szemek nedvességtartalmát, és jellemző méretét. A rotor forgásával a szemek erőt fejtenek ki az erőmérő cellára, egészen a törés pillanatáig. A szemek beékelődési helyzete véletlenszerű a szélességi vagy vastagsági mérete szerint. Az erőmérő cella az erő hatására fellépő elmozdulást méri, és analóg/digitális átalakítás után a mérő számítógépbe továbbítja az adatokat. A megroppant szem ezután egy gyűjtőedénybe hullik. A műszer 300 szem mérése után áll le.

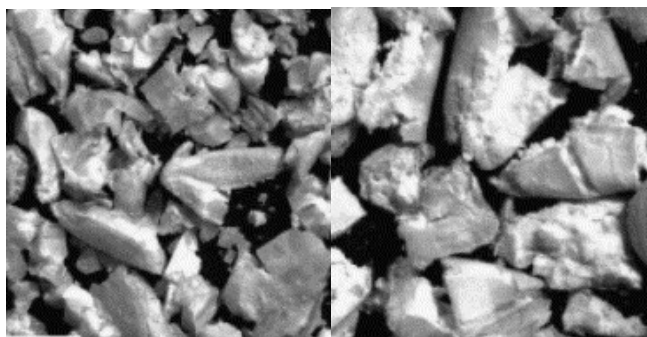


15. ábra: Az SKCS 4100 mérőműszer mérési elve

A mérés menete

A mérést a készülék bekapcsolása után hozzávetőleg 10-15 perc elteltével lehet kezdeni, ennyi idő kell, hogy a mérőcellák és érzékelők működése megbízhatóvá váljon. Amennyiben valamelyik egysége nem kellően stabil, úgy a mérést nem lehet végrehajtani, a program leáll.

- A működtető rendszerben létrehozunk egy projektet, (összetartozó méréseket jelent) amely lehet egy fajta, de lehet napi projekt is.
- Kiürítjük a mintatartót, ez a mintatartó alatt található gomb elforgatásával történik. Ekkor a felesleges búza az alatta található edénybe kerül. Ezzel biztosítható, hogy a minták ne keveredjenek.
- A mintát betöltjük a nyílásba (kb. 20 g minta elegendő), majd a gomb elforgatásával a minta a mintagaratba hullik.
- Megadjuk a minta jellemző adatait, ezután kezdődik a mérés.
- A megroppantott búza (16. ábra) egy tartályban gyűlik össze, melyet időnként üríteni kell.



16. ábra: Az SKCS által megroppantott kemény és puha búzamininták

A mérés során a készülék méri a szemek tömegét, méretét, nedvességtartalmát és a szemkeménységét. A 300 szem egyedi jellemzőinek meghatározása után átlagolja a mért értékeket és szórás értéket is számol, valamint lehetőség van a mért eredmények grafikus ábrázolására is oszlop diagramokban. A program lehetőséget ad arra, hogy az utolsó mért eredményeket a következő minta mérése után is visszanezzük. A mért eredmények és azok hisztogramjai igény szerint kinyomtathatók. A vezérlőszoftver elmenti az üzemeltetési tényezőket is (hőmérséklet, nyomás), valamint a törési jellemzőket (erő, görbe alatti terület).

A készülék által eredményül kiadott keménység érték (HI) fizikailag nem meghatározott viszonyszám, vagyis szélsőséges esetekben előfordulhatnak nulla vagy negatív előjelű mért értékek is. Ezek természetesen nem tekinthetők helyesnek. A HI jellemző értéke puha szemű búzánál 0-30, az átmeneti típusnál 30-50, kemény szemű búzánál pedig 50 feletti (50-80). Az átmeneti („mixed” - kevert) típusnak főleg a kereskedelmi tételek esetén van értelme. A durum búzák HI értéke meghaladja a 100-at is. A készülék kalibrálása adott keménységű búza felhasználásával (CARL 96 fajta) történik, amelyet a Perten cég szakértői végeznek el.



17. ábra: Perten SKCS 4100 típusú mérőműszer

3.2.3. Aprítási munka és teljesítmény mérése

Az aprítási munka és teljesítmény mérésére a Perten 3303 típusú laboratóriumi darálót (18. ábra) használtuk.

A Perten 3303 típusú daráló fontosabb műszaki jellemzői

A berendezésnél az őrlés finomsága a tárcsák egymáshoz való távolságának állításával szabályozható. A tárcsás daráló őrlőtárcsái közötti őrlőrést csavarorsó segítségével (rögzíthető

módon) a forgótárcsa tengelyirányú elmozdításával lehet beállítani. A berendezésen feltüntetett 0-6 terjedelmű aprítási skála található.

- „0” jelölték a tárcsák közötti szerkezetileg legkisebb őrlőrés értékét
- „3” a közepes őrlőrés távolságát
- „6” a szerkezetileg beállítható legnagyobb őrlőrés nagyságát

Műszaki paraméterek:

- Motorteljesítmény: 150W
- Motorfordulatszám: 2800 1/min



18. ábra: Perten 3303 típusú daráló

A próbaőrlesek elvégzése után az 1-es tárcsaállítás mellett döntöttünk és az őrléseket ezen végeztük el. A 0, 1, és a 2-es állás a lognormális eloszláshoz közeli eloszlást ad, nagyobb réseknél az eloszlás szabálytalan lesz. A kapott örlemények elég heterogén rendszerek, ezért a lognormális eloszlással tudjuk jól ábrázolni (Bölöni et al. 1997).

A mintákat a daráló garatjába öntöttük, majd beindítottuk a tárcsákat és a retesz elhúzásával elindítottuk a darálást. A mérés 1 percig tartott, közben az aprítás ciklusidejét, az aprítási tömegáramot és a villamos energiát rögzítettük. A daráló teljesítményfelvételét (W) és a ledaráláshoz szükséges energiafelhasználást (Ws) Power Monitor PRO típusú egyfázisú villamos teljesítménymérő műszerrel, a darálási időt pedig stopperórával mértük.

A mérés leírása

Anyag előkészítés:

- A reprezentatív mintavétel érdekében a búza összekeverése
- Búza hőmérsékletének mérése

- Külső hőmérséklet mérése

Eszköz előkészítése:

Üresjáratban működtetjük a darálót, majd a teljesítmény feljegyzése.

Mérés menete:

- A megfelelő pozíció beállítása (1)
- A garat elzárása után a garat feltöltése búzával
- Daráló bekapcsolása
- Energiamennyiség mérő készülék nullázása (Reset gomb)
- A mérés megkezdése: egy időben kinyitjuk a garatot és elengedjük az energiamennyiség mérő készülék Reset gombját
- 30 másodpercnél a teljesítmény mérő adatainak feljegyzése
- 60 másodperc elteltével a daráló leállítása, és a felhasznált energia mennyiség feljegyzése.

Az eredmények feldolgozása során a következő képletekkel dolgoztunk:

$$\text{Teljesítmény: } P_{(\text{hasznos})} = P_{(\text{mért})} - P_{(\text{üresjárat})} \quad (\text{W}) \quad \dots(9)$$

$$\text{Munka: } W = t * P_{(\text{hasznos})} \quad (\text{Ws}) \quad \dots(10)$$

ahol, t: mérési idő (s)

$$\text{Dara tömegáram: } Q_m = (m / 1000) / (s / 3600) \quad (\text{kg/h}) \quad \dots(11)$$

ahol, m: dara tömeg (kg)

Fajlagos aprítási energiafogyasztás:

$$e_d = ((P_h / 1000) * (t / 3600)) / (m / 1000000) \quad (\text{kWh/t}) \dots(12)$$

Az aprítás során keletkezett őrlemény tömegét elektronikus mérleggel mértük meg, és elvégeztük a szitaanalízist. Az őrlemények szitaanalíziséhez labor szitasorozatot és rázógépet használtunk. A szitasorozat 9 szitából állt, melynek méretei a következők: 100, 250, 400, 600, 800, 1000, 1250, 1600 és 2500 μm . A szitálás akkor a legpontosabb, ha a szemcsék egy rétegben helyezkednek el a szitalapon. Kis szemcsék mérésekor még pontosabb elemzést kapunk, ha a rétegvastagság nem haladja meg a szemcsék méretének négyszeresét. (Véha et al. 1998). A 100 μm alatti szemcsék eloszlásának vizsgálata a Malvern típusú optikai mérőműszerrel volt lehetséges.

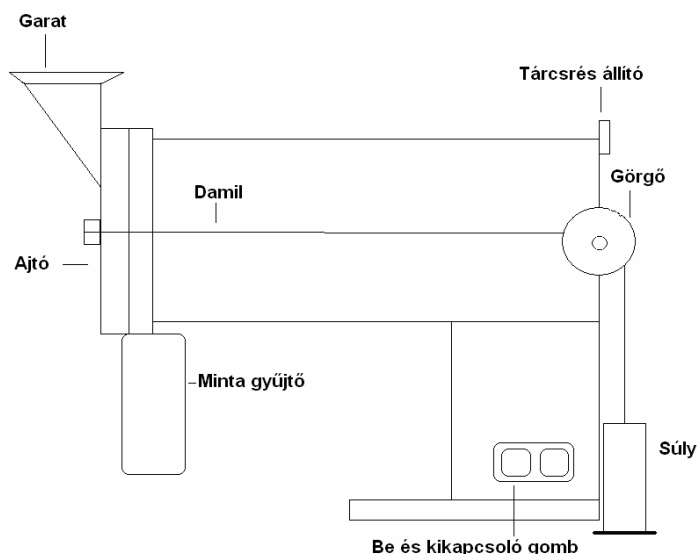
A fajlagos aprítási munka ($e_d - \text{kWh/t}$) segítségével, valamint a képződött örlemény fajlagos felületnövekedésének ($\Delta a_d - \text{cm}^2/\text{g}$) segítségével a fajlagos felületi darálási energia igény ($e_f - \text{kWh/cm}^2$) számolható:

$$e_d = e_f \cdot \Delta a_d \quad \dots(13)$$

ahol, $\Delta a_d = \bar{a}_d - \bar{a}_{0g}$ (\bar{a}_d - dara átlagos fajlagos felülete (cm^2/g); \bar{a}_{0g} - az egész gabonaszem aprítás előtti fajlagos felülete (cm^2/g)).

Méréseink során az e_f -et fogjuk mintáinknál alkalmazni.

A mért teljesítményértékekből kivontuk a daráló üresjáratú teljesítményét, valamint mértük és kiszámítottuk a daráló súrlódási teljesítményét a 19. ábrán látható mérési elrendezéssel. Ennek során mértük az álló és a forgó rész közötti nyomást a normál erő kiszámítása céljából.



19. ábra: A súrlódási teljesítmény méréséhez átalakított daráló

A két tárcsa közötti nyomást úgy határoztuk meg, hogy daráló elülső kinyitható részénél (ajtó, ahol az álló tárcsa van) a kilincsre egy damilt rögzítettünk, míg a damil másik végére egy tálcát a súlynak. A méréskor a súlyokból le kell venni, addig, míg az ajtó nem mozdul kifelé. Célszerű az ajtó elé egy csavaros ütközőt szerelni, hogy indításkor az ajtót lehessen mereven zárni, mert indításkor valószínűleg nagyobb lesz a nyomás a tárcsák között. Meg kell határozni a súly értékét a különböző résbeállításoknál, amikor az ajtó már mozdulna kifelé. A daráló súrlódási teljesítményéhez alkalmazott képlet a következő:

$$P_s = \mu * g * 19$$

...(Sitkei) (14)

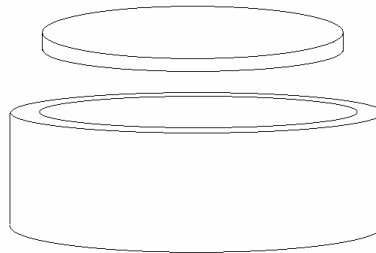
Ahol, g = a tálcán lévő súlyok tömege N-ban, $\mu = 0,5$ (az örlemény egymás közötti súrlódási tényezője).

3.2.4. Ödométeres mérés

Az anyagok tömörítésekor – akár tömörítőhengerben, akár préscsatornában is történik – a dugattyú alatti térben a nyomás nem egyenletes. Ennek megfelelően az anyag tömörsége (térfogatsúlya) is változó lesz a dugattyútól való távolság függvényében. Ennek az az oka, hogy az anyag a tömörítő teret körülvevő falakon súrlódik, s a súrlódási erő csökkenti az anyagban fellépő tengely irányú nyomást. Ez a hatás lényegesen csökkenthető, ha az ödométer magassága viszonylag kicsi az átmérőjéhez viszonyítva.

A fenti feladatra ödométert alakítottunk ki, melynek főbb méretei a következők (20. és 21. ábra):

- Henger átmérője: 200 mm
- Henger magassága: 50 mm
- Rész a dugattyú és a henger között: 0,5 mm



20. ábra: Ödométer vázlatrajza

Az ödométeres mérések előtt többféle minta előkészítési eljárást is kipróbáltunk az ismételhetőség biztosítása céljából, melyek a következők voltak:

1. minta előkészítési eljárás: - kézi elsimítás, fedél forgatás
2. minta előkészítési eljárás: - kézi elsimítás, fedél forgatás

+ előterhelés 500-600 N 5 percig,

- kézi elsimítás, fedél forgatás

+ előterhelés 500-600 N 5 percig

+ 5 perc pihentetés

3. minta előkészítési eljárás: - kézi elsimítás, fedél forgatása

+ vibrálás 30 / 5 perc

4. minta előkészítési eljárás: - kézi elsimítás, fedél forgatása

+ vibrálás 30 / 5 perc

+ előterhelés 500-600 N 5 percig

+ 5 perc pihentetés

Az alkalmazott mérési módszer kvázi-statikus, amelynek során a halmaz összenyomhatóságát mérjük. A mérés előtt a vibrációs tömörítést azért tartottuk fontosnak, mert szemcsés halmaznál a szemcséket rezgésbe hozza a vibráló eszköz, a súrlódás csökken, a szemek közötti hézagok egyenletesen kitöltődnek. Lényeges paraméterek: a rezgés amplitúdója (1,5mm) és a frekvencia (50 Hz).



21. ábra: Ödométeres mérési összeállítás

A mérés elvégzéséhez kemény és puha mintákat választottunk ki. A méréseket Gödöllőn a Mezőgazdasági Gépesítési Intézet Instron 5581 berendezésén végeztük el, hiszen a halmazban történő vizsgálatokhoz sokkal nagyobb erőre van szükség, mint egyetlen szem méréséhez. Ez a berendezés 50 kN-t tud kifejteni.

3.2.5. Szemkeménység meghatározása NIR műszerrel

A jelenlegi gyakorlatban a közeli infravörös tartományt felhasználó spektroszkópiai technikák közül a reflexiós (Near-infrared Reflectance, NIR), és a transzmissziós (Near-infrared Transmittance, NIT) vizsgálati módszerek terjedtek el széles körben. Reflexiós mérési elrendezés esetén a mintáról visszaverődő fény intenzitását mérik az 1100-2500 nm

hullámhossztartományban. Transzmissziós mérési elrendezésnél a fény áthatol a mintán, és az átértékelte fény intenzitását detektálják, ezért a méréseket a nagyobb frekvenciájú tartományban (800-1100 nm) végzik. Ma már rutinszerűen alkalmazzák ezen technikákat olyan biológiai eredetű nyersanyagok minőségi paramétereinek vizsgálatára, mint a búza vagy az árpa nedvesség-, ill. fehérjetartalmának, vagy más makrojellemzőinek meghatározása, sőt a fejlődő adatfeldolgozási eljárások lehetővé teszik az egyes funkcionális tulajdonságok vagy gyártásközi paraméterek (pl. technikai szemkeménység, lisztkitermelés, vízfelvevő-képesség) analízisét is. Körültekintő és rendszeres kalibráció esetén a módszer gyors, olcsó és megfelelő pontosságú adatokat szolgáltat a gyakorlat számára. (Windham, 1993).

A közeli infravörös spektroszkópiai technika a minta és az infravörös fotonok kölcsönhatását használja fel, ekkor a fénykvantum hatására a molekulák rezgési állapotai gerjesztődnek, eközben a fotonok egy része elnyelődik (abszorpció), reflektálódik (visszaverődik), más része áthalad a mintán (transzmisszió), és bizonyos része más utat jár be (pl. szóródik, elhajlást szenved).

Perten Inframatic 8611 jellemzői:

- Közeli infravörös hullámhossz-tartományban reflexiós (NIR) mérés, 11 vagy 20 szűrővel.
- Cserélhető mintatartó edények
- Termosztát a műszer üzemi hőmérsékletének beállítására
- Hullámhossz: ~500-2350 nm
- Mérés ideje: 30 másodperc
- Beépített nyomtató és klaviatúra
- Laboratóriumi telepítésű készülék, speciális feltételeket nem igényel.
- RS232 interfész számítógépes csatlakozáshoz.



22. ábra: Perten Inframatic 8611 típusú spektroszkópos műszer képe

3.2.6. Búzaminták nedvességtartalmának meghatározása

A minták nedvességtartalmát MSZ 6367/3-83 alapján határoztuk meg.

3.2.7. Laboratóriumi lisztgyártás

A laboratóriumi lisztgyártás két célt szolgált: egyrészt meghatározni a búzák lisztkihozatalát, amelyet kiörlésnek vagy lisztfajlagnak is szokás nevezni, másrészt pedig a lisztek beltartalmi jellemzőinek meghatározása szabványos vizsgálatok végzésével. *A vizsgálat menete:*

- meghatározzuk a megtisztított gabona nedvességtartalmát szárítószekrényes módszerrel,
- az őrlés előtt 16 órával 15,5%-os nedvességtartalomra nedvesítjük a búzát, majd szobahőmérsékleten pihentetjük,
- az őrlés során liszt 1, liszt 2, finom korpa ill. goromba korpa frakciókat választunk szét, majd a képződött liszteket és korpákat digitális mérlegen lemérjük, a liszthozamot (kiörlést) a kapott lisztek, valamint az őrlött gabona mennyiségi arányából kapjuk.

Brabender Quadrumat® Senior típusú malom

Az őrlést Brabender Senior típusú labormalommal végeztük (23. ábra). A berendezés 4 fő szerkezeti egységre tagolható: szitára, vázra, törető hengerekre és őrlőhengerekre. Elméletileg 65-75% közötti lisztkihozatalra képes. A malom hengersorai fixek, hengerei rovátkoltak, négy henger három fokozatban őrli a búzát. Az első hengerson a kisebb rovátkaszám következtében gorombább őrletet adott, melyet a szitaoszlop alsó részére vezettünk. A lisztet a 150 μ m-es lyukátmérőjű szitákon való átesésével nyertük. A 150 μ m-es lisztek átmeneteit, a dara és derce frakciókat továbbvezettük a második hengersorra, melynek hengerei sűrűbb rovátkolásúak, ezért finomabb őrleést végeznek. A 150 μ m-es lisztkereten áteső liszt (finomabb, de sötétebb) összevezethető az előző liszttel. Az első hengerson történt őrleés magas lisztkihozatala miatt megengedhető volt, hogy a sötétebb lisztet (nagyobb héjtartalmút) ne vezessük össze a fehér liszttel. A nagyobb héjtartalom ugyanis zavarhatja a tészta alveográfval mért nyújthatósági paraméterét. Az alveográfos mérésekhez ezért csak a fehér lisztet használtuk fel.



23. ábra: A Brabender Quadrumat® Senior típusú malom

3.2.8. Liszt és tésztavizsgálatok

3.2.8.1. Lisztminták sikérvizsgálatai

A minták sikérvizsgálatait az MSZ 6368/5-87 alapján végeztük azzal a kiegészítéssel, hogy a gépi mosást követő kézi utánmosást a PERTEN Glutomatic berendezés használatával helyettesítettük. A kimosott sikér víztelenítésére a mérőrendszerhez tartozó centrifugát használtuk, így ezzel lehetőség nyílt a nedvessikér mennyiségén kívül a glutén index meghatározására is. Ezen kívül vizsgáltuk a sikér területkenységet, majd a sikér GLUTORK sikérsütő berendezéssel történő szárítása után a száraz sikér mennyiségét.



24. ábra: Pertem Glutomatic

3.2.8.2. Lisztminták vízfelvevő képességének és sütőipari értékének vizsgálata

A minták fajlagos vízfelvevő képességét és sütőipari értékét az MSZ 6369/6-1988 alapján Valorigráffal vizsgáltuk. A kapott valorigram alapján a következő jellemzőket határoztuk meg:

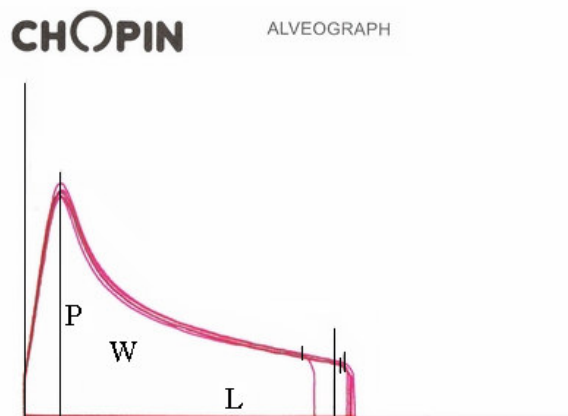
- fajlagos vízfelvevő képesség: VFK (%): Az 500 VE konzisztenciájú tészta kialakulásához szükséges vízmennyiség lisztre vonatkoztatott %-ban kifejezve. A valorigram felvételénél adagolt vízmennyiséget előzetes kísérleti mérésekkel állapítjuk meg.
- MSZ tészta kialakulási idő (perc): A vízadagolás kezdetétől a maximális konzisztencia eléréséig eltelt idő.
- MSZ stabilitási idő (perc): A maximális konzisztencia elérésétől a csökkenés kezdetéig tartó idő.
- MSZ ellágyulás (VE): A vízadagolás kezdetétől számított 15 perc elteltével a maximumhoz képest mért konzisztencia csökkenés.
- MSZ tészta erősség (nyújthatóság) (VE): A konzisztencia maximumnál mérhető sávszélesség.
- MSZ sütőipari értékszám és értékcsoport: A diagram leszálló ágának középvonala, a konzisztencia maximum vonala, valamint a 15 perces vizsgálati idő végének vonala által bezárt közel háromszög alakú terület nagyságából táblázat alapján származtatható érték, mely annál nagyobb, minél kisebb mértékű a tészta ellágyulása, azaz minél kisebb a mért terület.

3.2.8.3. Alveográfós téstvizsgálat

Az alveográf a tésztanyújtással szembeni ellenállást méri, valamint a nyújtás mértékét, adott körülmények között. A liszt víztartalmától függően, konstans vízmennyiség adagolásával (de a liszt vízfelvevő képességét figyelmen kívül hagyva) 2,5%-os NaCl - oldattal készíti a tésztát, majd pihentetés után a tésztakorongot kéttengelyű nyújtásnak teszi ki. Eközben a buborék belsejében fellépő nyomásváltozás manométerrel összekötött írószerkezet regisztrálja (AACC No. 54-30). Ez az eljárás tulajdonképpen a biológiai vagy a kémiai folyamatokból származó gáznyomás tésztadeformáló hatását utánozza, illetve alkalmazza (Khattak, 1974). Az alveográfós méréseket az ISO 5530/4-1983 szabvány alapján végeztük.

Az eredmények megismételhetőségének érdekében a tésztát 5 részre osztottuk, így a rekorder papíron a műszer 5 görbét regisztrált. Ha az egyik görbe jelentős eltérést mutat a többitől (pl. hamarabb szétpukkan a buborék), akkor nem vesszük figyelembe. Az 5 görbéből egy

átlaggörbét kell készíteni, mivel reológiai állandókat meghatározni élelmiszeripari anyagok, így tézsta esetében is igen nagy nehézségekbe ütközik (Abramczky 1997).



25. ábra: Alveogram a jellemző értékek feltüntetésével, ahol:
P: szívósság (mm), L: nyújthatóság (mm), W: deformációhoz szükséges munka (J)
(Bettge et al. 1989)

3.2.9. Alkalmazott statisztikai módszerek

A korreláció- és regresszió- számítás során arra keressük a választ, hogy egy adott állapot milyen tényezők hatására jött létre, az egyes tényezők milyen mértékben befolyásolják a jelenség alakulását, a tényezők milyen szoros kapcsolatban vannak egymással. Az értékelésekhez STATISTICA for Windows 6. (StatSoft Inc. USA) és EXCEL táblázatkezelő programot használtunk.

3.2.9.1. Leíró statisztika

A leíró statisztika azzal foglalkozik, hogy egy adott, meghatározott elemekből álló információhalmazt kiértékeljen.

Átlag: Az értékek összege osztva az elemszámmal.

Szórás: A variancia négyzetgyöke.

Variancia: A szóródás egyik leggyakoribb mérőszáma, „kvadratus középérték”. A középértéktől való eltérések négyzetének középértéke. Torzítatlan becslése n elem esetén a négyzetes eltérések összege $(n-1)$ -el elosztva.

3.2.9.2. Korrelációanalízis

A korreláció különböző folyamatok, jelenségek és ezeket leíró mennyiségek közötti összefüggés. A biometriában a korreláció kifejezést a statisztikus jellegű összefüggésekre alkalmazzák, olyan összefüggésekre, amikor egyes folyamatok statisztikus viselkedését más folyamatok módosítják. A két változó között fennálló kapcsolatot a korrelációs együttható fejezi ki. (www.agraroldal.hu/korrelacio_szotar.html) Attól függően, hogy egyszerre hány változó kapcsolatát vizsgáljuk, beszélhetünk két-vagy többváltozós korreláció illetve regressziószámításról. Az utóbbi esetben a korrelációt *többszörös korrelációnak* nevezzük. Meghatároztuk a determinációs tényezőt is, mely az egyik intervallumváltozónak egy másik intervallumváltozóval való függvénykapcsolatának erősségére jellemző statisztikai mérték. Az R^2 a többszörös determinációs együttható arra ad választ, hogy a tényezőváltozók együtt milyen hányadban (hány %-ban) magyarázzák az eredményváltozó varianciáját.

3.2.9.3. Varianciaanalízis

A varianciaanalízis több, azonos szórású, normális eloszlású populáció átlagának az összehasonlítására szolgáló módszer, amelyet ANOVA néven is emlegetnek az angol elnevezés betűinek rövidítéseként (*Analysis of Variance*).

Az egyszempontos variancia analízisben ugyanazt a jellemzőt több csoport egyedein meghatározva, a mérés csoportonkénti átlagait meghatározzák. A módszerrel azt vizsgálják, hogy valamilyen mintacsoport bizonyos szempont alapján szétválasztott alcsoportjai szignifikánsan különböznek-e egymástól. Az összes megfigyelt adatot egyetlen közös alapsokaság mintájának tekintik. Az adatokból becsülhető a közös szórásnégyzet, a közös variancia. A varianciaanalízis a teljes adathalmaz össz-szóródását (pontosabban összvarianciáját) vizsgálja abból a szempontból, hogy azt csupán a véletlen ingadozás okozza-e, vagy ahhoz valamilyen más tényező, pl. a csoportok átlagai közötti különbség is hozzájárul (Makara 2002). Az alcsoportok átlagértékei és a hozzá tartozó többszörös összehasonlításánál kijelölt konfidencia intervallumok alapján állapítható meg, hogy az alcsoportok szignifikánsan különböznek-e egymástól (Sváb 1979).

3.3. Kísérleti anyagok, módszerek és műszerek összefoglaló áttekintése

Az alkalmazott kísérleti anyagokról, módszerekről és a műszerekről a 8. táblázatban adunk átfogó áttekintést.

8. táblázat: A kísérleti minták, módszerek és műszerek összefoglaló áttekintése

Mért jellemzők, módszerek és műszerek	„A” jelű mintasor	„B” jelű mintasor	„C” jelű mintasor
Hardness Index (HI), Műszer: Perten SKCS 4100	√	√	√
Mechanikai jellemzők (deformációs modulus, törőerő, törőmunka), Műszer: Lloyd 1000R állománymérő	√	√	√
Fajlagos felületi darálási energiaigény (mWh/cm ²), Berendezés: Perten 3303 daráló	-	√	-
NIR szemkeménység, Műszer: Perten Inframatic 8611	√	-	-
Erő-deformáció összefüggése Műszer: Instron 5581 és saját kialakítású ödométer	√	-	-
Búzaminták nedvességtartalma (%), MSZ 6367/3-83 szerint	√	√	√
Kiőrlés (%), Eszköz: Brabender Quadrumat® Senior malom	√	√	√
Nedvessikér (%), Műszer: Perten Glutomatic	√	√	√
Vízfelvevő képesség (%), Műszer: Valorigráf	√	√	√
P: szívósság (mm), L: nyújthatóság (mm), W: deformációhoz szükséges munka (J), Műszer: Chopin Alveográf	√	√	√

4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉS

Az eredmények tényleges értékelésének megkezdése előtt a következőkben bemutatjuk az egyes mintahalmazokkal végzett bizonyos kísérletek fontosabb eredményeit. A további eredményeket részben az értékelés során a 4.1., 4.2., 4.3., 4.4. és 4.5. fejezetekben, valamint a mellékletekben ismertetjük.

Az „A” jelű mintasorral nyert eredmények

A „A” jelű mintasorral (az ún. „légszáraz tételek”-kel) végzett vizsgálatok során mért jellemzőket, a módszereket és az azokhoz használt műszereket a 3. fejezetben mutattuk be részletesen, átfogó ismertetésüket pedig a 8. táblázat tartalmazza. A mérések előtt természetesen meghatároztuk a búzaminták nedvességtartalmát is. A minták átlagos nedvességtartalma 10,59 % volt, így ezt a mintasort „légszáraz” mintasornak tekintettük. Ez a mintahalmaz a Perten SKCS 4100 típusú műszerrel mért Hardness Index és a szegedi Gabonatermesztési Kutató Közhasznú Társaság besorolása szerint egyaránt hat puha és hat kemény indexű búzaminta tételt tartalmazott. A minták jellemzői adatait a 3. fejezetben az 5. táblázat mutatja be. A Perten SKCS 4100 típusú műszerrel mért Hardness Index és az ezerszemtömeg, valamint a Perten Inframatic 8611 típusú műszerrel mért NIR szemkeménység és nedvessikér (%) értékeket a 9. táblázat ismerteti.

9. táblázat: A Hardness Index és a NIR szemkeménység értékei, „A” jelű mintasor, („légszáraz” tételek), nedvesség tartalom: 10,59%

A tételek jelölése	Hardness Index, Műszer:Perten SKCS 4100	Ezerszem tömeg (g) Műszer: Perten SKCS 4100	NIR szemkeménység Műszer: Perten Inframatic 8611	NIR nedves siker (%) Műszer: Perten Inframatic 8611
A1	39	44,1	35,9	27,2
A2	40	43,7	29,9	24,8
A3	24	45,5	32,6	24,6
A4	45	43,0	39,5	27,7
A5	46	46,7	36,2	26,9
A6	38	43,8	38,0	30,3
A7	71	48,1	80,0	26,7
A8	72	47,3	88,7	27,9
A9	85	43,5	85,9	28,5
A10	77	47,8	81,6	27,9
A11	80	44,1	83,0	28,8
A12	91	45,1	87,6	25,8

A Lloyd 1000 R típusú állományvizsgáló műszerrel a szemek függőleges és vízszintes helyzetében végzett kvázi-statikuss mérés eredményeit részletesen az **M8** és **M9** melléklet tartalmazza.

A „B” jelű mintasorral nyert eredmények

Ebben a vizsgálatsorozatban a búzákat átlagosan 13,52 %-ra nedvesítettük. Ez a mintahalmaz a Perten SKCS 4100 típusú műszerrel mért Hardness Index és a szegedi Gabonatermesztési Kutató Közhasznú Társaság besorolása szerint egyaránt négy puha és hét kemény indexű búzaminta tételt tartalmazott. A kvázi-statikuss mérési eljárással mértük a szemek mechanikai jellemzőit, valamint nem maradtak el a lisztvizsgálatok sem. A minták jellemzői adatait a 3. fejezetben a 6. táblázat mutatja be.

A Perten SKCS 4100 típusú műszerrel mért Hardness Index és a Perten 3303 típusú darálóval mért fajlagos felületi darálási energiaigény értékeket a 10. táblázat ismerteti.

10. táblázat: Hardness Index és a fajlagos felületi darálási energiaigény, „B” jelű mintasor, nedvesség tartalom: 13,52%

A tételek jelölése	Hardness Index (HI) Műszer: Perten SKCS4100	Fajlagos felületi darálási energiaigény Berendezés: Perten 3303 daráló (mWh/cm²)
B1	27	0,235
B2	36	0,245
B3	20	0,215
B4	29	0,255
B5	61	0,440
B6	57	0,435
B7	67	0,465
B8	81	0,555
B9	81	0,545
B10	81	0,535
B11	68	0,470

A Lloyd 1000 R típusú állományvizsgáló műszerrel a szemek függőleges és vízszintes helyzetében végzett kvázi-statikuss mérés eredményeit részletesen az **M10** és **M11** melléklet tartalmazza.

A „C” jelű mintasorral nyert eredmények

Ebben a vizsgálat-sorozatban a búzákat átlagosan 12,71 %-ra nedvesítettük. Ez a mintahalmaz a Perten SKCS 4100 típusú műszerrel mért Hardness Index és a szegedi Gabonatermesztési Kutató Közhasznú Társaság besorolása szerint egyaránt négy puha és hét kemény indexű búzaminta tételt tartalmazott. A kvázi-statisztikus mérési eljárással mértük a szemek mechanikai jellemzőit, valamint a lisztvizsgálatokat is elvégeztünk. A minták jellemzői adatait a 3. fejezetben a 7. táblázat mutatja be.

A Perten SKCS 4100 típusú műszerrel mért Hardness Index értékeket a 11. táblázat tartalmazza.

11. táblázat: Hardness Index értékek a „C” jelű mintasor esetén, nedvesség tartalom:12,71%

A tételek jelölése	Hardness Index (HI) Műszer: Perten SKCS 4100
C1	49,54
C2	49,15
C3	32,56
C4	46,57
C5	78,68
C5	75,29
C7	71,56
C8	70,21
C9	62,40
C10	67,68
C11	57,74

A Lloyd 1000 R típusú állományvizsgáló műszerrel a szemek függőleges és vízszintes helyzetében végzett kvázi-statisztikus mérések eredményeit részletesen az **M12** és **M13** melléklet tartalmazza.

Hipotézis

A kísérleti eredmények értékelése előtt megjegyezzük: alapvető feltételezésünk, hogy az SKCS 4100 típusú műszerrel mért Hardness Index (HI) elfogadható referencia értéknek. Erre való tekintettel a következőkben ezzel a műszerrel mért szemkeménységet tekintjük Hardness Indexnek. Ehhez a HI-hez viszonyítjuk a különböző más módszerekkel kapott eredményeket.

Ezt a feltételezésünket indokolja, hogy a Perten SKCS 4100 típusú műszerrel való Hardness Index (HI) meghatározás számos országban elterjedt és elfogadott módszer. A módszer lényege, hogy 300 db szem roppantásához szükséges erő, a szemek nedvességtartalma és az ezermag tömege alapján rövid idő alatt (3 perc) szolgáltat információt a mért tétel szemkeménységéről. Meg kell jegyezni, hogy a műszer az 50 HI alatti mintákat puha szemszerkezetűeknek tekinti, míg az 50 felettieket keménynek. Fontos továbbá, hogy az 50 körüli értékeket gyakran, mint kevert tételeket tünteti fel. Felvetődhet tehát a puha és a kemény között egy átmenetinek, vagy kevertnek nevezhető keménységi kategória szükségessége.

4.1. A mechanikai jellemzők és a Hardness Index összefüggése

A Lloyd 1000 R típusú állománymérő műszerrel végzett mérések során a deformációs modulust (E), a szemek elroppantásához szükséges törőerőt (F_t), valamint a törőmunkát (W_t) határoztuk meg.

Mivel a nedvességtartalomnak jelentős hatása van a mérési eredményekre, ezért külön tárgyaljuk az egyes mintasorokat. A kapott eredményeket a HI-szel hasonlítjuk össze, külön a szemek függőleges és a vízszintes helyzetében végzett vizsgálatok eredményeit. A diagramokban a deformációs modulus, a törőerő és a törőmunka esetében 1 pont 30 szem átlagértékét jelöli, míg a Hardness Index esetén 300 szemét.

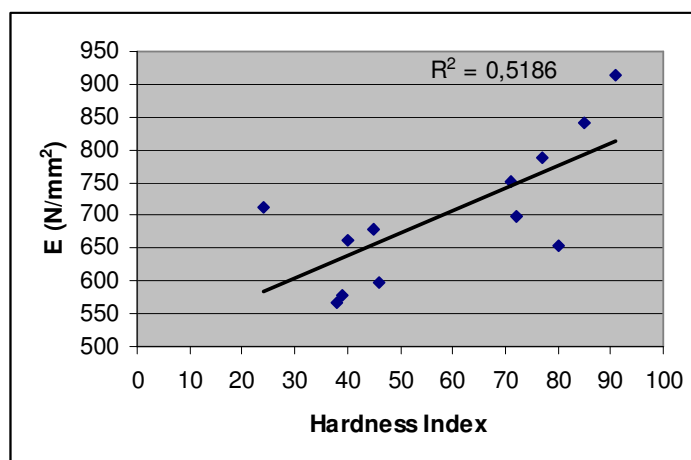
4.1.1 Mechanikai jellemzők és a Hardness Index összefüggése az „A” jelű mintahalmaznál

A vizsgálatok során az egyik legfontosabb paraméternek a búzaminták nedvesség tartalmát tekintettük. Ezen kísérletek során 10,59 % volt a minták átlagos nedvesség tartalma (szórás: 0,11).

Függőleges helyzetben végzett vizsgálatok

Deformációs modulus és a Hardness Index kapcsolata

A szemek függőleges helyzetében kapott eredmények szerint a puha szemszerkezetű búza minták esetén a deformációs modulus átlaga $632,85 \text{ N/mm}^2$, míg a kemény szemszerkezetű minták esetén $774,65 \text{ N/mm}^2$ volt. Korrelációja a Hardness Index-szel: $r= 0,720$. Az összefüggést ábrázoló egyenest a 26. ábra mutatja.



26. ábra: Deformációs modulus és a Hardness Index kapcsolata (függőleges helyzetben, nedvességtartalom: 10,59 %)

Az „A” jelű mintasorra a deformációs modulus és a HI között (függőleges helyzetben, nedvesség tartalom: 10,59%) elfogadható korrelációt kaptunk, a determinációs tényező $R^2=0,518$. A kapcsolatot leíró egyenlet az alábbi:

$$E = 3,3873 \cdot HI + 503,9 \quad (R^2=0,518) \quad \dots(15)$$

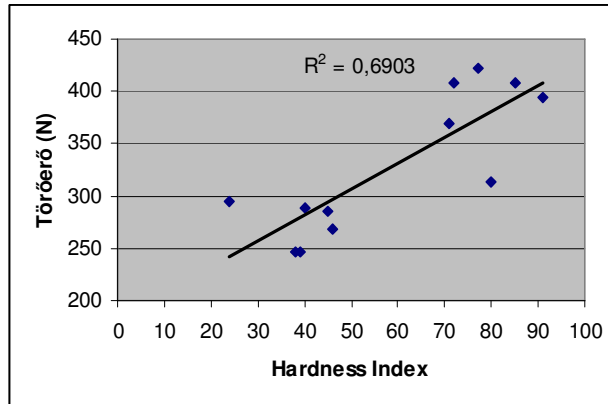
Ahol,

E: Deformációs modulus (N/mm^2)

HI: Hardness Index

Törőerő és a Hardness Index kapcsolata

A puhaszemű búzák esetén a törőerő közepes értéke 271,61 N-ra, míg a keményszeműeknél ennél lényegesen nagyobbra adódott: 385,96 N. A korrelációs koefficiens, $r= 0,830$. A 27. ábrán jól megfigyelhető a Hardness Index-szel való kapcsolat jellege és tendenciája.



27. ábra: Törőerő és a Hardness Index kapcsolata (függőleges helyzetben, nedvességtartalom: 10,59 %)

A szemek elroppantásához szükséges erő és a HI szintén elfogadható korrelációt mutat, a determinációs tényező $R^2=0,690$ (függőleges helyzetben, nedvesség tartalom: 10,59%). A kapcsolatot leíró egyenlet:

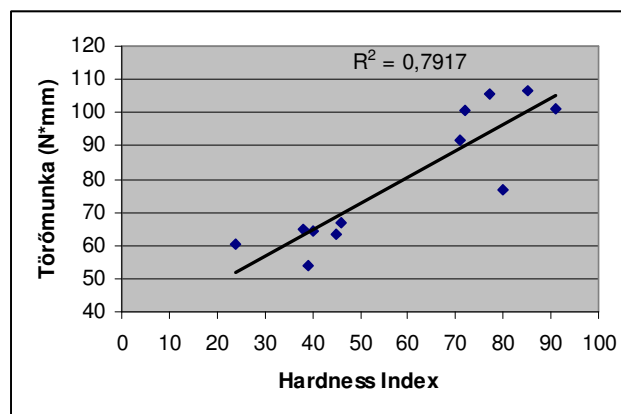
$$\text{Törőerő} = 2,4746 * \text{HI} + 1892,79 \quad (R^2=0,690) \quad \dots(16)$$

Ahol,

HI: Hardness Index

Törőmunka és a Hardness Index kapcsolata

Az „A” jelű mintasornál a törőmunkára a puha szemű búzák esetén 62,30 N*mm, míg a kemény szemszerkezetűek esetén 97,12 N*mm közepes értékeket kaptunk. Az összefüggést ábrázoló egyenes a 28. ábrán látható.



28. ábra: Törőmunka és a Hardness Index kapcsolata (függőleges helyzetben, nedvességtartalom: 10,59 %)

A változók közötti összefüggés szoros korrelációt mutat, a determinációs tényező $R^2=0,792$.

A kapcsolatot leíró egyenlet:

$$\text{Törőmunka} = 0,7896 * \text{HI} + 33,132 \quad (R^2=0,792) \quad \dots(17)$$

Ahol,

HI: Hardness Index

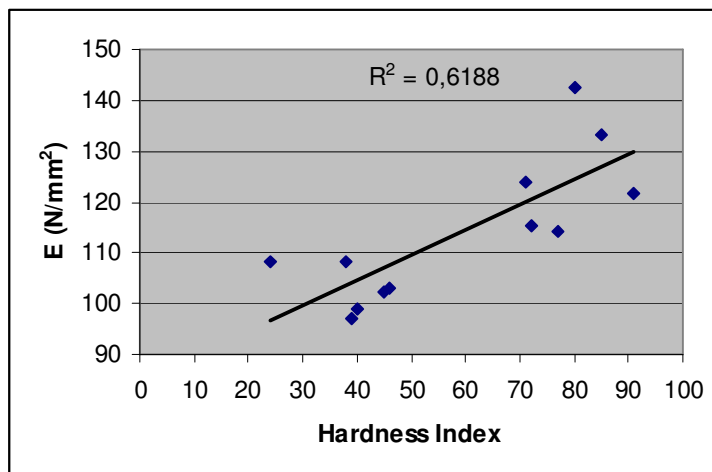
Összefoglalva megállapítható, hogy az „A” jelű búza mintasor esetén a szemek függőleges helyzetében végzett vizsgálatoknál a Hardness Index és a törőerő között elfogadható, a HI és a törőmunka között pedig szoros korrelációt kaptunk.

Vízszintes helyzetben végzett vizsgálatok

Az „A” jelű mintasorral a szemek függőleges helyzetében történő vizsgálata után a vízszintes helyzetben végzett méréseket értékeljük a következőkben.

Deformációs modulus és a Hardness Index kapcsolata

Az „A” jelű mintasor esetén a puha mintáknál a deformációs modulus átlagértéke: 102,90 N/mm², a kemény szemű mintáknál: 125,18 N/mm² volt. Az összefüggés grafikus ábrázolása a 29. ábrán látható.



29. ábra: Deformációs modulus és a Hardness Index kapcsolata
(vízszintes helyzetben, nedvességtartalom: 10,59%)

A deformációs modulus és a HI között elfogadható korrelációt kaptunk, a determinációs tényező ($R^2=0,618$).

A kapcsolatot leíró egyenlet:

$$E = 0,494 * HI + 84,893 \quad (R^2=0,618) \quad \dots(18)$$

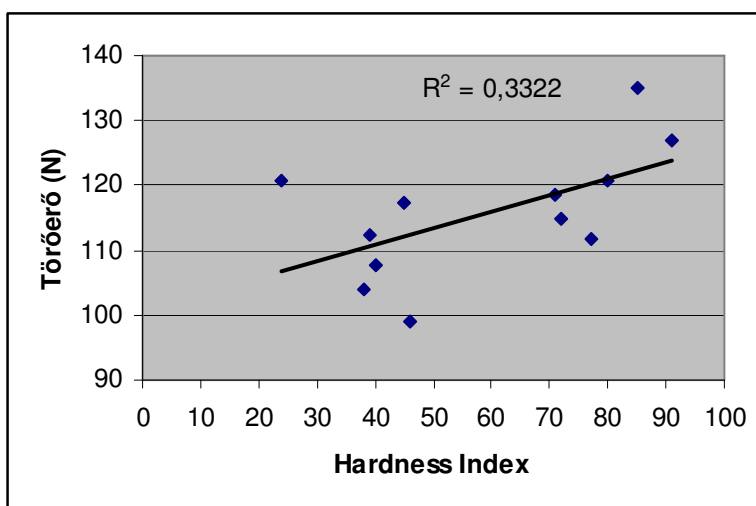
Ahol,

E: Deformációs modulus (N/mm²)

HI: Hardness Index

Törőerő és a Hardness Index kapcsolata

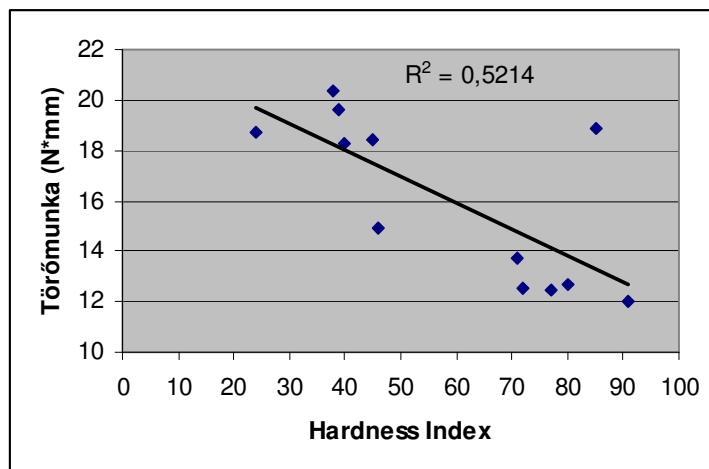
A puhaszemű búzák esetén, 110,13N, a keményszemű minták esetén, 121,34 N az átlagos törőerő értéke. A determinációs tényező értéke $R^2 = 0,332$, tehát nincs elfogadható korreláció a Hardness Index és a törőerő között. Az összefüggést a 30. ábra mutatja.



30. ábra: Törőerő és a Hardness Index kapcsolata
(vízszintes helyzetben, nedvességtartalom: 10,59%.)

Törőmunka és a Hardness Index kapcsolata

A puha szemű búzák esetén 18,37 N/mm, a kemény minták esetén, 13,70 N/mm az átlagos törőmunka értéke, tehát az csökken a Hardness Index növekedésével. Ez a csökkenő tendencia alapvetően ellentmond a többi eredménynek. Ebből megállapítható, hogy a törőmunka nem alkalmas a Hardness Index becslésére. Ennek okát további vizsgálatokkal kell majd kideríteni. Az összefüggés a 31. ábrán látható.



31. ábra: Törőmunka és a Hardness Index kapcsolata (vízszintes helyzetben, nedvességtartalom: 10,59%.)

Az „A” jelű búza mintasornál, 10,59% nedvesség tartalom mellett a vízszintes helyzetben történt vizsgálatoknál a hasi barázda zavaró hatása érzékelhető, hiszen a mérés során ennek mentén történik mindig a szemek szétnyílása, szétropanása. Ezzel az eljárással csak a deformációs modulus és a Hardness index között kaptunk elfogadható korrelációt. A törőerőre a puha és a kemény szemszerkezetű minták esetén eléggé azonos értékeket kaptunk. A törőerő kis mértékű változását a hasi barázda okozhatja. A puha szemű búzák rugalmasabbak voltak, míg a kemények rögtön elpattantak a barázda mentén az erő hatására.

Összefoglalva az „A” jelű búza mintasorral (10,59% nedvesség tartalom mellett) végzett kísérletek eredményeit, megállapítható, hogy a kis nedvességtartalom hatására a szemek elroppantásához elég nagy erő kifejtésére volt szükség. A két pozícióban történt vizsgálat során a függőleges helyzetű mérések szorosabb korrelációt adtak a Hardness Index-szel, mint a vízszintes helyzetben történt vizsgálatok.

A függőleges helyzetben történő mérés során a Hardness Index a törőerővel elfogadható korrelációt ($R^2=0,690$) mutat, míg a törőmunkával való kapcsolata szoros ($R^2=0,791$). A vízszintes helyzetű vizsgálatnál a Hardness Index és a deformációs modulus között elfogadható korrelációt ($R^2=0,618$) találtunk.

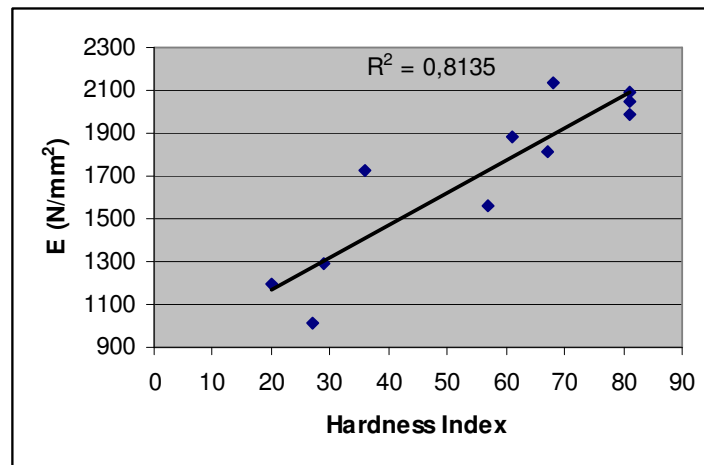
4.1.2. Mechanikai jellemzők és a Hardness Index összefüggése a „B” jelű mintahalmaznál

A „B” jelű mintahalmazban a szemek nedvességtartalma a hosszan tartó, biztonságos tárolási nedvességtartalom értékét közelítette, az 13,52 % volt (szórás: 0,43).

Függőleges helyzetben végzett vizsgálatok

Deformációs modulus és a Hardness Index kapcsolata

A függőleges helyzetben kapott deformációs modulus átlagos értéke a puha szemszerkezetű búza minták esetén 1304,77 N/mm², míg a kemény minták esetén ez az érték, 1930,76 N/mm²-re adódott. Az összefüggés grafikus ábrázolása a 32. ábrán látható.



32. ábra: Deformációs modulus és a Hardness Index kapcsolata (függőleges helyzetben, nedvességtartalom: 13,52%)

A deformációs modulus és a HI közötti szoros kapcsolatot találtunk, amit $R^2=0,813$ determinációs tényező jelez. A kapcsolatot leíró egyenlet a következő:

$$E = 15,038 * HI + 871,91 \quad (R^2=0,813) \quad \dots(19)$$

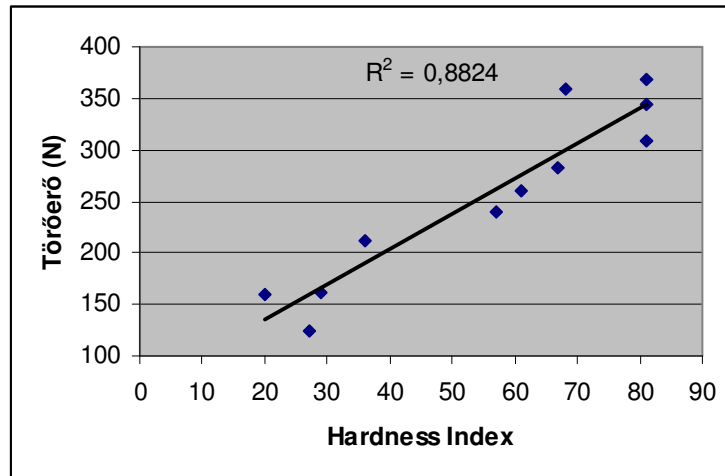
Ahol,

E: Deformációs modulus (N/mm²)

HI: Hardness Index

Törőerő és a Hardness Index kapcsolata

A puhaszemű búzák esetén: 164,34 N, kemény búzák esetén: 308,78 N a törőerő átlagértéke. A 33. ábrán jól megfigyelhető a kapcsolat jellege és tendenciája.



33. ábra: Törőerő és a Hardness Index kapcsolata
(függőleges helyzetben, nedvességtartalom: 13,52%)

A törőerő és a HI közötti szoros kapcsolatot találtunk, amit $R^2=0,882$ determinációs tényező jelez. A kapcsolatot leíró egyenlet:

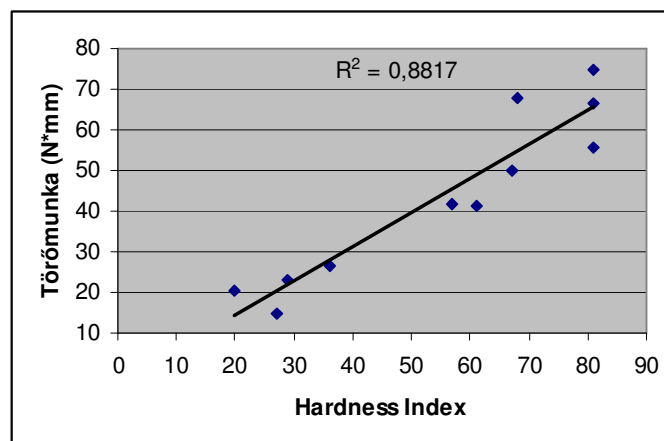
$$\text{Törőerő} = 3,4192 * \text{HI} + 67,272 \quad (R^2=0,882) \quad \dots(20)$$

Ahol,

HI: Hardness Index

Törőmunka és a Hardness Index kapcsolata

A puha szemű búzák esetén 21,34 N/mm, kemény szemű búzák esetén, 56,85 N/mm a töréshez szükséges munka átlagértéke. Az összefüggés a 34. ábrán látható.



34. ábra: Törőmunka és a Hardness Index kapcsolata
(függőleges helyzetben, nedvességtartalom: 13,52%)

A törő munka és a HI között szoros korreláció van, amit az $R^2=0,882$ determinációs tényező bizonyít. A kapcsolatot leíró reláció:

$$\text{Törőmunka} = 0,8403 * \text{HI} - 2,5049 \quad (R^2=0,882) \quad \dots(21)$$

Ahol,

HI: Hardness Index

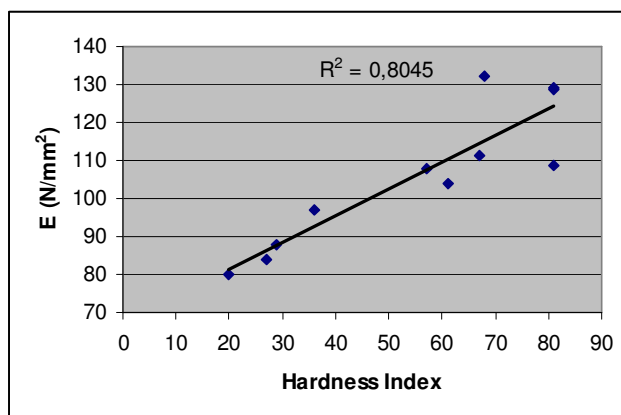
A „B” mintahalmazzal a szemek függőleges helyzetében végzett vizsgálatok eredményeként szoros korrelációt találtunk a Hardness Index és a mechanikai jellemzők – a deformációs modulus, a törőerő és a törőmunka - között.

Vízszintes helyzetben végzett vizsgálatok

A „B” jelű mintahalmazzal a szemek vízszintes helyzetében is végeztünk vizsgálatokat, ezeket a következőkben értékeljük.

Deformációs modulus és a Hardness Index kapcsolata

A puha minták esetében a deformációs modulus átlagértéke: $87,14 \text{ N/mm}^2$, a kemény mintáké $117,40 \text{ N/mm}^2$. Az összefüggés grafikus ábrázolása a 35. ábrán látható.



35. ábra: Deformációs modulus és a Hardness Index kapcsolata (vízszintes helyzetben, nedvességtartalom: 13,52%)

A deformációs modulus és a Hardness Index között szoros korrelációt kaptunk, amit az $R^2=0,804$ determinációs tényező jellemez. A kapcsolatot leíró egyenlet:

$$E = 0,705 * \text{HI} + 67,382 \quad (R^2=0,804) \quad \dots(22)$$

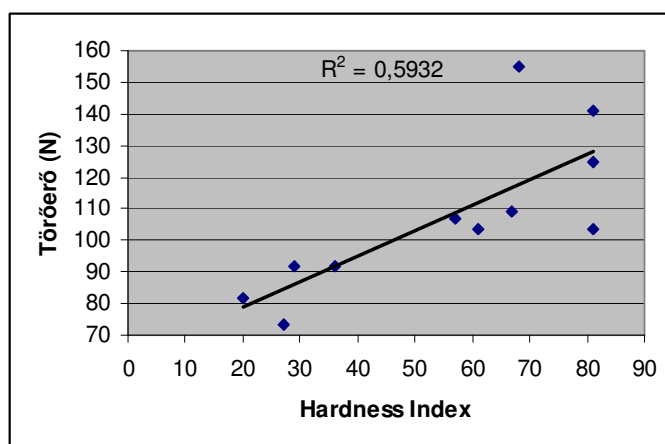
Ahol,

E: Deformációs modulus (N/mm²)

H: Hardness Index

Törőerő és a Hardness Index kapcsolata

A puhaszemű búzák esetén: 84,64 N, kemény búzák esetén: 120,55 N átlagértékek adódtak a törőerőkre. Az összefüggést ábrázoló egyenest a 36. ábra ábrázolja.



36. ábra: Törőerő és a Hardness Index kapcsolata (vízszintes helyzetben, nedvességtartalom: 13,52%)

A HI és a törőerő között elfogadható korrelációt kaptunk, amit az $R^2=0,593$ determinációs tényező jellemez. A relációt bemutató egyenlet a következő:

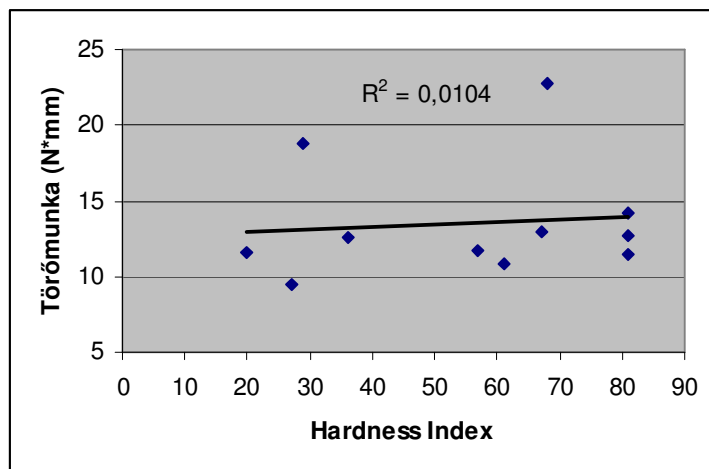
$$\text{Törőerő} = 0,8106 * \text{HI} + 62,691 \quad (R^2=0,593) \quad \dots(23)$$

Ahol,

HI: Hardness Index

Törőmunka és a Hardness Index kapcsolata

A puha szemű búzák esetén 13,12 N/mm, kemény szemű búzák esetén, 13,77 N/mm a törőmunka átlagértéke. Az összefüggést a 37. ábra mutatja.



37. ábra: Törőmunka és a Hardness Index kapcsolata
(vízszintes helyzetben, nedvességtartalom: 13,52%)

A 37. ábra szerint a törő munkában nincs egyértelmű változás a HI függvényében, tehát nincs elfogadható korrelációt a törőmunka és a HI között.

Az „A” jelű mintasor esetén (nedvességtartalom: 10,59 %) a függőleges helyzetben végzett vizsgálatok során a törőerő és a törőmunka elfogadható korrelációt mutatott a Hardness Index-szel, ezért ez a két jellemző alkalmas lehet a puha és a kemény tételek szétválasztására. Vízszintes helyzetben végzett vizsgálatok esetén csak a deformációs modulus mutatott elfogadható korrelációt a Hardness Index-szel.

A „B” jelű mintasorral (nedvességtartalom: 13,52 %) függőleges helyzetben végzett kísérletek eredményei szerint mind a három mechanikai paraméter (deformációs modulus, törőerő és a törőmunka) alkalmas a minták Hardness Index szerinti megkülönböztetésére. A szemek vízszintes helyzetében végzett vizsgálatok eredményei alapján csak a deformációs modulus és a Hardness Index között találtunk szoros korrelációt.

Összefoglalásként megállapítható, hogy szemek függőleges és vízszintes helyzetében végzett vizsgálatok közül a függőleges helyzetű mérések adják a szorosabb korrelációt a Hardness Index-szel. Vízszintes helyzetben csak a 13,52%-os nedvességtartalom értéknél elvégzett mérések alkalmasak a különböző tételek HI szerinti osztályozására, de csak a deformációs modulus alapján. A vízszintes helyzetben történő mérés esetén a már említett hasi barázda zavarja mérést.

A 12. és 13. táblázatban a mechanikai jellemzők Hardness Index-szel való kapcsolatait jellemző determinációs tényezőket tüntettük fel.

12. táblázat: A Hardness Index és a mechanikai jellemzők kapcsolatára jellemző determinációs tényező (R^2) (függőleges helyzetben végzett mérés)

	„A” jelű mintasor (10,59%)	„B” jelű mintasor (13,52%)
Deformációs modulus	0,52	0,81
Törőerő	0,69	0,88
Törőmunka	0,79	0,88

13. táblázat: A Hardness Index és a mechanikai jellemzők kapcsolatára jellemző determinációs tényező (R^2) (vízszintes helyzetben végzett mérés)

	„A” mintasor (10,59%)	„B” mintasor (13,52%)
Deformációs modulus	0,62	0,80
Törőerő	0,33	0,59
Törőmunka	0,52	0,01

A 12. és 13. táblázatokból látszik, hogy a „B” jelű mintasorral függőleges helyzetben végzett méréskor mindhárom mechanikai jellemző (deformációs modulus, a törőerő, és a törőmunka), míg a vízszintes helyzetben csak a deformációs modulus alkalmas a minták különválasztására. Ebben az utóbbi esetben a törőerő és a törőmunka esetén nincs elfogadható korreláció a Hardness Index-szel. Javasolható a szemek vízszintes helyzetében történő mérés további részletes vizsgálata és elemzése a jelenleginél nagyobb mintahalmazokkal.

A „B” jelű mintasor esetén megvizsgáltuk, hogy a szemek függőleges és vízszintes helyzetében végzett vizsgálatok eredményei között milyen korrelációkat találhatunk. Ezek közül a deformációs modulusok (vízszintes, függőleges) között 0,824, míg a törőerők (vízszintes, függőleges) között 0,842 determinációs tényező adódott. A törőmunkák (vízszintes, függőleges) esetén a determinációs tényező 0,5-nél kisebb értékre adódott.

4.1.3. Keménységi osztályok kialakítása

Az egyes búzafajták keménység szerinti értékeléséhez, *keménységi osztályok* kialakítása célszerű. Saját mérési tapasztalatunk alapján, valamint a kereskedelmi gyakorlatot segítve három osztályt alakítottunk ki (puha, átmeneti, kemény). A Perten SKCS 4100 készüléknél is, kevert tételeknél megjelenhet a harmadik, úgynevezett átmeneti megnevezés.

Mivel a kvázi-statikus mérések során arra a következtetésekre jutottunk, hogy a nagyobb nedvességtartalmú tételek („B” jelű mintasor), és azon belül is a függőleges helyzetben történő vizsgálatok eredményei szorosabb és jobb korrelációt mutatnak a Hardness Index-szel, ezért először ezekre vonatkozóan mutatjuk be az eredményeket. Ezt követően a keménységi osztályok határértékének kialakítását az „A” jelű mintasorra is kidolgoztuk, a függőleges helyzetű vizsgálatok esetére. Az osztályok kialakításánál 330 szemet vizsgáltunk az egyes nedvességtartalom értékeknél.

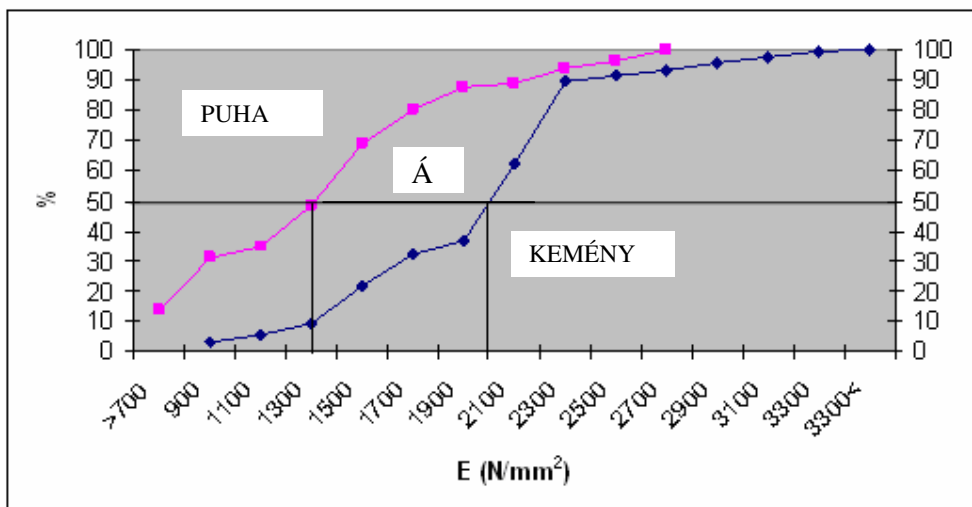
A kapott eredmények értékeléséhez eloszlás függvényt készítettünk, így segítve az osztályokba történő besorolást. Az eloszlás függvényeket bemutató ábrákból leolvasható, hogy a kapott mechanikai jellemzők (deformációs modulus, törőerő, törőmunka) alapján mi a valószínűsége annak, hogy a vizsgált búzatétel puha, átmeneti vagy kemény, azaz melyik keménységi kategóriába tartozik. A kategória határokat úgy alakítottuk ki, hogy az eloszlás függvényeken az 50%-os valószínűségnél meghúzva a vízszintes vonalat, majd ahol metszette a görbét, a metszéspontból vonalat levetítve az x tengelyre, leolvastuk a határértékeket. Az így meghatározott kategóriák megkönnyítik a gyakorlat számára az osztályba sorolást.

Függőleges helyzetben történő vizsgálatok:

„B” jelű mintasor (nedvességtartalom: 13,52 %)

Az egyes mechanikai jellemzők eloszlás függvényét a szemek függőleges helyzetében végzett mérések eredményeire a 38., 39. és 40. ábrán mutatjuk be.

Deformációs modulus



38. ábra: Deformációs modulus eloszlás függvénye, „B” jelű mintasor, nedvességtartalom: 13,52%, függőleges helyzetű vizsgálatok (Á – átmeneti)

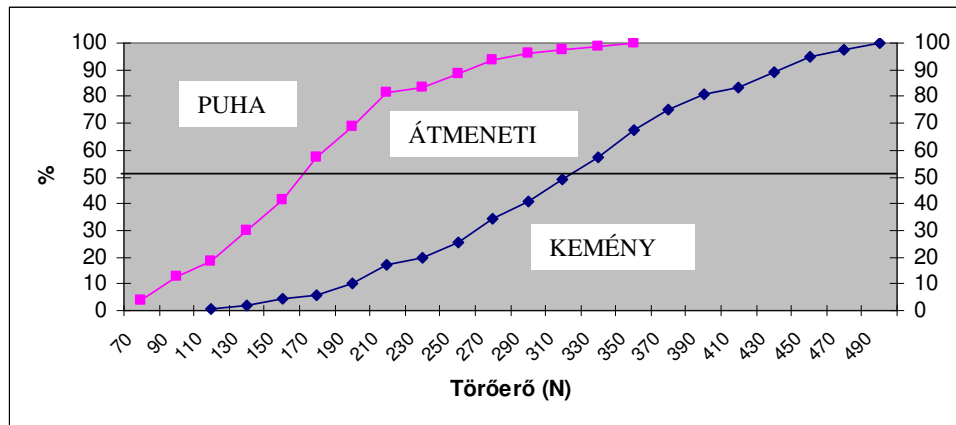
Az 38. ábra eredményeiből a deformációs modulus eloszlás függvénye szerint „puha”, „átmeneti” és „kemény” kategóriákba soroltuk a mintákat. Ennek az eredményét a 14. táblázat tartalmazza.

14. táblázat: Keménységi kategóriák a deformációs modulus eloszlás függvénye alapján, „B” jelű mintasor, nedvességtartalom: 13,52%, függőleges helyzetű vizsgálatok

Értékhatar (N/mm ²)	Keménységi osztály
<1400	PUHA
1400-2100	ÁTMENETI
2100<	KEMÉNY

Törőerő

A 39. ábra a törőerő eloszlás függvényét mutatja.



39. ábra: Törőerő eloszlás függvénye, „B” jelű mintasor, nedvességtartalom: 13,52%, függőleges helyzetű vizsgálatok

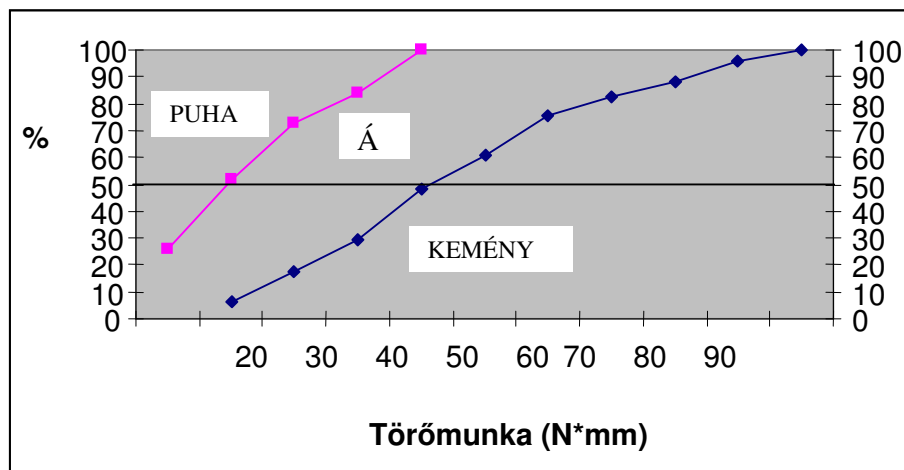
Az 39. ábra eredményeiből a törőerő eloszlás függvénye szerint „puha”, „átmeneti” és „kemény” kategóriákba soroltuk az egyes mintákat. Ennek az eredményét a 15. táblázat mutatja.

15. táblázat: Keménységi kategóriák a törőerő eloszlás függvénye alapján, „B” jelű mintasor, nedvességtartalom: 13,52%, függőleges helyzetű vizsgálatok

Értékhatár (N)	Keménységi osztály
<170	PUHA
170-320	ÁTMENETI
320<	KEMÉNY

Törőmunka

A törőmunka eloszlás függvényét a 40. ábra mutatja.



40. ábra: Törőmunka eloszlás függvénye, „B” jelű mintasor, nedvességtartalom: 13,52%, függőleges helyzetű vizsgálatok (Á – átmeneti)

Az 40. ábra eredményeiből a törőerő eloszlás függvénye alapján „puha”, „átmeneti” és „kemény” kategóriákba soroltuk a mintákat. Ennek eredményét a 16. táblázat mutatja.

16. táblázat: Keménységi kategóriák a törőmunka eloszlás függvénye alapján, „B” jelű mintasor, nedvességtartalom: 13,52%, függőleges helyzetű vizsgálatok

Értékhatár (N*mm)	Keménységi osztály
>15	PUHA
15-45	ÁTMENETI
45<	KEMÉNY

A „B” mintahalmazra az SKCS4100 típusú műszerrel meghatározott Hardness Index értékekből megállapított keménységi osztályokat összehasonlítottuk a Lloyd 1000 R típusú állománymérővel mért mechanikai jellemzőkből képzett keménységi kategóriákkal. Ennek az eredményét a „B” jelű mintahalmaz egyes tételeire puha (P), átmeneti (Á) és kemény (K) keménységi értékekkel jellemeztük a 17. táblázatban. A táblázatban a 38., 39. és 40. ábrabeli eloszlás függvény szerinti 50 %-os értéket vettük alapul.

17. táblázat: A keménységi osztályok összehasonlítása (P - puha, Á - átmeneti, K-kemény), „B” jelű mintasor, függőleges helyzetben

A tételek jelölése	SKCS 4100 típusú műszerrel mért Hardness Index alapján	Deformációs modulus (N/mm ²) alapján	Törőerő (N) alapján	Törőmunka (N*mm) alapján
B1	P	P	P	P
B2	P	Á	Á	P
B3	P	P	P	P
B4	P	P	P	P
B5	K	Á	Á	Á
B6	K	Á	Á	Á
B7	K	Á	Á	K
B8	K	Á	K	K
B9	K	Á	K	K
B10	K	Á	K	K
B11	K	K	K	K

11 különböző, átlagosan 13,5% nedvességtartalmú szemeket tartalmazó – 4 puha és 7 kemény – búzahalmaz SKCS 4100 típusú mérőműszerrel meghatározott Hardness Index szerinti keménységi osztályok (puha, kemény), valamint a kompressziós eljárással függőleges helyzetben mért deformációs modulus, törőerő és a törőmunka alapján kialakított keménységi osztályok (puha, átmeneti, kemény) között, a következő összefüggéseket találtuk:

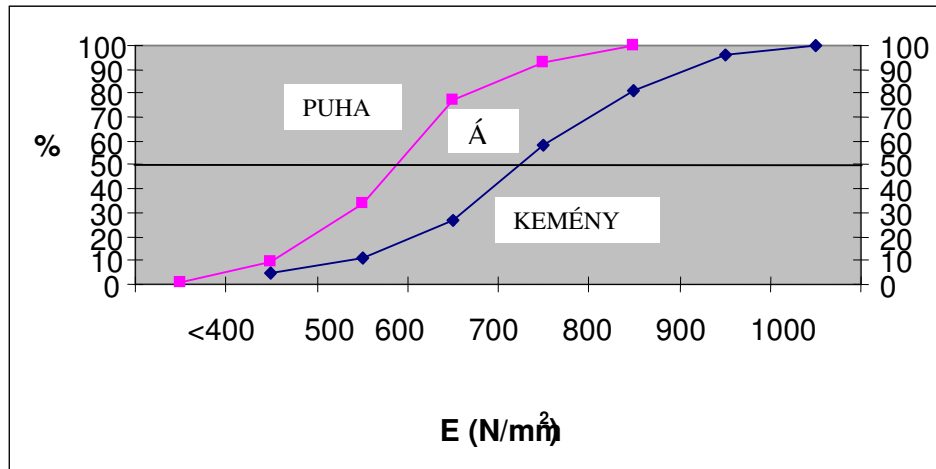
- a 4 puha minta azonos kategóriába esett, mind a HI keménységi osztályok, mind a kompressziós eljárással meghatározott törőmunka szerint; a 7 kemény mintánál 5 mindkét eljárással azonosan a kemény kategóriába került, míg 2 az átmeneti kategóriába esett a törőmunka alapján,
- a 4 puha minta közül 3 mindkét eljárással azonos kategóriába esett, míg egy az átmeneti keménységi osztályba került a törőerő szerint; a 7 kemény mintánál 4 mindkét módszerrel a kemény kategóriába, míg 3 az átmeneti kategóriába került a törőmunka szerint,
- a 4 puha minta közül 3 mindkét eljárással azonos kategóriába került, míg egy az átmeneti keménységi osztályba került a deformációs modulus alapján; a 7 kemény mintából egy mindkét eljárással a kemény kategóriába, míg 6 az átmeneti kategóriába került a deformációs modulus alapján.

Ezek az eredmények azt mutatják, hogy az eloszlás függvények alapján a mechanikai jellemzők közül a törő munkával nyert keménységi kategóriák közelítik a legjobban az SKCS 4100 műszerrel meghatározott keménységi osztályokat. Ez jó összhangban van azzal az eredménnyel, hogy a törő munka és a Hardness Index közötti korrelációt $R^2=0,882$ determinációs tényező jellemezte.

„A” jelű mintasor (nedvességtartalom: 10,59 %)

A következőkben az „A” jelű mintasorra tüntetjük fel az egyes mechanikai jellemzők eloszlási függvényeit és a kategória határokat.

Deformációs modulus



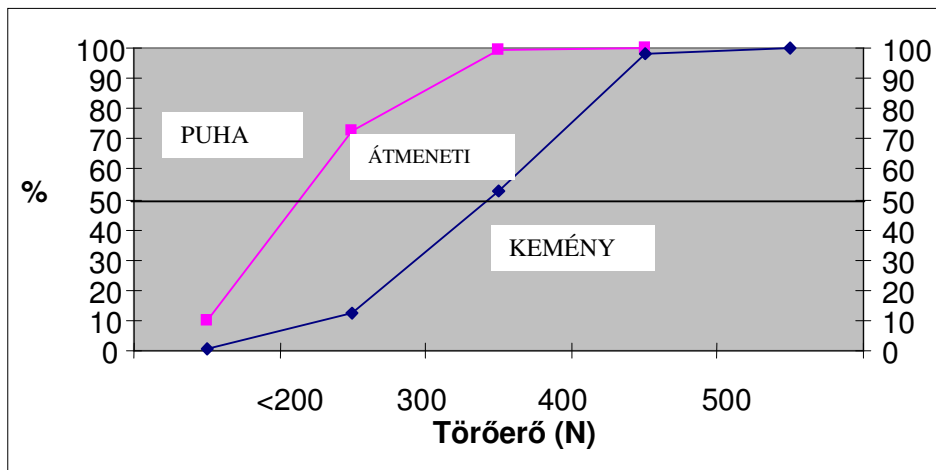
41. ábra: Deformációs modulus eloszlás függvénye, „A” jelű mintasor, nedvességtartalom: 10,59%, függőleges helyzetű vizsgálatok (Á – átmeneti)

A 41. ábra eredményeiből a törőerő eloszlás függvénye alapján „puha”, „átmeneti” és „kemény” kategóriákba soroltuk a mintákat (18. táblázat).

18. táblázat: Kategóriák a deformációs modulus eloszlás függvénye alapján, „A” jelű mintasor, nedvességtartalom: 10,59%, függőleges helyzetű vizsgálatok

Értékhatar (N/mm ²)	Keménységi osztály
<600	PUHA
600-750	ÁTMENETI
750<	KEMÉNY

Törőerő



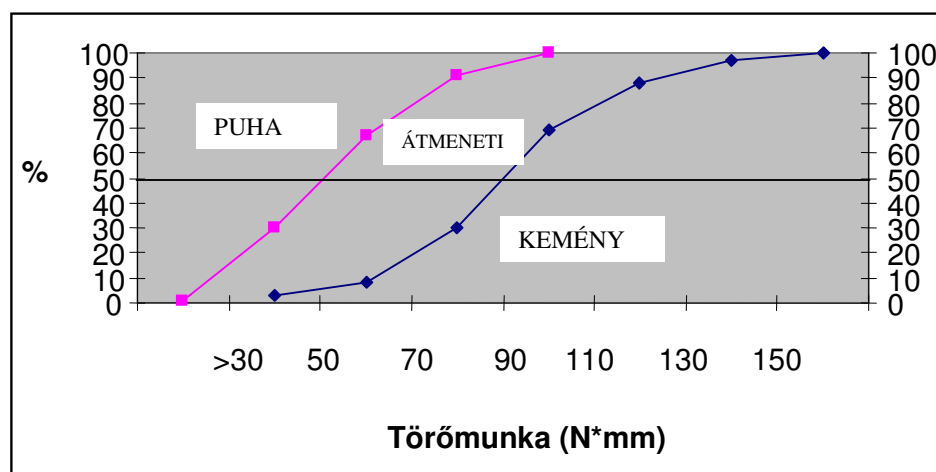
42. ábra: Törőerő eloszlás függvénye, „A” jelű mintasor, nedvességtartalom: 10,59%, függőleges helyzetű vizsgálatok

Ezen eredményeknél megfigyelhető, hogy a kemény búza minták jobban szórnak, mint a puhább tételek. A 42. ábra eredményeiből a törőerő eloszlás függvénye alapján „puha”, „átmeneti” és „kemény” kategóriákba soroltuk a mintákat (19. táblázat).

19. táblázat: Keménységi kategóriák a törőerő eloszlás függvénye alapján, „A” jelű mintasor, nedvességtartalom: 10,59%, függőleges helyzetű vizsgálatok

Értékhatar (N)	Keménységi osztály
<210	PUHA
210-350	ÁTMENETI
350<	KEMÉNY

Törőmunka



43. ábra: Törőmunka eloszlás függvénye, „A” jelű mintasor, nedvességtartalom: 10,59%, függőleges helyzetű vizsgálatok

Az 43. ábra eredményeiből a törő munka eloszlás függvénye alapján „puha”, „átmeneti” és „kemény” kategóriákba soroltuk a mintákat (20. táblázat).

20. táblázat: Kategóriák a törőmunka eloszlás függvénye alapján, „A” jelű mintasor, nedvességtartalom: 10,59%, függőleges helyzetű vizsgálatok

Értékhatar (N*mm)	Keménységi osztály
>50	PUHA
50-90	ÁTMENETI
90<	KEMÉNY

Az „A” mintahalmazra az SKCS 4100 típusú műszerrel meghatározott Hardness Index értékekből megállapított keménységi osztályokat összehasonlítottuk a Lloyd 1000 R típusú

állománymérővel mért mechanikai jellemzőkből képzett keménységi kategóriákkal. Ennek az eredményét az „A” jelű mintahalmaz egyes tételeire puha (P), átmeneti (Á) és kemény (K) keménységi értékekkel jellemtük a 21. táblázatban.

21. táblázat: A keménységi osztályok összehasonlítása (P - puha, Á - átmeneti, K-kemény), „A” jelű mintasor, függőleges helyzetben

A tételek jelölése	SKCS4100 típusú műszerrel mért Hardness Index alapján	Deformációs modulus (N/mm ²) alapján	Törőerő (N) alapján	Törőmunka (N*mm) alapján
A1	P	Á	Á	Á
A2	P	Á	Á	Á
A3	P	Á	Á	Á
A4	P	Á	Á	Á
A5	P	P	Á	Á
A6	P	P	Á	Á
A7	K	K	K	K
A8	K	Á	K	K
A9	K	K	K	K
A10	K	K	K	K
A11	K	Á	Á	Á
A12	K	K	K	K

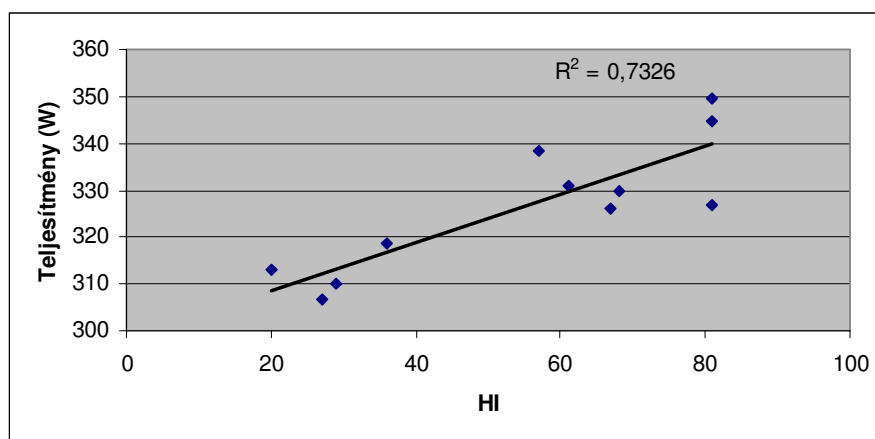
A 21. táblázatból látszik, hogy a deformációs modulus esetén hat, a törőerő esetén öt, a törőmunka esetén pedig szintén öt egyezés található.

4.2. Aprítási munka

Az aprítási munkát a Perten 3303 típusú tárcsás darálóval vizsgáltuk. A választásunk azért esett egy tárcsás darálóra, mert célunk volt a valódi aprítási energia minél pontosabb meghatározása. A korábbi tapasztalatok azt mutatták (Véha et al. 1998), hogy a kalapácsos daráló elfedi a puha és a kemény minták közötti különbséget, mivel viszonylag nagy a járulékos teljesítmény, ezért a felvett teljesítmény nem elég jól közelíti a tényleges aprítási teljesítményt. Emellett a tárcsás darálónál sikerült a súrlódási teljesítmény egy jelentős részét megmérni.

A darálón lévő fokozatok közül, mi a „0” és az „1” beállításokat találtuk megfelelőnek, ekkor az eloszlás lognormális volt. Nagyobb értékek beállításakor (nagyobb a tárcsák közötti rés) és ekkor a nagy szemcsék dominálnak. Megjegyzendő, hogy a legszűkebb állásnál volt a legnagyobb az energiaigény, amint az várható is volt. A „3” állásnál már kisebb, míg a „6”-os állásnál (legdurvább aprítás) volt a legkisebb az energiaigény.

A vizsgálatokat a „B” jelű mintasorral végeztük. Először megvizsgáltuk, hogy a teljesítménymérő által kiírt teljesítmény, milyen kapcsolatban van a Hardness Index-szel, hiszen ez az elsődleges információ, amit a mérés során kapunk a teljesítménymérőről való leolvasás során. A 44. ábra jól szemlélteti a kapcsolatot.



44. ábra: Teljesítménymérő által kiírt teljesítmény és a Hardness Index kapcsolata, „B” jelű mintasor, nedvességtartalom: 13,52%

A kapcsolatot leíró egyenlet:

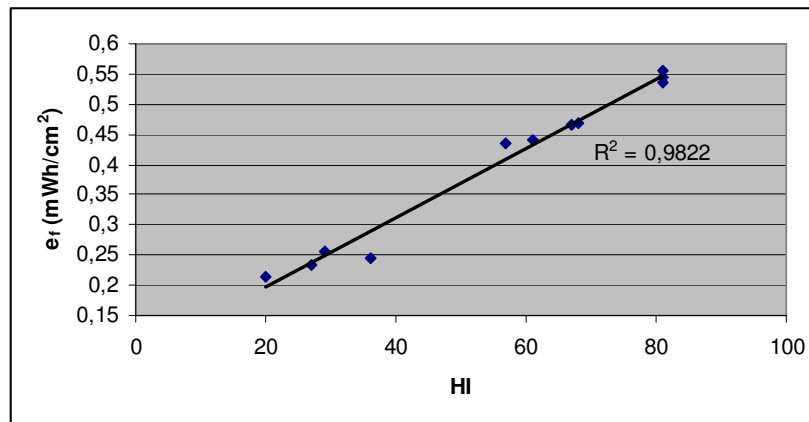
$$\text{Teljesítmény} = 0,518 * \text{HI} + 298,5 \quad (R^2=0,732) \quad \dots(24)$$

Ahol, HI: Hardness Index

Az 44. ábra alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy az általunk alkalmazott tárcsás darálón 1 perc alatt leengedett mintamennyiség elegendő ahhoz, hogy a teljesítménymérő által kiírt eredmény alapján információt kapjunk a minta keménységéről. Ez a módszer gyors (mérési idő 1 perc) és egyszerű, ezért perspektivikus mérési módszer lehet.

A „B” jelű mintasornál a Hardness Indexet (HI) a fajlagos felületi darálási energiaigényhez (e_f) hasonlítottuk, melyet a Perten 3303 tárcsás darálóval mértünk, ill kiszámítottunk. A fajlagos felületi darálási energiaigénnyel, amint azt már említettük az 1 cm^2 új aprítvány felület előállításához szükséges őrlési energiaigényt jelenti. A kapott eredményeket a 15. táblázatban (4. fejezetben) már bemutattuk.

Amint az várható is volt azt eredményekből jól látható, hogy a puha mintáknál lényegesen kisebb fajlagos energia igényt számítottunk, mint a keményebb mintáknál. Az összefüggést az 45. ábra mutatja.



45. ábra: Fajlagos felületi darálási energia igény (e_f) és a Hardness Index kapcsolata („B” jelű mintasor, nedvességtartalom: 13,52%)

A Hardness Index és a fajlagos darálási energiaigény között nagyon szoros $R^2=0,982$ korrelációt kaptunk. A kapcsolatot leíró egyenlet:

$$e_f = 0,0057 * HI + 0,0825 \quad (R^2=0,982) \quad \dots(25)$$

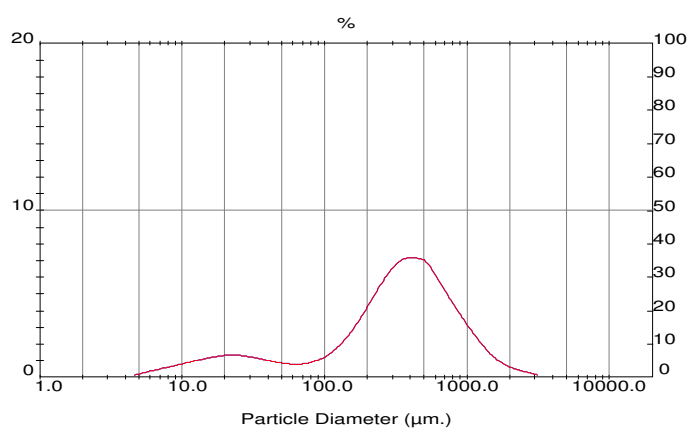
Ahol,

HI: Hardness Index

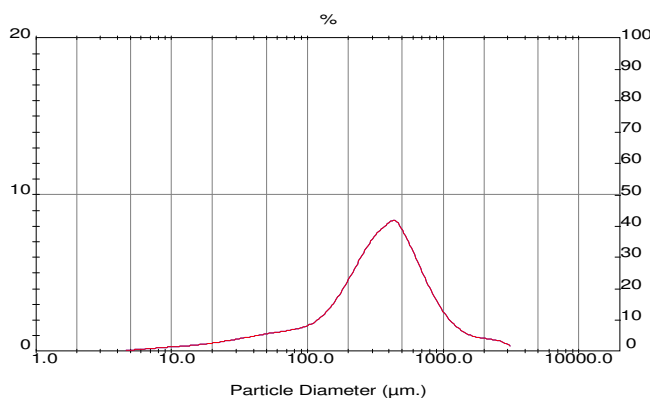
e_f : fajlagos felületi darálási energiaigény (mWh/cm²)

Munkánk során kimértük a súrlódási energia veszteségeket is a különböző résbeállításoknál. Ezen vizsgálatot egy kemény (Jubilejnaja-50) és egy puha (GK Mérő) mintánál végeztük. A tárcsák közötti rés növelésével a súrlódási teljesítmény csökkent, amint az várható. Ezen súrlódási teljesítmény kimérésével, egy adott búzatétel esetén még pontosabban meg lehet határozni a fajlagos felületi darálási energiaigényt. Hiszen a felvett teljesítményből még ez is levonásra kerülne, akkor hipotézisünk szerint még szorosabb determinációs tényező adódna. Az ilyen jellegű kutatásokat a jövőben folytatni kell.

A darálás során nyert anyagok szemcseeloszlását lézer diffrakciós elven működő műszerrel ellenőriztük (Malvern Mastersizer 2000 szemcsevizsgáló), amely lehetőséget ad a szemcseeloszlási görbék ábrázolására is (46. és 47. ábra).



46. ábra: Puha minta szemcseeloszlási görbéje



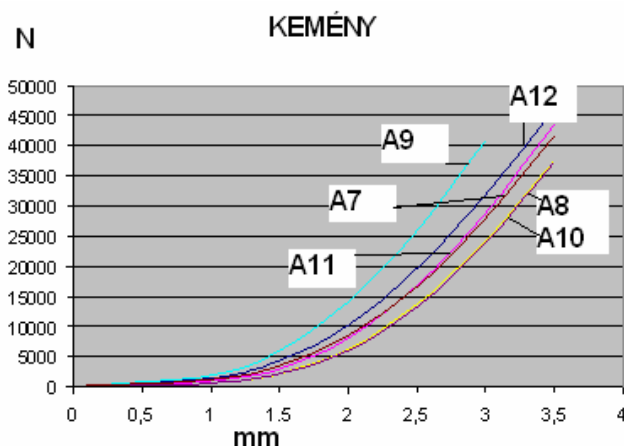
47. ábra: Kemény minta szemcseeloszlási görbéje

A 46 és 47. ábrákból látszik, hogy a puha fajták kétmódusú eloszlás képet mutatnak, míg a kemény fajtáknál ez nem figyelhető meg. Fontos megjegyezni még, hogy ez a két módusú eloszlás a tárcsarés növelésével fokozatosan elsimul.

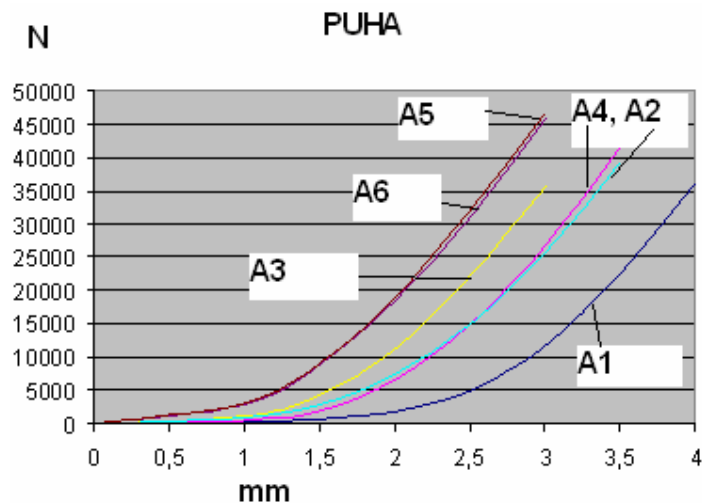
A fajlagos felületi darálási energiaigény kiszámításával az adott búzatételek szemkeménységének a meghatározása elvégezhető. Ennek a jellemzőnek a kapcsolata a Hardness Index-szel nagyon szoros ($R^2=0,982$), tehát ez igen jó jellemzője a szemkeménységnek. A súrlódási teljesítmény kimérésével pedig, még szorosabb korrelációt tárhatunk fel, mely munkát folytatni kell.

4.3. Ödométeres mérések

Az ödométeres méréseket az „A” jelű búzatételeken végeztük el. Különböző minta-előkészítések alkalmazásával. A kompressziós erőt a deformáció függvényében ábrázoltuk kemény és puha búza mintáknál a 48. és 49. ábrán.



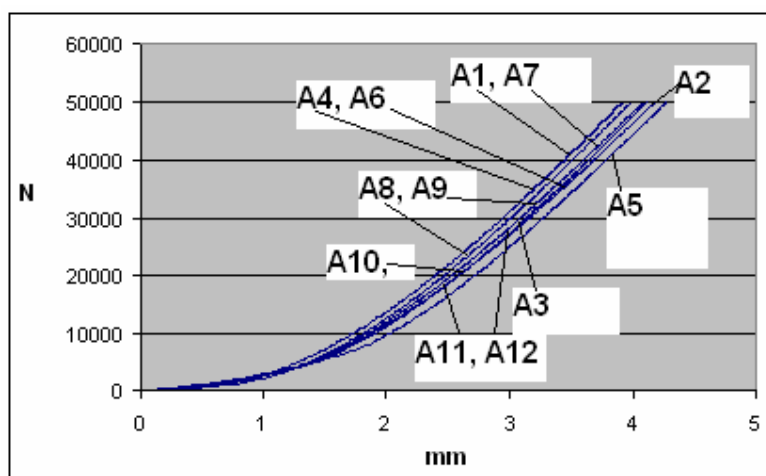
48. ábra: Kemény minta ödométeres mérésének erő-deformáció görbéi, (minta előkészítés: 1)



49. ábra: Puha minta ödométeres mérésének erő-deformáció görbéi, (minta előkészítés: 1)

Az 48. és 49. ábrákból jól látszik, hogy a puha mintánál (A1, A2, A3, A4, A5, A6) jobban szórnak a görbék, míg a kemény (A7, A8, A9, A10, A11, A12) szemszerkezetű mintánál közelebb esnek egymáshoz.

A négyféle minta előkészítési eljárással kapott görbék alapján nem lehet egyértelmű különbséget tenni a puha és a kemény fajták között, de a görbék lefutása hasonló. Az 50. ábrán a 3. minta előkészítése során mért eredményeket tüntettük fel a puha és a kemény mintáknál. Látható hogy a görbék teljesen együtt futnak, elfedik egymást, nem válnak szét a puha és a kemény búzaminták.



50. ábra: 3. típusú minta előkészítés során kapott erő-deformáció görbék

Véleményünk szerint ezek a minta előkészítések nagyobb nyomás értékek esetén hoznák ki a minták szemkeménység különbségeit, ami további vizsgálatok elvégzését igényli. A kapott görbékből meg lehetne határozni az egyenlet szerinti A és a n értéket, melyek fajtajellemzők lennének (Sitkei, 1981) az alábbi összefüggés szerint:

$$\sigma = A[\varepsilon / (1 - \varepsilon)]^n \quad \dots(26)$$

ahol σ a mintára ható nyomófeszültség és ε a fajlagos nyúlás.

A kapott eredmények alapján kiemelve a 48. és 49. ábrából két-két elmozduláshoz tartozó erőértéket (22. táblázat), jól látható a különbség a puha és a kemény minták között.

22. táblázat: Erő és elmozdulás értékek puha és kemény mintáknál (átlag értékek)

Elmozdulás (mm)	Erő (N) - (Puha)	Erő (N) – (Kemény)
1,5	4741,756	3628,159
3,0	32217,935	29663,478

Az eredményekből az látszik, hogy a puha szemstruktúrájú minták összenyomásához nagyobb erő kifejtésére van szükség, tehát rugalmasabbak.

A 3-as minta előkészítési eljárásnál, kiválasztottunk egy bizonyos jellemző deformáció értéket (a 2,5mm-es deformációt), meghatároztuk az erő/deformáció viszonyt és kapcsolatot kerestünk a Hardness Index és az erő/deformáció viszony között külön a puha és külön a kemény búza mintasorok esetén. Az erő/deformáció viszony és a Hardness Index közötti korreláció sem a kemény, sem a puha búzaminták esetén nem mutatott elfogadható értéket, a determinációs tényező nem érte el a 0,5-öt ($R^2 < 0,50$).

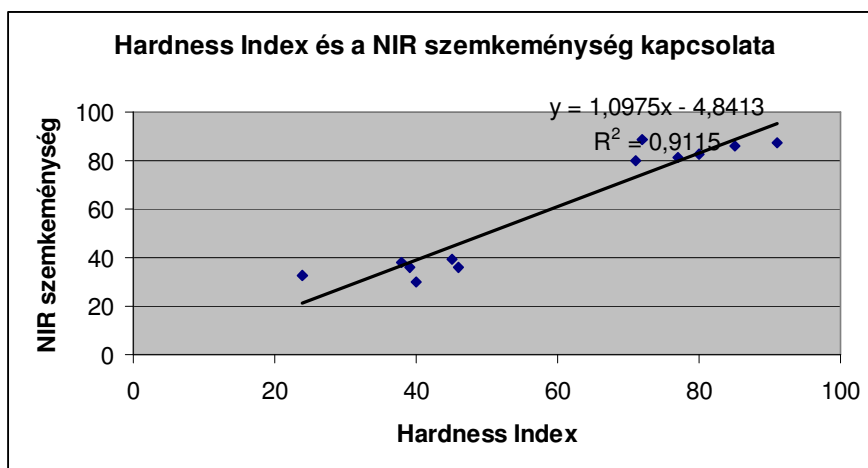
4.4. A Hardness Index (HI) és a NIR eredmények összefüggése

Az „A” jelű mintasor esetén a kapott HI értékeket összevetettük egy másik elterjedt módszerrel, ami a közeli infravörös spektroszkópián alapszik (NIR Inframatic 8611 típusú műszer, 3.2.5. fejezet). Ezeket az eredményeket a 23. táblázat mutatja.

23. táblázat: Hardness Index és a NIR szemkeménység értékei az „A” jelű mintasornál, nedvességtartalom: 10,59%

A tételek jelölése	Hardness Index (HI) Műszer: Perten SKCS 4100	NIR szemkeménység Műszer: Perten Inframatic 8611
A1	39	35,9
A2	40	29,9
A3	24	32,6
A4	45	39,5
A5	46	36,2
A6	38	38,0
A7	71	80,0
A8	72	88,7
A9	85	85,9
A10	77	81,6
A11	80	83,0
A12	91	87,6

Az összefüggést ábrázoló egyenest az 51. ábra ábrázolja, ahol is egy pont 300 szem átlagértékét tartalmazza.



51. ábra: HI és a NIR szemkeménység kapcsolata az „A” jelű mintasornál,
nedvességtartalom: 10,59%

Az „A” jelű mintasor mintáinál, az 50-es alattiak puha lisztes fajták, ezek határa 24-46 között mozgott. Az 50 felettiak pedig keményebb fajták, HI értékeik 71 és 91 közöttiek. Ezek alapján a minták közül hatot a puha, hatot pedig a kemény fajták közé sorolhatunk. A NIR keménység és a Perten Hardness Index igen szoros összefüggést mutat ($R^2=0,911$). Ennek többek között az is lehet az oka, hogy mindkét műszert a Perten cég gyártotta és kalibrálta, feltételezhetően hasonló alapokon. A NIR módszerrel mért szemkeménység és a HI kapcsolatát leíró egyenlet a következő:

$$\text{NIR szemkeménység} = 1,0975 * \text{HI} - 4,8413 \quad (R^2=0,911) \quad \dots(27)$$

Meg kell jegyezni, hogy mind az SKCS 4100 típusú, mind az Inframatic 8611 típusú NIR műszer csak egy HI mérőszámot ad meg, különösebb fizikai tartalom nélkül.

4.5. Lisztvizsgálatok eredményeinek értékelése

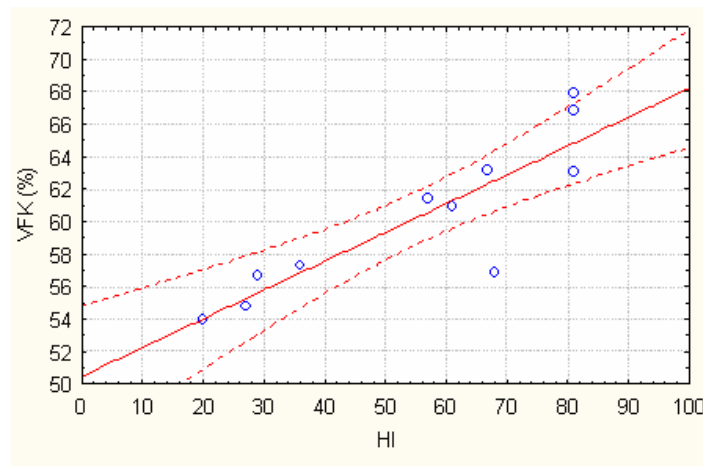
Ebben a fejezetben arra a kérdésre kerestük a választ, hogy a vizsgált szemekből készült liszt bizonyos paraméterei milyen korrelációt mutatnak a HI-vel és a mechanikai jellemzőkkel. A vizsgált szemekből készített liszt beltartalmi paraméterei közül a következőket vettük figyelembe az értékelésnél: a kiőrlési százalékot, a vízfelvevő képességet, a nedves sikért (%), valamint az alveográfus *W* értéket (alveográfus deformációs munkát).

4.5.1. Hardness Index és a beltartalmi paraméterek kapcsolata

A „B” jelű mintasorra (nedvességtartalom:13,52%) megvizsgáltuk Hardness Index és a liszt beltartalmi paramétereinek kapcsolatát. A Hardness Index-nél egy pont 300 szem méréséből adódott. A korrelációs mátrixot a melléklet (M17) tartalmazza.

Vízfelvevő képesség és a Hardness Index kapcsolata

A vízfelvevő képesség és a Hardness Index kapcsolatát a 52. ábrán tüntettük fel, ahol a 95 %-os konfidencia intervallum is látható.



52. ábra: Vízfelvevő képesség és a Hardness Index kapcsolata, „B” jelű mintasor, nedvességtartalom: 13,52%

A relációt az alábbi egyenlet írja le:

$$\text{VFK} = 0,1771 * \text{HI} + 50,465 \quad (\mathbf{R^2=0,768}) \quad \dots(28)$$

Ahol,

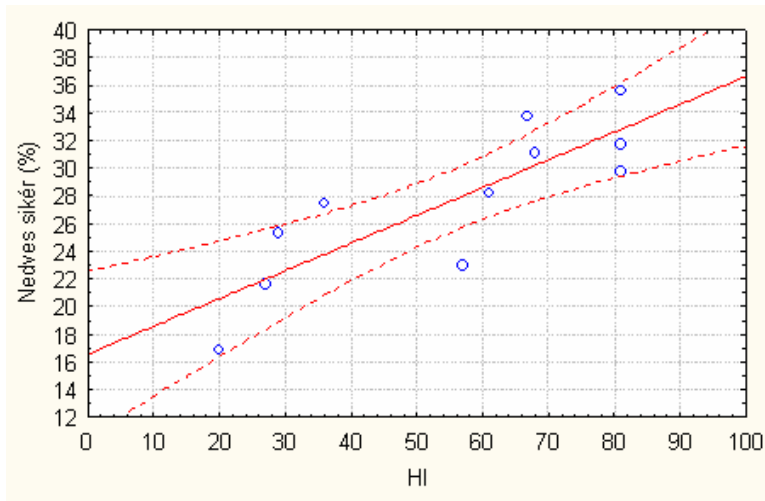
VFK: vízfelvevő képesség (%)

HI: Hardness Index

A szoros kapcsolatot korábbi kutatások is kimutatták, mivel a kemény szemszerkezetű búzák őrlésekor a keményítő sérül és ezáltal több vizet vesz fel a belőlük készült liszt, mint a puha minták esetén.

Nedves siker tartalom és a Hardness Index kapcsolata

A nedves siker tartalom és a Hardness Index kapcsolata az 53. ábrán jól megfigyelhető, ahol a 95 %-os konfidencia intervallum is látható.



53. ábra: Nedves siker és a Hardness Index kapcsolata, „B” jelű mintasor, nedvességtartalom: 13,52%

A relációt leíró egyenlet:

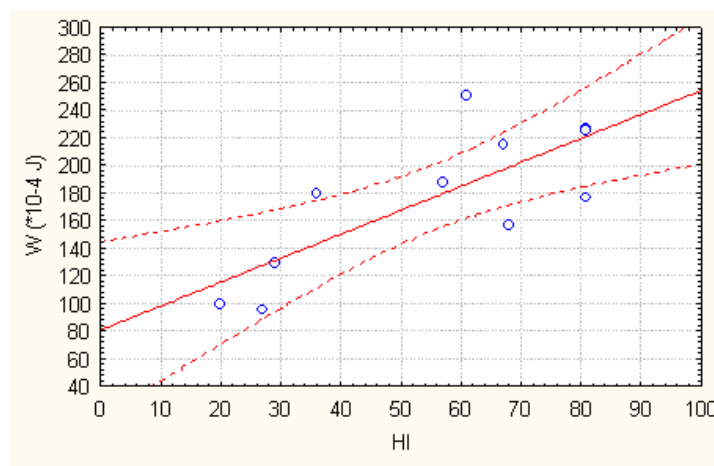
$$\text{Nedves siker} = 0,2004 * \text{HI} + 16,556 \quad (R^2=0,694) \quad \dots(29)$$

Ahol,

HI: Hardness Index

Alveográfus deformációs munka (W érték) és a Hardness Index kapcsolata

Az alveográfus deformációs munka (W érték) és a Hardness Index összefüggését az 54. ábra mutatja, ahol a 95 %-os konfidencia intervallum is látható.



54. ábra: Alveográfus deformációs munka (W érték) és a Hardness Index kapcsolata, „B” jelű mintasor, nedvességtartalom: 13,52%

Az alveográfus deformációs munka kapcsolatát a szemkeménységgel a következő egyenlettel lehet leírni:

$$W = 1,7321 * HI + 80,685 \quad (R^2=0,598) \quad \dots(30)$$

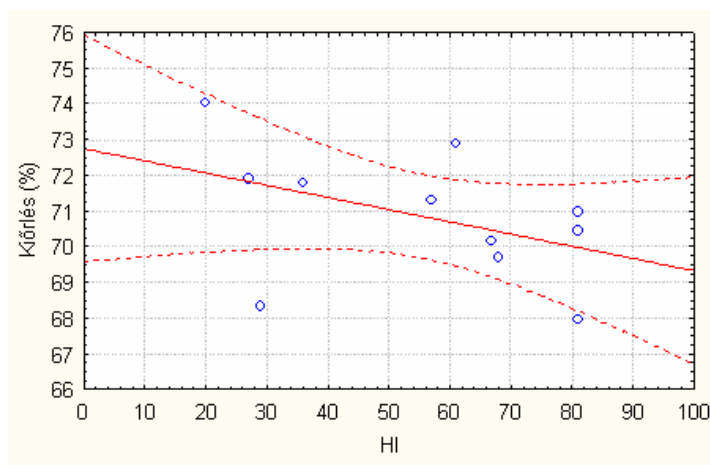
Ahol,

W: az alveográfus deformációs munka (10^{-4} J)

HI: Hardness Index

Kiörlési százalék és a Hardness Index kapcsolata

A kiörlési százalék és a Hardness Index közötti kapcsolatot az 55. ábra szemlélteti, ahol a 95 %-os konfidencia intervallum is látható.



55. ábra: Kiörlési százalék és a Hardness Index kapcsolata, „B” jelű mintasor,
nedvességtartalom: 13,52%

A relációt leíró egyenlet:

$$\text{Kiörlés} = -0,0342 * HI + 72,739 \quad (R^2=0,191) \quad \dots(31)$$

Ahol,

HI: Hardness Index

Megállapítottuk, hogy a 13,52 %-os nedvességtartalomnál a minták szemkeménysége (HI) és a búzából nyert lisztek értékmérő beltartalmi jellemzői között közvetlen kapcsolat van. A legjobbnak ezek közül a vízfelvevő képességgel és a nedves sikerrel való korreláció adódott, melyeket $R^2=0,768$, illetve $R^2=0,694$ determinációs tényező jellemez.

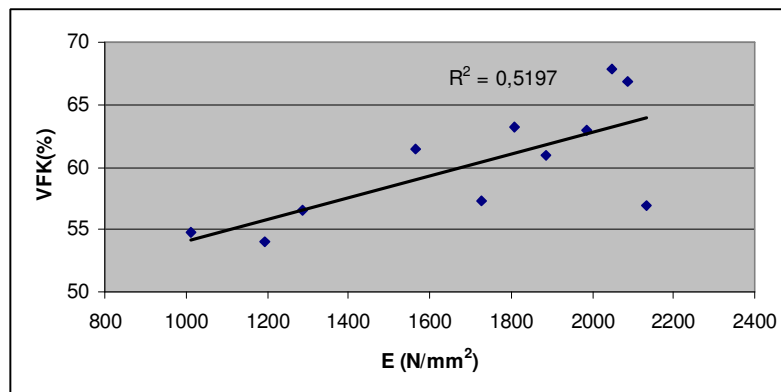
4.5.2. Mechanikai jellemzők kapcsolata a beltartalmi paraméterekkel

Megvizsgáltuk, hogy a kvázi-statisztikus mérési eljárással (Lloyd 1000 R mérőműszerrel) mért és számított mechanikai jellemzők értékei, valamint a vizsgált beltartalmi paraméterek között milyen összefüggéseket vannak. Ezen elemzéshez is a „B” jelű mintasort választottuk, az előzőekben leírtak miatt. A deformációs modulus, a törőerő és a törőmunka esetében 30 szem átlaga ad egy mérési pontot.

Deformációs modulus:

Vízfelvevő képesség és a deformációs modulus (függőleges helyzetben) kapcsolata

A vízfelvevő képesség és a deformációs modulus közötti kapcsolatot az 56. ábra mutatja.



56. ábra: *Vízfelvevő képesség és a deformációs modulus (függőleges helyzetben) kapcsolata, „B” jelű mintasor, nedvességtartalom: 13,52%*

Megállapítható, hogy nincs elfogadható korreláció ($R^2=0,519$) a változók között. A kapcsolatot az alábbi egyenlet írja le:

$$VFK = 59,498 * E - 1881,9 \quad (R^2=0,519) \quad \dots(32)$$

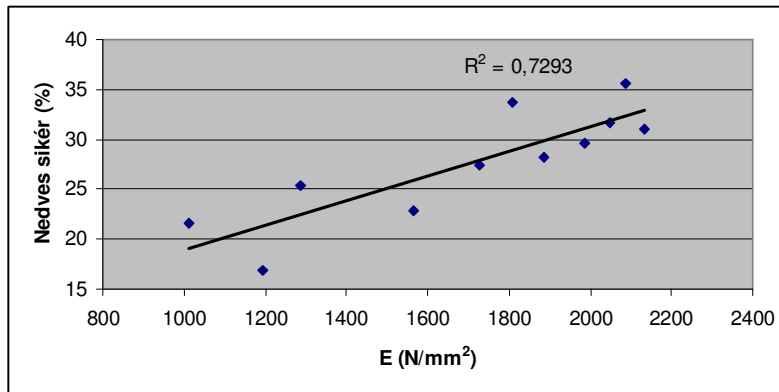
Ahol,

VFK: vízfelvevő képesség (%)

E: Deformációs modulus (N/mm²) 13,52%

Nedves sűrűség és a deformációs modulus (függőleges helyzetben) kapcsolata

A nedves sűrűség és a deformációs modulus összefüggését ábrázoló egyenest az 57. ábra mutatja.



57. ábra: Nedves sikér és a deformációs modulus (függőleges helyzetben) kapcsolata, „B” jelű mintasor, nedvességtartalom: 13,52%

A nedves sikér és a deformációs modulus között szoros korrelációt ($R^2=0,729$) találtunk.

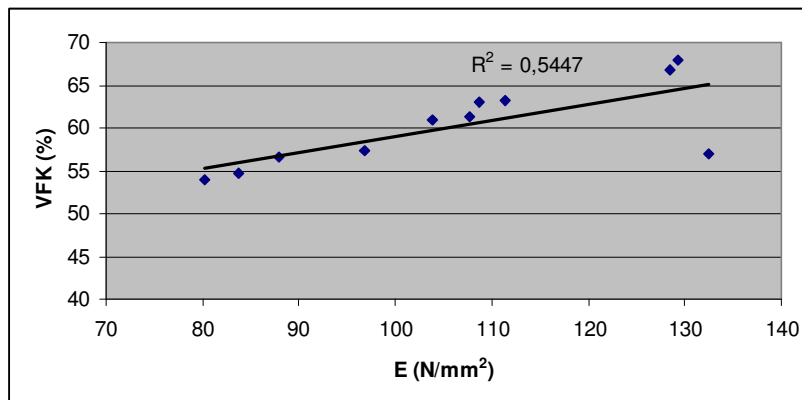
$$\text{Nedves sikér} = 0,0123 * E + 6,6525 \quad (R^2 = 0,729) \quad \dots(33)$$

Ahol,

E: Young-féle rugalmassági modulus (N/mm²) 13,52%

Vízfelvevő képesség és a deformációs modulus (vízszintes helyzetben) kapcsolata

A vízfelvevő képesség és a deformációs modulus közötti összefüggést az 58. ábrán mutatja.

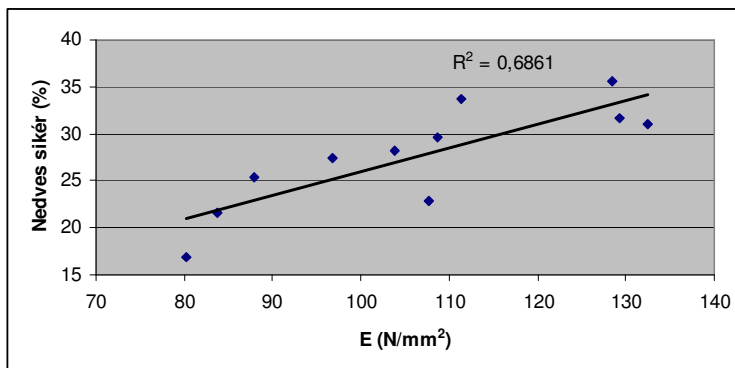


58. ábra: Vízfelvevő képesség és a deformációs modulus (vízszintes helyzetben) kapcsolata, „B” jelű mintasor, nedvességtartalom: 13,52%

A vízfelvevő képesség és a deformációs modulus között nincs elfogadható korreláció, a determinációs tényező: $R^2=0,545$.

Nedves siker és a deformációs modulus (vízszintes helyzetben) kapcsolata

A nedves siker és a deformációs modulus összefüggését az 59. ábra mutatja.



59. ábra: Nedves siker és a deformációs modulus (vízszintes helyzetben) kapcsolata, „B” jelű mintasor, nedvességtartalom: 13,52%

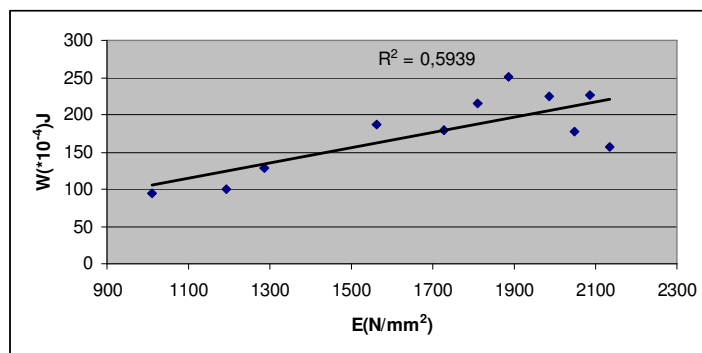
Nedves siker és a deformációs modulus között elfogadható korreláció van, a determinációs tényező: $R^2=0,686$.

$$\text{Nedves siker} = 0,2531 * E + 0,701 \quad (R^2=0,686) \quad \dots(34)$$

Ahol,

E: Deformációs modulus (N/mm²) 13,52%

Deformációs munka (W érték) és a deformációs modulus (függőleges helyzetben) kapcsolata



60. ábra: Deformációs munka (W érték) és a deformációs modulus (függőleges helyzetben) kapcsolata, „B” jelű mintasor, nedvességtartalom: 13,52%

A kapcsolatot leíró egyenlet:

$$W = 0,1035 * E + 0,2289 \quad (R^2=0,593) \quad \dots(35)$$

Ahol,

W: alveográfus deformációs munka (*10⁻⁴ J)

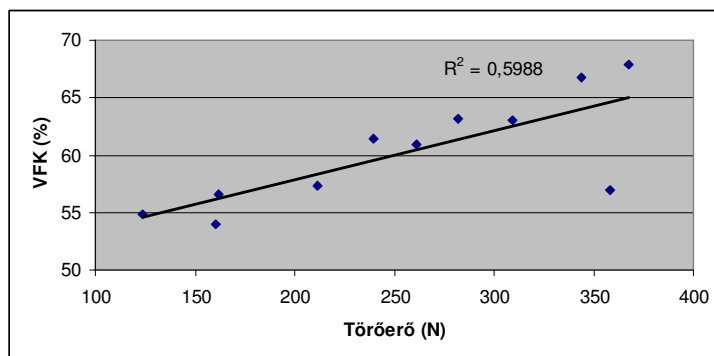
E: Deformációs modulus (N/mm²) 13,52%

Megállapítottuk, hogy a szemekből készített liszt nedves sikértartalma és a szemek függőleges helyzetében kompressziós eljárással mért deformációs modulus között szoros ($R^2 = 0,729$) a korreláció.

Törőerő:

Vízfelvevő képesség és a törőerő (függőleges helyzetben) kapcsolata

A vízfelvevő képesség és a törőerő kapcsolatát a 61. ábrán láthatjuk.



61. ábra: Vízfelvevő képesség és a törőerő (függőleges helyzetben) kapcsolata, „B” jelű mintasor, nedvességtartalom: 13,52%

A vízfelvevő képesség és a törőerő közötti kapcsolat elfogadható korrelációt mutat, amit a determinációs tényező ($R^2=0,598$) jellemez. A kapcsolatot az alábbi egyenlet írja le:

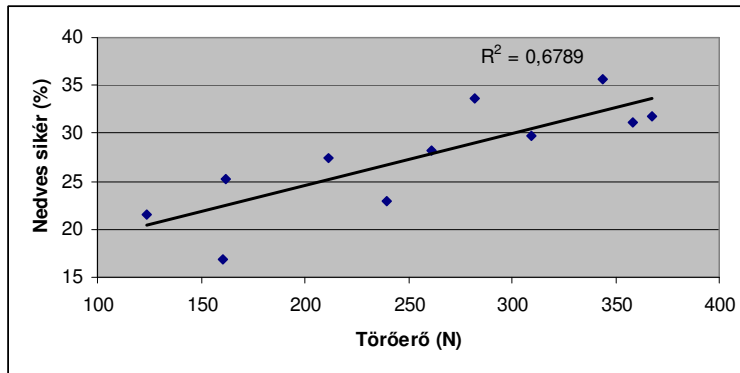
$$\text{VFK} = 0,0429 * \text{Törőerő} + 49,249 \quad (R^2=0,598) \quad \dots(36)$$

Ahol,

VFK: vízfelvevő képesség (%)

Nedves siker és a törőerő (függőleges helyzetben) kapcsolata

A nedves siker és a törőerő kapcsolatát a 62. ábra mutatja.



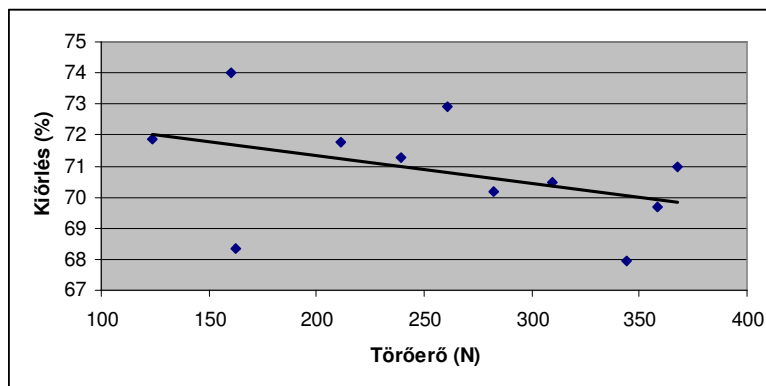
62. ábra: Nedves siker és a törőerő kapcsolata (függőleges helyzetben), „B” jelű mintasor, nedvességtartalom: 13,52%

A törőerő és a nedves siker között elfogadható korrelációt találtunk, amit a determinációs tényező ($R^2=0,678$) jellemez. A relációt az alábbi egyenlet írja le:

$$\text{Nedves siker} = 0,0544 * \text{Törőerő} + 13,681 \quad (R^2=0,678) \quad \dots(37)$$

Kiörlési százalék és a törőerő (függőleges helyzetben) kapcsolata

A kiörlési százalék és a törőerő kapcsolata a 63. ábrán látható.



63. ábra: Kiörlési százalék és a törőerő kapcsolata (függőleges helyzetben), „B” jelű mintasor, nedvességtartalom: 13,52%

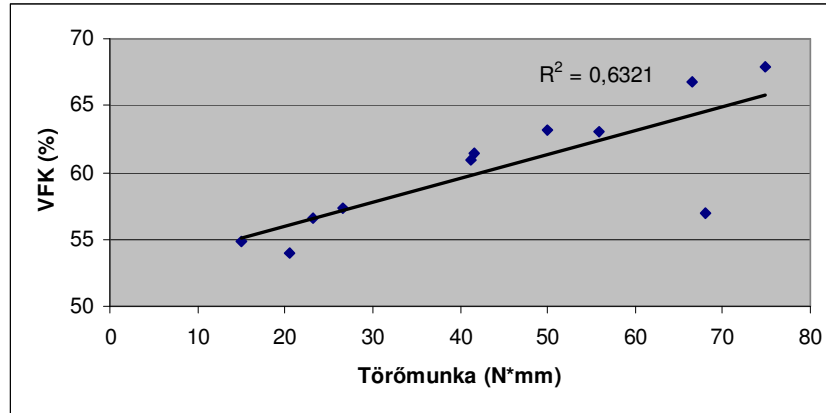
A kiörlési százalék a törőerő függvényében csökkenő jelleget mutat, nincs elfogadható korreláció a változók között.

Az alveográfus W érték (deformációs munka) és a törőerő között nincs elfogadható korreláció.

Törőmunka:

Vízfelvevő képesség és a törőmunka (függőleges helyzetben) kapcsolata

A 64. ábrán jól látható a kapcsolatuk.



64. ábra: Vízfelvevő képesség és a törőmunka kapcsolata (függőleges helyzetben), „B” jelű mintasor, nedvességtartalom: 13,52%

A vízfelvevő képesség és a törőmunka között elfogadható a kapcsolat, amit a determinációs tényező ($R^2=0,632$) mutat. A kapcsolatot leíró egyenlet:

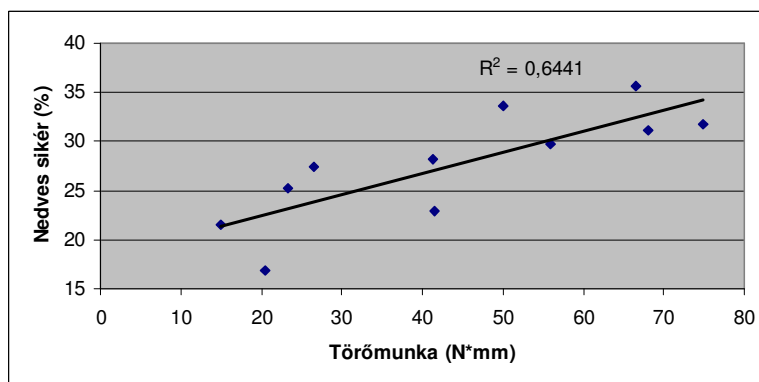
$$\text{VFK} = 0,1795 * \text{Törőmunka} + 52,369 \quad (R^2=0,632) \quad \dots(38)$$

Ahol,

VFK: vízfelvevő képesség (%)

Nedves siker és a törőmunka (függőleges helyzetben) kapcsolata

A nedves siker és a törőmunka kapcsolata a 65. ábrán látható.



65. ábra: Nedves sikértartalom és a törőmunka kapcsolata (függőleges helyzetben), „B” jelű mintasor, nedvességtartalom: 13,52%

A nedves sikértartalom és a törőmunka között elfogadható a kapcsolat, amit a determinációs tényező ($R^2=0,644$) mutat. A kapcsolatot leíró egyenlet:

$$\text{Nedves sikér} = 0,2157 * \text{Törőmunka} + 18,155 \quad (R^2=0,644) \quad \dots(39)$$

Megállapítottuk, hogy a szemek függőleges helyzetében kompressziós eljárással mért törő munkának elfogadható a korrelációja a szemekből készített liszt vízfelvevő képességével ($R^2 = 0,632$) és nedves sikértartalmával ($R^2 = 0,644$).

4.5.3. Puha és kemény szemszerkezetű búzák beltartalmi paramétereinek összehasonlítása

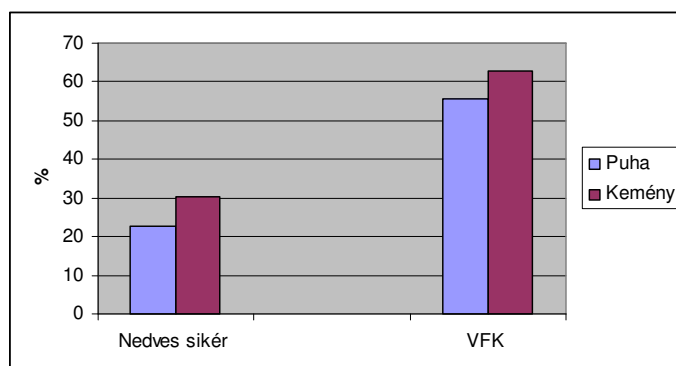
Arra a kérdésre kerestük a választ, hogy a kemény szemszerkezetű búzák, tényleg jobb kiörlési %-kal, nagyobb vízfelvevő képességgel, nagyobb nedves sikér tartalommal rendelkeznek-e, mint a puha búzák. A „B” jelű mintasornál (nedvességtartalom: 13,52%) kapott eredményeket a 24. táblázat tartalmazza.

24. táblázat: A beltartalmi paraméterek, jellemzők alakulása a „B” jelű mintasornál (átlag értékek)

	Keményiségi osztály	B mintasor (13,51 % nedv. tart.)
Kiörlés (%)	<i>Puha</i>	71,50
	Kemény	70,47
VFK (%)	<i>Puha</i>	55,67
	Kemény	62,87
Nedves sikér (%)	<i>Puha</i>	22,80
	Kemény	30,39
Alveográf deformációs munka (W érték) (*10⁻⁴ J)	<i>Puha</i>	125,78
	Kemény	205,35

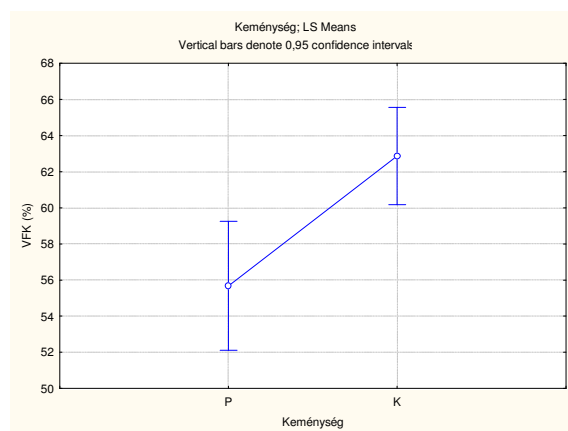
A 24. táblázatból jól látszik, hogy a vizsgált paraméterek tekintetében megállapítható, hogy a kemény szemszerkezetű búzák a puha búzáknál jobb értékeket mutatnak. A vízfelvevő képesség és a nedves sikér 7%-kal nagyobb a kemény mintáknál. A kiörlés esetén szinte

azonos értékeket kaptunk, míg az alveográfus W értéknél majdnem a duplájára adódott a deformációs munka.

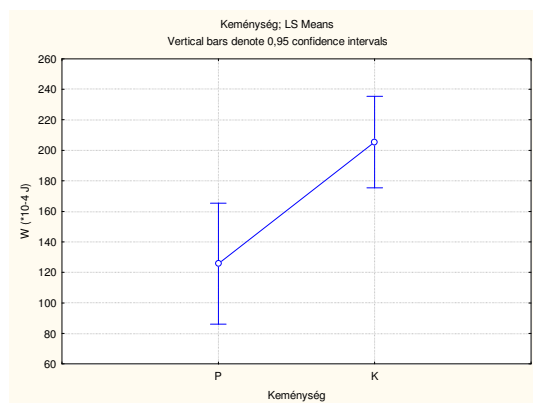


66. ábra: Nedves sikkértartalom és a vízfelvevő képesség alakulása a puha és kemény búzáknál, „B” jelű mintasor, nedvességtartalom: 13,52%

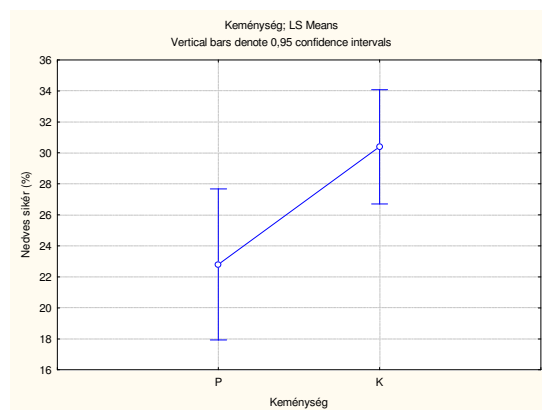
Megállapítottuk, hogy a puha és a kemény búza vízfelvevő képessége között (67. ábra), valamint az alveográfus deformációs munkájuk között (68. ábra) szignifikáns különbség van.



67. ábra: A puha és a kemény búza minták vízfelvevő képességének átlaga és 95%-os konfidencia intervalluma, „B” jelű mintasor, nedvességtartalom: 13,52%



68. ábra: A puha és a kemény búza minták alveográfós deformációs munka értékének átlaga (W érték) és 95%-os konfidencia intervalluma, „B” jelű mintasor, nedvességtartalom: 13,52%



69. ábra: A puha és a kemény búza minták nedves sikeértartalmának átlaga és 95%-os konfidencia intervalluma, „B” jelű mintasor, nedvességtartalom: 13,52%

Megállapíthatjuk, hogy a puha és a kemény búza nedves sikeér tartalma között nincs szignifikáns különbség (69. ábra).

5. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Mérési módszert dolgoztam ki búzafajták mechanikai jellemzőinek kvázi statikus kompressziós eljárással történő mérésére. A módszer szerint a gabonaszem két végének lecsiszolása után a geometriai jellemzőket lemérjük, majd a szemeket függőleges helyzetben precíziós állománymérő nyomólapja és síklap közé helyezzük. A mérés során rögzítjük a nyomóerő – elmozdulás görbét, amiből a mechanikai jellemzők számíthatók.

2. Korrelációt találtam 34 különböző – 14 puha és 20 kemény – búzahalmaz SKCS 4100 típusú mérőműszerrel meghatározott Hardness Indexe és precíziós állománymérővel (Lloyd 1000 R készülék) mért egyes mechanikai jellemzői között.

2.1. Megállapítottam, hogy az átlagosan 13,5% nedvességtartalmú szemek Hardness Indexének szoros kapcsolata van a szemek függőleges helyzetében kompressziós eljárással mért deformációs modulussal ($R^2 = 0,813$), a törőerővel ($R^2 = 0,882$) és a törő munkával ($R^2 = 0,881$).

2.2. Megállapítottam, hogy az átlagosan 13,5% nedvességtartalmú szemek Hardness Indexének a szemek vízszintes helyzetében kompressziós eljárással mért deformációs modulussal ($R^2 = 0,804$) szoros, a törőerővel pedig elfogadható ($R^2 = 0,593$) a kapcsolata.

2.3. Megállapítottam, hogy az átlagosan 10,6% nedvességtartalmú szemek Hardness Indexének a szemek függőleges helyzetében kompressziós eljárással mért törő munkával szoros ($R^2 = 0,791$), a törőerővel pedig elfogadható a korrelációja ($R^2 = 0,690$).

3. Tizenegy különböző, átlagosan 13,5% nedvességtartalmú szemeket tartalmazó – 4 puha és 7 kemény – búzahalmaz SKCS 4100 típusú mérőműszerrel meghatározott Hardness Indexe és Perten 3303 típusú tárcsás darálóval mért fajlagos felületi darálási energia igénye között nagyon szoros korrelációt ($R^2 = 0,982$) találtam.

4. Megállapítottam, hogy 11 különböző, átlagosan 13,5% nedvességtartalmú szemeket tartalmazó – 4 puha és 7 kemény – búzahalmaz szemeinek függőleges helyzetében kompressziós eljárással mért mechanikai jellemzők eloszlásfüggvényéből meghatározott Hardness Index alkalmas a keménységi kategória becslésére. Megállapítottam, hogy a mechanikai jellemzők közül a törő munkával nyert keménységi kategóriák közelítik a legjobban az SKCS4100 műszerrel meghatározott keménységi osztályokat.

5. Korrelációt találtam 11 különböző, átlagosan 13,5% nedvességtartalmú szemeket tartalmazó – 4 puha és 7 kemény – búzahalmazból készített lisztminták vizsgálatával meghatározott jellemzők és a precíziós állománymérővel (Lloyd 1000 R készülék) mért egyes mechanikai jellemzők között.

5.1. Megállapítottam, hogy a szemek függőleges helyzetében kompressziós eljárással mért törőerőnek elfogadható a korrelációja a szemekből készített liszt vízfelvevő képességével ($R^2 = 0,599$).

5.2. Megállapítottam, hogy a szemek függőleges helyzetében kompressziós eljárással mért törő munkának elfogadható a korrelációja a szemekből készített liszt vízfelvevő képességével ($R^2 = 0,632$).

6. Korrelációt találtam 11 különböző, átlagosan 13,5% nedvességtartalmú szemeket tartalmazó – 4 puha és 7 kemény – búzahalmazból készített lisztminta vizsgálatával meghatározott jellemzők és az SKCS 4100 típusú mérőműszerrel meghatározott Hardness Index között.

6.1. Megállapítottam, hogy a Hardness Index és a szemekből készített liszt vízfelvevő képessége között szoros ($R^2 = 0,768$) korreláció van és elfogadható a korrelációja az alveográfus deformációs munkával ($R^2 = 0,598$).

6. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

6.1. Következtetések

Módszer dolgoztunk ki, mellyel közvetlenül meg tudjuk határozni a szemek elroppantásához szükséges törőerőt, az ehhez szükséges törőmunkát, valamint egy olyan paramétert, mely a szemek rugalmasságára ad információt (deformációs modulus). Ezen értékek meghatározásához olyan mérési módszert dolgoztunk ki, mellyel egyetlen szem mérhető. Erre a feladatra a Lloyd 1000 R típusú mérőberendezést tartottuk alkalmasnak, mely egy precíziós állománymérő. Az eredményeket összehasonlítottuk más szemkeménység mérési eljárásokkal mért eredményekkel.

Három különböző nedvességtartalomra beállított búza mintahalmazt vizsgáltunk. Az „A” jelű mintasort „légszáraz”-nak neveztük (10,59% nedvességtartalom), a „B” jelű mintasor nedvességtartalma 13,52 %, míg a „C” jelű mintasort 12,71 % nedvességtartalomra állítottuk be.

A Hardness Index és a kvázi statikus eljárással mért mechanikai jellemzőkből arra a megállapításra jutottunk, hogy az „A” jelű mintasornál, a „légszáraz” tételek (nedvességtartalom: 10,59%) esetén a függőleges helyzetben történő vizsgálatok alkalmasabbak a tételek szemkeménység alapján történő osztályozására, mint a vízszintes helyzetben történő vizsgálatok. Megállapítottuk, hogy az átlagosan 10,6% nedvességtartalmú szemek Hardness Indexének a szemek függőleges helyzetében kompressziós eljárással mért törő munkával szoros, a törőerővel pedig elfogadható a korrelációja.

A „B” jelű mintasornál (nedvességtartalom: 13,52%) a Hardness Indexnek szoros kapcsolata van a szemek függőleges helyzetében kompressziós eljárással mért deformációs modulussal, a törőerővel és a törő munkával. A szemek vízszintes helyzetében történő kompressziós eljárással mért deformációs modulussal szoros, a törőerővel pedig elfogadható a kapcsolata a Hardness Indexnek.

A „B” jelű mintasor esetén, átlagosan 13,5% nedvességtartalomnál a búzahalmaz SKCS 4100 típusú mérőműszerrel meghatározott Hardness Indexe és Perten 3303 típusú tárcsás darálóval mért fajlagos felületi darálási energia igénye között nagyon szoros korrelációt találtunk.

Ugyancsak szoros korreláció áll fenn, a Hardness Index és a NIR mérőműszer által meghatározott szemkeménység között 10,59%-os nedvességtartalom értéknél.

A beltartalmi paraméterek és a szemkeménység (Hardness Index, mechanikai jellemzők) közötti kapcsolatot a „B” jelű mintasornál vizsgáltuk. A „B” jelű mintasornál (nedvességtartalom: 13,52%) az SKCS 4100 típusú mérőműszerrel meghatározott Hardness Index a szemekből készített liszt vízfelvevő képességével szoros korrelációt mutatott és elfogadható korrelációt kaptunk a szemekből készített liszt nedves síkértartalmával és az alveográfos deformációs munkával is.

A „B” jelű mintasornál (nedvességtartalom: 13,52%) a szemek függőleges helyzetében kompressziós eljárással mért deformációs modulus és a szemekből készített liszt nedves síkértartalma között szoros korrelációt állapítottunk meg. Ugyancsak a szemek függőleges helyzetében történő kompressziós eljárással mért törőerőnek elfogadható a korrelációja a szemekből készített liszt vízfelvevő képességével és nedves síkértartalmával, valamint a törő munkának is elfogadható a korrelációja a szemekből készített liszt vízfelvevő képességével és nedves síkértartalmával.

6.2. Javaslat

További kísérleteket javasolunk a mechanikai jellemzőknek a szemek vízszintes helyzetében kvázi-statisztikus kompressziós eljárással történő mérésére és az eredmények összevetésére az SKCS 4100 típusú mérőműszerrel kapott Hardness Index eredményeivel. Feltételezhető, hogy különböző búzafajtákkal és nagyszámú mintahalmazokkal végzett kísérletek eredményesek lehetnek.

Javasoljuk a keménységi kategória becslését a szemek függőleges helyzetében kompressziós eljárással mért mechanikai jellemzőkből – elsősorban a törő munkából - képzett eloszlásfüggvény alapján.

Javasoljuk továbbá a szemek keménységi kategóriájának meghatározását a tárcsás darálóval mért fajlagos felületi darálási energia igény alakulásából. Ez perspektivikus mérési módszer, ami egyszerű és gyors, hiszen a mérési idő 1 perc. A fajlagos felületi darálási energia igény

meghatározásával biztonságosan meg tudjuk állapítani a keménységet. A súrlódási teljesítmény mérésével tovább javítható a szemkeménység meghatározásának pontossága.

7. ÖSSZEFOGLALÁS

A vizsgálatokhoz szükséges mintát a Szegedi Gabonatermesztési Kutató Közhasznú társaság biztosította a számunkra. Három mintasort („A” jelű mintasor, „B” jelű mintasor, „C” jelű mintasor) alakítottunk ki, melyek a nedvességtartalomban tértek el egymástól. Az „A” jelű mintasor volt a „légszáraz” tételek (10,59% nedvességtartalom), a „B” jelű mintasor nedvességtartalma 13,52 %, míg a „C” jelű mintasort 12,71 % nedvességtartalomra állítottuk be.

A munka elsődleges célja, hogy mérési módszert dolgozzunk ki gabonaszemek mechanikai jellemzőinek – különösen a deformációs modulusnak, a törőerőnek és a törő munkának – kompressziós eljárással történő mérésére, valamint összefüggést állapítsunk meg különböző búzaszem mintahalmazoknál a kidolgozott módszerrel mért mechanikai jellemzők és a szemek Hardness Indexe között.

Cél volt továbbá a szemek aprítása során tárcsás darálóval mért fajlagos felületi darálási energiaigény és a Hardness Index közötti összefüggés meghatározása. További cél volt a különböző búzaszem mintahalmazokból készített liszt minőségi tulajdonságai és a mechanikai jellemzők, valamint a lisztminőség és a Hardness Index közötti összefüggések meghatározása.

Feladat volt, hogy javaslatot dolgozzunk ki adott búzaszem mintahalmaz mechanikai jellemzőinek eloszlásfüggvénye alapján a Hardness Index, valamint a minta puha, átmeneti, vagy kemény kategóriába tartozásának becslésére.

A munka eredményeként sikerült korrelációt találni 34 különböző – 14 puha és 20 kemény – búzahalmaz SKCS 4100 típusú mérőműszerrel meghatározott Hardness Indexe és Lloyd 1000R állománymérővel mért egyes mechanikai jellemzői (deformációs modulus, törőerő és a törő munka) között.

Tizenegy különböző, átlagosan 13,5% nedvességtartalmú szemet tartalmazó – 4 puha és 7 kemény – búzahalmaz SKCS 4100 típusú mérőműszerrel meghatározott Hardness Indexe és Perten 3303 típusú tárcsás darálóval mért fajlagos felületi darálási energia igénye között nagyon szoros korrelációt ($R^2 = 0,982$) találtunk.

Megállapítottuk, hogy 11 különböző, átlagosan 13,5% nedvességtartalmú szemeket tartalmazó – 4 puha és 7 kemény – búzahalmaz szemeinek függőleges helyzetében kompressziós eljárással mért mechanikai jellemzők eloszlásfüggvényéből meghatározott Hardness Index alkalmas a keménységi kategória becslésére. Az eredményekből kitűnt, hogy a mechanikai jellemzők közül a törő munkával nyert keménységi kategóriák közelítik a legjobban az SKCS4100 műszerrel meghatározott keménységi osztályokat.

Korrelációt találtunk 11 különböző, átlagosan 13,5% nedvességtartalmú szemeket tartalmazó – 4 puha és 7 kemény – búzahalmazból készített lisztminták vizsgálatával meghatározott jellemzők (vízfelvő képesség és nedves sikértartalom) és a Lloyd 1000 R típusú állománymérővel mért egyes mechanikai jellemzők között.

Sikerült korrelációt megállapítani 11 különböző, átlagosan 13,5% nedvességtartalmú szemeket tartalmazó – 4 puha és 7 kemény – búzahalmazból készített lisztminta vizsgálatával meghatározott jellemzők (vízfelvő képesség, nedves sikértartalom és az alveográfus deformációs munka) és az SKCS 4100 típusú mérőműszerrel meghatározott Hardness Index között.

8. SUMMARY

The experiments were done in University of Szeged Faculty of Food Engineering and its assign University of Szeged Faculty of Engineering in 2004-2007. The aim of our research was to determine the wheat kernel hardness with a static method (Lloyd 1000 R material testing machines). The rheological properties of wheat were studied in this research, we determined the maximum breaking force (F_t), the break work (W_t), the deformation modulus (E).

Cleaned grain samples were used to identify the Hardness Index (HI) by SKCS-4100 instrument (Perten Inc.) and Perten mill were used to determine the kernel hardness also. Another aim was to determine the mechanical properties distribution curves and determine the class (soft, mixed, hard).

The other aim of our research was to determine the possible relationship between kernel hardness and various other parameters of the flour (dough visco-elastic characteristics, wet gluten, water absorption, flour recovery, alveograph-traits).

Moisture content, wet gluten content, farinograph and alveograph tests were determined according to the EU-Standards. Farinograph gave information on the water absorption of the flour. We determined the flour yield.

We used the varieties of Szegedi Gabonatermesztési Kutató Közhasznú Kht. (Cereal Research NPC, Szeged) as samples. Three samples were developed (“A” sample, “B” sample, “C” sample), they have different moisture content. (“A” sample was the dry sample – moisture content: 10,59%, the “B” sample has 13,52 % moisture content, the “C” sample has 12,71 % moisture content).

There is close correlation between Hardness Index and the HI measured by the NIR instrument ($R^2=0,911$; moisture content: 10,59%). According to the results, there was a very strong correlation ($R^2=0,982$; moisture content: 13,52%) between the grinding energy and the kernel hardness (HI).

In vertical position (moisture content: 13,52 %) the connection between the Hardness Index and the deformation modulus was strong ($R^2=0,813$). The correlation was strong also the Hardness Index and the breaking force ($R^2=0,882$) and the Hardness Index and the break work ($R^2=0,881$). In horizontal position the connection is close between the Hardness Index and the deformation modulus ($R^2=0,804$) and the connection is acceptable between the Hardness Index and the breaking force ($R^2=0,593$).

When the moisture content was 10,59 %, the Hardness Index and break work (in vertical position) connection was closed ($R^2=0,791$), and acceptable with the breaking force (in vertical position) ($R^2=0,690$).

The Hardness Index is in a close correlation with the water absorption ($R^2=0,768$) and the connection is acceptable with the wet gluten ($R^2=0,694$) and the alveograph W trait ($R^2=0,596$) when the moisture content is 13,52 %.

In 13,52 % moisture content the deformation modulus (in vertical position) is in the strong correlation with the wet gluten ($R^2=0,729$), and there is an acceptable correlation between the breaking force (in vertical position) and the water absorption ($R^2=0,599$) and the breaking force (in vertical position) and the wet gluten ($R^2=0,679$).

Our breaking force distribution curve helps to determine the SKCS 4100 hardness class.

These methods are suitable to determine the basic necessary and develop the wheat class.

9. MELLÉKLET

M1: Irodalomjegyzék

1. AACC (2000): Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. Method 55-31, AACC International, St. Paul, MN 2000c, 10th ed.
2. ABRAMCZYK, D. (1997): Klaszifikacja jakosciowa ziarna pszenicy w oparciu o parametry oceny alweograficznej. *Przeglad Zbozowo-Mynarski*, 4. 8-12. p.
3. ALAIS, C. – LINDEN, G. (1991): *Food Biochemistry*. New York, Ellis Horwood
4. ANDERSON, R.A. (1974): Wet processing of wheat flour. (In: *Wheat – production and utilization*, Red.: Inglett, G.E. (VI. Publishing Company, Westport, Connecticut, USA, 335-365. p.)
5. ÁCS P. – MATÚZ J. (2001): A szemkeménység mérési módszerének NIR készülékre történő adaptálása és felhasználása szegedi búza genotípusok szelekciójában, Gabonatermesztési Kutató Közhasznú Társaság, Szeged, http://www.mete.mtesz.hu/kollokv/osszef_303.pd
6. B. C. MORGAN - J. E. DEXTER - K. R. PRESTON (É.n.): Relationship of Kernel Size to Flour Water Absorption for Canada Western Red Spring Wheat. *Cereal Chemistry*. 77(3): 286-292. p.
7. BAKER S. - T.J. HERRMAN - T. LOUGHIN (1999): Segregating hard red winter wheat into dough factor groups using single kernel measurements and whole grain protein analysis, *Cereal Chemistry* 76 (1999), pp. 884–889.
8. BAKÓ, A., - TAMÁS, L., - GÁRDONYI, M. (2006): A szemkeménység molekuláris háttere: Búzafehérjék keményítőkötő képességének vizsgálata. In: XII. Növénynevelési Tudományos Napok, Bp. (Ed: Kertész Z.) Összefoglalók pp.59.
9. BARABÁS, Z. (1987): A búzatermesztés kézikönyve. Mezőgazdasági Kiadó Budapest, 7-537. p.
10. BATTEN, G.D. (1998): An appreciation of the contribution of NIR to agriculture, *Journal of Near Infrared Spectroscopy* (6) 105-114
11. BEDŐ Z. - LÁNG GY. - VIDA GY. - JUHÁSZ A.- KASSAI I. (1998): Újabb törekvések a búza minőségének javítására, *Molnár Lapja* 104 Évf. 2 sz. pp. 3-7.
12. BEDŐ, Z. – LÁNG, L. – JUHÁSZ, A. - RAKSZEGI, M. (2001): Kemény endospermium szerkezetű, jó malom- és sütőipari minőségű búza kutatása

- Martonvásáron, In: Bedő Z (szerk.) A jó minőségű keményszemű búza nemesítése és termesztése, MTA MGKI KITE GKKHT, 35-56. p.
13. BEDŐ, Z. - LÁNG, L. (1999): A jövő búzatípusai (I.), Magyar Mezőgazdaság 1999.szeptember.15., 10-11, p.
http://www.elitmag.hu/informaciok/szaccikk/jovo_buzal.htm
 14. BEECHER, B. - A. BETTGE - E. SMIDANSKY - M.J. GIROUX. (2002): Expression of wild-type *pinB* sequence in transgenic wheat complements a hard phenotype. Theor. Appl. Genet 105:870–877.
 15. BÉKÉS, F. (2001): A búza endospermium szerkezetének szerepe néhány minőségi búzát termelő országban, CSIRO Division of Plant Industry, Canberra, Ausztrália, <http://www.elitmag.hu/informaciok/szaccikk/endosper.htm>
 16. BENEDEK Á.-GYŐRI Z. (1995): A különböző termőhelyen termesztett búzafajták lisztminőségi paramétereinek összehasonlítása. *Növénytermelés*, 44. 1. 11-17. p.
 17. BETTGE AD. - MORRIS CF. - GREENBLATT GK (1995): Assessing genotypic softness in single wheat kernel using starch granule-associated friabilin as a biochemical marker. *Euphytica* 86: 65-72
 18. BETTGE, A. - RUBENTHALER, G. L. - POMERANZ, Y. (1989): Alveograph Algorithms to Predict Functional Properties of Wheat in Bread and Cookie Baking. *Cereal Chemistry*, 66. 81-86. p.
 19. BHAVE, M. – MORRIS, C.F. (2008): Molecular genetics of puroindolines and related genes: regulation of expression, membrane binding properties and applications, *Plant Molecular Biology* 66, 221-231.
 20. BLOCHET JE. - CHEVALIER E. - FOREST E. - PEBAY-PEYROULA. - GAUTIER F. - JOURDIER P. - PEZOLET M. – MARION D (1993): Complete amino acid sequence of puroindoline, a new basic and cystine –rich protein with a unique tryptophan rich domain, isolated from wheat endosperm by Triton X-114 phase partitioning. *FEBS* 329-336-340.
 21. BOGNÁR J. et al. (1970): Gabona-, liszt-,sütő-és tésztaipari vizsgálati módszerek, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
 22. BONCZ E. (1992): Gabonafélék általános jellemzése. (in szerk: Bocz: Szántóföldi növénytermesztés, Budapest Mezőgazda Kiadó, p. 21-887. p.
 23. BONNER, J. (1950): *Plant Biochemistry*, - Acad. Press. New York.

24. BOURNE MC FOOD (2002): Texture and Viscosity: Concept and Measurement. Academic Press, San Diego
25. BÖLÖNI, I. – BELLUS, Z. (1999): Contribution to the verification of the two variable energetic function. Hungarian Agricultural Engineering, Vol. 12. p. 75-77.
26. BÖLÖNI, I. – CSERMELY, J. (1991): A RITTINGER, KICK és a BOND-féle aprítási elméletek kísérleti összehasonlítása. Járművek, Mezőgazdasági Gépek, Vol. 38, No 12, p. 471-474.
27. BÖLÖNI, I. – VÉHA, A. – GYIMES, E. (1997): The influence of the wheat hardness on some energetic characteristics of grinding. I. International Wheat Quality Conference, Manhattan, Kansas, USA, p. 53.
28. BURNS, D.A. - CIURCZAK, E. W.(1992): Handbook of Near-Infrared Analysis, Marcel Dekker, Inc, New York
29. C. S. GAINES. (1986): Texture (Hardness and Softness) Variation Among Individual Soft and Hard Wheat Kernels. Copyright 1986 by the American Association of Cereal Chemists, Inc.
30. CANE, K. – SPACKMAN, M. – EAGELS, H. A. (2004): Puroindoline genes and their effects on grain quality traits in southern Australian wheat cultivars. Australian Journal of Agricultural Research 55, 89-95.
31. CHUNG CJ (1972): A development of new technique for measuring wheat hardness J. Korean Soc. Agric. Eng. 14:9-20
32. COBB, N.A. (1896): The hardness of grain in the principal varieties of wheat. Agric. Gaz. NSW 7:279–298.
33. CUTLER G H, - BRINSON G A (1935): The granulation of whole wheat meal and a method of expressing it numerically. Cereal Chem 12 120-129.
34. DARLINGTON, H., R. FIDO, A.S. TATHAM, H. JONES, S.E. SALMON, AND P.R. SHEWRY (2003): Milling and baking properties of field grown wheat expressing HMW subunit transgenes. *Journal of Cereal Science* 38: 301-306. p.
35. DELWICHE, S. HRUSCHKA, W. (2000): Protein content of bulk wheat from near-infrared reflectance of individual kernels. *Cereal Chemistry*, Vol. 77, No 1, 86-88. p.
36. E.J. SOUZA - M.J. GUTTIERI (2005): Physiology of Wheat Quality, University of Idaho, Review paper presented to the C-2 Section, American Society of Agronomy Annual Meeting – Nov. 7th, 2005, Salt Lake City,

37. ELIZABETH B. MAGHIRANG - FLOYD E. DOWELL (2003): Hardness Measurement of Bulk Wheat by Single-Kernel Visible and Near-Infrared Reflectance Spectroscopy, *Cereal Chemistry*, Volume 80, Number 3, 316-322
38. EVERS, T. – MILLAR, S. (2002): Cereal grain structure and development: Some implications for quality. *Journal of Cereal Science*, Vol. 36., No. 3, 261-284. p.
39. EYHERABIDE, G.H. - ROBUTTI, J.L. - BORRÁS, F.S. (1996): Effect of near-infrared transmission-based selection on maize hardness and the composition of zeins, *Cereal Chemistry* 73 (6) 775-778
40. FARIDI, H.-RASPER, V. F. (1987): *The Alveograph Handbook*, AACC, St. Paul, Minnesota USA
41. FARKAS JÓZSEF (1977): *Malomipari anyagismeret és az őrlés műveletei*, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
42. FEHÉR GY-NÉ - BÁNYÁSZ I. (1993): A búzafajták farinográfós és alveográfós tulajdonságainak összehasonlítása. *Gabonaipar*, 40. 2. 9-12. p.
43. FEKETE, A., - FELFÖLDI, J., (1996): Analysis of firmness determined by compression and resonance test. ASAE meeting presentation, paper No. 966009
44. FELFÖLDI, J. – FEKETE, A., (2000): Firmness assessment by impact method. ASAE Annual International Meeting, Milwaukee, No. 006072, p. 1-7.
45. FERRY JD (1980): *Viscoelastic Properties of Polymers*. Wiley New York
46. FOWLER DB - DE LA ROCHE IA (1975): Wheat quality evaluation. II Relationships among prediction tests. *Can. J. Plant Sci.* 55:251-262.
47. FREUND, K – HANDRECK, B. (1994): Bruchverhalten verschiedener Weizensorten bei Druck Belastung. *Getriebe, Mehl und Brot*, No. 6. p. 8-12.
48. GAINES, C.S. - FINNEY, P.F. - FLEEGER, L.M. - ANDREWS, L.C. (1996): Predicting a hardness measurement using the single kernel characterisation system. *Cereal Chemistry* 73 2, pp. 278–283.
49. GAUTIER MF. - ALEMAN ME. - GUIRAO A. - MARION D. - JOURDIER D (1994): *Triticum aestivum* puroindolines, two basic cystine rich seed proteins: c-DNA analysis and developmental gene expression. *Plant Mol Bio* 25:43-57
50. GAUTIER, M.F. - P. COSSON - A. GUIRAO - R. ALARY - P. JOUDRIER (2000): Puroindoline genes are highly conserved in diploid ancestor wheats and related species but absent in tetraploid *Triticum* species. *Plant Sci.* 153:81–91.

51. GIROUX MJ. - MORRIS CF (1998): Wheat grain hardness results from highly conserved mutations in the friabilin components puroindoline a and b. *Proc Natl Acad Sci* 95: 6262-6266
52. GIROUX MJ. - MORRIS CF. (1997): A glycine to serine change in puroindolines is associated with wheat grain hardness and low levels of starch-surface friabilin. *Theor Appl Genet* 95: 657-664
53. GLENN, G. M. – JOHNSTON, R. K. (1992): Moisture dependent changes in the mechanical properties of isolated wheat bran, *Journal of Cereal Science* 15, 223-236
54. GREENBLATT GA. - BETTAGE AD. - MORRIS CF (1994): Relationship between endosperm texture and the occurrence of friabilin and bound polar proteins. *Cereal Chem* 72(2): 172-176
55. GREENWELL P. - SCHOFIELD JD (1986): A starch granule protein associated with endosperm softness in wheat *Cereal Chem* 63:379-380
56. GREENWELL P. - SCHOFIELD JD (1989): The chemical basis of grain hardness and softness. In: *Proc Int Assoc Cereal Sci Technol Symp Helsinki*, Helsinki Press 59-71
57. GWIRTZ, J. A. (1998): Effects of tempering time, moisture and wheat protein level on milling and single kernel characterization system measurements. Ph.D. thesis, Kansas State University.
58. GYIMES, E. – NEMÉNYI, M. – VÉHA, A. (2002): Reológia és szemkeménység összefüggése őszi búzáknál. (In: *Ötven éves az Acta Agronomica Hungarica Martonvásár*) 117-124. p.
59. GYIMES, E. – VÉHA, A. (1998): New method for the determination of wheat hardness. 45. th Research Review Conference, USDA ARS – AACC Cincinnati Section Wooster, Ohio, USA
60. GYIMES, E. (2004): Összefüggés-vizsgálatok búzafajták szemtermésének agrofizikai tulajdonságai között, Doktori (PhD) értekezés Mosonmagyaróvár, 5-156. p.
61. GYŐRI Z.-GYŐRINÉ MILE I. (1998): A búza minősége és minősítése. *Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest*, 39-57. p.
62. GYŐRI Z.-SZILÁGYI SZ. (1998): Összehasonlító minőségvizsgálatok őszi búzáknál. (Szerk.: Illés É.) Lippay János – Vas Károly tudományos ülészak összefoglalói: *Élelmiszeripar*, Budapest, 40-41. p.

63. HARELAND G A (1994): Evaluation of flour particle size distribution by laser diffraction, sieve analysis and near infrared reflectance spectroscopy. *J Cereal Sci* 21 183 - 190.
64. HARPER JN - PETER AM (1904): protein content of wheat kernel. Bull 113 Bull Kentucky Agric. Exp. Stn.
65. HEGEDŰS G. (1994): Modern szemcsevizsgáló készülék, *Magyar Kémikusok Lapja* 49 évf. 9 sz., 377- 382. p.
66. HINTON, J.J.C. (1953): The distribution of protein in the maize kernel in comparison with that in wheat. *Cereal Chem.* 30:441.
67. HOGG, A.C. – BEECHER, B. – MARTIN, J.M., MEYER, F., TALBERT, L. – LANNING, S. – GIROUX, M.J. (2005): Hard wheat milling and baking traits affected by the seed-specific overexpression of puroindolines. *Crop Science* 45, 871-878.
68. <http://www.malvern.com/LabEng/products/Mastersizer/MS2000/mastersizer2000.htm>
69. Infracont Kft.: <http://www.infracont.hu/index.htm>
70. J. B. OHM, O. K. CHUNG, AND C. W. DEYOE. (1998): Single-Kernel Characteristics of Hard Winter Wheats in Relation to Milling and Baking Quality, *Cereal Chemistry*. 75(1):156-161. p.
71. J.L.ROBUTTI (1995): Maize kernel hardness estimation in breeding by near-infrared transmission analysis, *Cereal Chemistry* 72 (6) 632-636
72. JÁRAI, GY. – JÓNAP, L. – TORBÁNYI-NOVÁK L. (1955): Búza (A búza és a búzaliszt minőségi kérdései) Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest, 3-95. p.
73. JELINEK J (1927): Apparatus for the determination of the hardness of the kernel. Proc. Int. Congress on flour and bread, 1st Prague, Czechoslovakia. ICC, Vienna.
74. JOLLY C. - RAHMAN S. - KORTT AA. - HIGGINS TJV (1993): Characterization of the wheat Mr 15000 "grain softness protein" and analysis of the relationship between its accumulation in the whole seed and grain softness. *Theor Appl Genet* 86:589-597
75. KAJDI, F. (2004): A „minőség” szerepe a búza termesztésében, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Mezőgazdaságtudományi Kar Mosonmagyaróvár, <http://kredit.sth.sze.hu/nemall/magyar/bminos.htm>
76. KÁLMÁN F. - NÁDHÁZY GY. (1983): Szárzástesztgyártás, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest

77. KATZ R - COLLINS ND - CARDWELL AB (1961): Hardness and moisture content of wheat kernels. *Cereal Chem.* 38:364-368.
78. KENT, N. (1994): *Technology of Cereals*. Pergamon Press, Oxford, p. 1-210. p.
79. KHATTAK, S.-D'APPOLONIA, B. L.-BANASIK, O. J. (1974): Use of the Alveograph for Quality Evaluation of Hard Red Spring Wheat. *Cereal Chemistry*, 51. 355-363. p.
80. KILBORN R H, - BLACK H C, - DEXTER J E, - MARTIN D G (1982): Energy consumption during flour milling : description of two measuring systems and the influence of wheat hardness on energy requirements. *Cereal Chem* 59 284 - 288.
81. KONOPKA, I., - D. ROTKIEWICZ, - M. TAŃSKA. (2005): Wheat endosperm hardness. Part II. Relationship to content and composition of flour lipids. *Eur. Food Res. Technol.* 220:20-24. p.
82. KOSMOLAK, F.G. (1978): Grinding time – Screening test for kernel hardness in wheat, *Can. J. Plant Sci.* 58:415
83. KRISTÓF, K. (2004): Élelmiszeripari és takarmányipari közel infravörös gyorvizsgáló készülék, (Mill-Tech Kft.) *MezőHír V. évfolyam - 9. szám - 2001 október* Gépészet, <http://www.mezohir.hu>
84. LÁNG, L. – JUHÁSZ, A. – RAKSZEGI, M. – BEDŐ, Z. (2001): A búza keménységmérés ismételtetősége búzában, *Növénytermelés* 50, 497-503. p.
85. LÁSZTITY R. - TÖRLEY D. (1987): *Az élelmiszer-analitika elméleti alapjai*, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
86. LAW CN, YOUNG CF, BROWN JWS, SNAPE JW, WORLAND AJ (1978): The study of grain-protein control in wheat using whole chromosome substitution lines. In: *Seed protein improvement by nuclear techniques* Int Atomic Energy Agency, Vienna 483-502
87. LELLEY J. – RAJHÁTHY T. (1955): *A búza és nemesítése*, Mezőgazd. Kiadó, Budapest
88. LELLEY J. (1967): *A fajtakérdés és a magyar búzafajták*, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
89. LILLEMO, M. (2001): Studies of puroindoline a and b genes and their effect on wheat grain hardness. PhD thesis, <http://arken.nlh.no/~ipfmol/presentation-filer/frame.htm>

90. LLOYD INSTRUMENTS (1991): Materials testing machines, Operating instructions, Copyright: Lloyd Instruments Limited
91. LYFORD C.P. - W. KIDD - P. RAYAS-DUARTE - C. DEYOE (2005): Prediction of flour extraction rate in hard red winter wheat using the single kernel characterization, *Journal of Food Quality* 28 (2005), pp. 279–288.
92. MABILLE, F. – GRILET, J. – ABECASSIS, J. (2001): Mechanical properties of wheat seed coat, *Cereal Chemistry* 78 (3), 231-235.
93. MACMASTERS, M.M., - HINTON, J.J.C. - BRADBURY, D.(1971): Microscopic structure and composition of the wheat kernel. In ‘Wheat: Chemistry and Utilization’, ed. Y. Pomeranz, p.51. American Association of Cereal Chemists, St Paul, Minn.
94. MAGHIRANG, E.B., DOWELL, F.E. (2003): Hardness measurement of bulk wheat by single-kernel visible and near-infrared reflectance spectroscopy . *Cereal Chemistry*. 80(3): 316-322.
95. Magyar Élelmiszerkönyv 2-61/1
96. Magyar Tudományos Akadémia Mezőgazdasági Kutatóintézete: <http://www.mgki.hu>
97. MAKARA, G. (2002): Varianciaanalízis,
<http://xenia.sote.hu/hu/biosci/docs/biometr/lecture/anova1.html>
98. MARSHALL, D.R. – MARES, D.J. – MOSS, H.J. – ELLSION, F.W. (1986): Effects grain shape and size on milling yields in wheat. II. Experimental studies. *Australian Journal of Agricultural Research*, 37, 331-342.
99. MARTIN, C. – ROUSSER, R. – BRABEC, D. (1991): Rapid, single kernel grain characterization system, U.S. Patent No. 5,005,774.
100. MARTIN, C. – ROUSSER, R. – BRABEC, D. (1993): Development of a single-kernel characterization system. *Transaction of ASAE*, Vol 36, No 5, p.1399-1404.
101. MATTERN, P.J. - R. MORRIS, - J.W. SCHMIDT - V.A. JOHNSON. (1973): Location of genes for kernel properties in wheat cultivar ‘Cheyenne’ using chromosome substitution lines. p. 703–707. In E.R. Sears and L.M.S. Sears (ed.) Proc. of the 4th Int. Wheat Genetics Symp., Colombia, MO. 1–6 Aug. 1973. Agric. Exp. Stn., Univ. of Missouri, Columbia, MO.
102. MATUZ, J. – BEDŐ, Z. - ÁCS, E. (2001): Őszi búzafajták szemkeménysége és sütőipari minősége Szegeden. VII. Növénynevelési Tudományos Napok, Budapest, 61. p.

103. MCCLUGGAGE ME (1943): Factors influencing the pearling test for kernel hardness in wheat. *Cereal Chem.* 20:686-700
104. Mill-Tech Kft: <http://www.milltech.hu>
105. MOHOS FERENC (1975): Édesipari termékek gyártása, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
106. MOHSEIN, N (1968): Physical Properties of Plant and Animal Materials, Gordon and Breach
107. MORGAN, B. – DEXTER, C. – PRESTON, K. (2000): Relationship of kernel size to flour water absorption for Canada Western Red Spring wheat. *Cereal Chemistry*, Vol. 77. No.3, 286-292. p.
108. MORRIS CF (1992): Impact of blending hard and soft wheats on milling and baking quality. *Cereal Foods World* 37: 643- 648.
109. MORRIS CF. - GREENBLATT GA. - BETTGE AD. - MALKAWI HI (1994): Isolation and characterization of multiple forms of friabilin. *J. Cereal Sci.* 21:167-174.
110. MORRIS, C.F. - DEMACON, V.L. - GIROUX, M.J. (1999): Wheat grain hardness among chromosomes 5D homozygous recombinant substitution lines using different methods of measurement. *Cereal Chemistry* 76 2, pp. 249–254.
111. MORRISON WR. - LAW CN - WYLIE LJ - COVENTRY AM - SEEKINGS J (1989): The effect of group 5 chromosomes on the free polar lipids and bread making quality of wheat. *J. Cereal Sci.* 9:41-51
112. MOSONYI Á. (1999): Mindig aktuális: a hazai búza minősége, *Molnárók lapja*. 104. évfolyam 5. szám 5-8.
113. MOSONYI Á.- TÓTH J. (1990): Gabonaipari technológiák, Budapest.
114. MOSS, H. J. (1973): Quality standards for wheat varieties. *J. Aust. Inst. Agric Sci.* 39. 109-1. p.
115. MSZ 6367/3-83 Élelmezési, takarmány, ipari magvak és hántolt termékek vizsgálata. Nedvességtartalom meghatározása.
116. MSZ 6367/4:1986 Élelmezési, takarmány, ipari magvak és hántolt termékek vizsgálata. Térfogattömeg, ezermagtömeg, osztályozottság meghatározása.
117. MSZ 6367/9:1989 Élelmezési, takarmány, ipari magvak és hántolt termékek vizsgálata. A búzaliszt laboratóriumi előállítás.

118. MSZ 6369-3: 1987 Lisztvizsgáló módszerek. Hamu- és homoktartalom meghatározása.
119. MSZ 6369-4: 1987 Lisztvizsgáló módszerek. Nedvességtartalom meghatározása
120. MSZ 6369-5:1987 Lisztvizsgáló módszerek. A sikkert vizsgálata
121. MSZ 6369-6: 1988 Lisztvizsgáló módszerek. A vízfellevő képesség és a sütőipari érték vizsgálata
122. MSZ 6383:1998 Búza
123. NEWTON R. - COOK WH - MALLOCH JG (1927): The hardness of the wheat kernel in relation to protein content Sci. Agric.8: 205.
124. NIELSEN, J.P., - BERTRAND, D., - MICKLANDER, E. - COURCOUX, P. - MUNCK, L.(2001): Study of NIR spectra, particle size distributions and chemical parameters of wheat flours: a multiway approach, Journal of Near Infrared Spectroscopy (9) 275-285
125. OBUCHOWSKI, W. - BUSHUK, W. (1980): Wheat hardness: Comparison of methods of its evaluation. Cereal Chemistry 57 6, pp. 421–425.
126. ODA S, - KOMAE K - YASUI T (1992): Relation between starch granule protein and endosperm softness in Japanese wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. Jpn.J. Breed. 42:161-165.
127. OHM, J.B. - CHUNG, O.K. - DEYOE, C.W. (1998): Single-kernel characteristics of hard winter wheats in relation to milling and baking quality. Cereal Chemistry 75 1, pp. 156–161.
128. OSBORNE, B. G. - ANDERSSON, R. S. (2003): Single-kernel characterization principles and applications. Cereal Chemistry 80:613–622.
129. OSBORNE, B.G. - KOTWAL, Z. - BLAKENEY, A.B. - O'BRIEN, L. - SHAH, S. - FEARN, T. (1997): Application of the single kernel characterisation system to wheat receiving testing and quality prediction. Cereal Chemistry 74 4, pp. 467–470.
130. OSBORNE, B.G. (1986): Near infrared spectroscopy in food analysis, Longman Group UK Ltd., Essex,
131. P. GREENWELL - J.D. SCHOFIELD (1986): Cereal Chem. 63. pp. 379–380.

132. PEARSON, T. - WILSON, J. - GWIRTZ, J. - MAGHIRANG, E. - DOWELL, F. E. et al. (2007): Relationship between single wheat kernel particle-size distribution and perten skcs 4100 hardness index. *Cereal Chemistry* Volume 84.
133. PELEG M, - BAGLEY EB (1982): *Physical Properties of Food*. AVI Publishig, Westport
134. PENCE RO (1935): Hardness in wheat *Am. Miller* 63: 20-28.
135. PERTEN (2002): *SKCS 4100 Operational Manual*, Perten Inc.
136. PHILLIPS DP - NIERNBERGER FF (1976): milling and baking quality of yellow berry and dark, hard and vitreous wheats. *Bakers Dig.* 50 (1): 42, 44, 46-48.
137. POLLHAMMER E. (1981): *A búza és a liszt minősége*, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
138. POMERANZ Y - WILLIAMS PC (1990): Wheat hardness: its genetic, structural and biochemical background, measurements and significance. In: *Advances in Cereal Science and Technology*, AACC, St. Paul, vol. X: 471-544
139. POMERANZ Y. - C. R. MARTIN - R. ROUSSER - D. BRABEC - F. S. LAI (1988):. Wheat Hardness Determined by a Single Kernel Compression Instrument with Semiautomated Feeder. *The American Association of Cereal Chemists, Inc.*
140. POMERANZ Y. - S. AFEWORK, - F. S. LAI (1985): Determination of Hardness in Mixtures of Hard Red Winter and Soft Red Winter Wheats. I. Bulk Samples. *The American Association of Cereal Chemists, Inc.*
141. POMERANZ, Y. (1984): A gabonaszem szerkezete és technológiai minősége I., *Élelmezési Ipar*. No. 7., p. 241-247. p.
142. POMERANZ, Y. (1990): *Advances in cereal science and technology*. Vol. X. AACC Publication, St. Paul, MN
143. PSOTKA, J. (1997): Single Kernel Characterization System, I. *International Wheat Quality Conference, Manhattan, proceeding*, 129-140. p.
144. R. PUJOL - C. LÉTANG - I. LEMPEREUR - M. CHAURAND - F. MABILLE - J. ABECASSIS: Description of a Micromill with Instrumentation for Measuring Grinding Characteristics of Wheat Grain. *Cereal Chem.* 77(4): 421-427. p.
145. RAKSZEGI, M. - JUHÁSZ A. - LÁNG L. - BEDŐ Z.(2000): Eltérő endospermium szerkezetű búzafajták reológiai tulajdonságainak vizsgálata, *Növénytermelés* 49, 599-606. p.

146. RAKSZEGI, M. - LÁNG L. – JUHÁSZ, A. – BEDŐ, Z. (2002): Egyes technológiai tulajdonságok és a szem endospermium szerkezetének változása eltérő generációkban a búzánál (*Triticum aestivum* L.), *Növénytermelés* 51, 627-637. p.
147. RESCH JJ, - DAUBERT CR (2002): Rheological and physicochemical properties of derivatized whey protein concentrate powders. *Intern Journal of Food Properties* 5: 419. p.
148. ROBERTS HF (1910): A quantitative method for the determination of hardness in wheat Kans. Agric. Exp. Stn. Bull. 167: 371-390.
149. ROSENTHAL AJ (1999): Food Texture, Perception and Measurement. Aspen Publishers Gaithersburg, 89 p.
150. S. R. BEAN - O. K. CHUNG - M. R. TUINSTRA - J. F. PEDERSEN - J. ERPELDING (É.n.): Evaluation of the Single Kernel Characterization System (SKCS) for Measurement of Sorghum Grain Attributes. USDA-ARS, Grain Marketing and Production Research Center, Manhattan, KS 66502, *Cereal Chemistry* 83(1):108-113. p.
151. SATUMBAGA, R. - MARTIN, C. - EUSTACE, D. - DEYOE, C. W. (1995): Relationship of physical and milling properties of hard red winter wheat using the single-kernel wheat characterisation system. Association of Operative Technology Bulletin, January. 6487–6496
152. SERVITEC KFT: <http://www.pointernetpds.hu/ujsagok/agrazagazat/2003-ev/05-majus/agrazag-05.html>
153. SHADOW, W. – CARRASCO, A. (2000): Practical single-kernel NIR/visible analysis for small grains. *Cereal Foods World*, Vol 45, No 1, 16-18. p.
154. SHAW GW - GAUMNITZ AJ (1911): Californian white wheats. Bull. Calif. Agric. Exp. Stn. 212:315-394.
155. SHOLLENBERGER JH - COLEMAN DA (1926): Relation of kernel texture to the physical characteristics, milling and baking qualities and chemical composition of wheat. US Dep Agric Dept. Bull. 1420.
156. SISSONS, M.J. - OSBORNE, B.G. - HARE, R.A. - SISSONS, S.A. - JACKSON, R. (2000): Application of the single-kernel characterisation system to durum wheat testing and quality prediction. *Cereal Chemistry* 77 1, pp. 4–10.
157. SITKEI, GY. (1981): Mezőgazdasági anyagok mechanikája, Akadémiai Kiadó, Budapest

158. STEFFE JF (1996): Rheological Methods in food Process Engineering, 2nd edN. Freeman Press, East Lansing.
159. STENVERT NL (1974): Grinding resistance, a simple measure of wheat hardness. Flour Anim. Feed Milling 156:24-25, 27.
160. SVÁB J. (1979): Többváltozós módszerek a biometriában, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
161. SYMES, K.J. (1965): The inheritance of grain hardness in wheat as measured by particle size index. Aust. J. Agric. Res. 16:113–123.
162. TANÁCS L. (2003): Élelmiszerek növényi eredetű nyersanyagai, SZTE-SZÉF jegyzet, 6-22. p.
163. TANÁCS L. (2005): Élelmiszer-ipari nyersanyagismeret, Szaktudás Kiadó Ház, Budapest
164. TARUTIN PP - ORLOFF NM (1935): Crushing resistance of the wheat grain after treatment by ultra short waves, Am. Miller 63 (12) : 36-42.
165. TOMAY T. (1971): Gabonaipari kézikönyv, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
166. TOMAY T. (1987): Gabonátárolás, Gabona Tröszt, Budapest.
167. TÖMÖSKÖZI S. – NÁDOSI M. – BÚVÁR G. – LÁNG L. – SALGÓ ANDRÁS – BEDŐ Z. (2008): A Pannon búza minőségi kritériumrendszere, Szerk.: Bedő Zoltán: A Pannon minőségű búza nemesítése és termesztése, AGROINFORM, Budapest
168. TRIPETTE, A. – RENAULD, P. (1988) Alveograf Instruction Manual
169. VÉHA, A. - GYIMES E.: Szemkeménység vizsgáló módszerek összehasonlítása őszi búzák esetében, <http://www.date.hu/kiadvany/tessedik/4/veha.pdf>
170. VÉHA, A. – GYIMES, E. – SZABÓ, P. B. – GYŐRI, Z. (2008): Correlation between the flour quality and the kernel hardness in Hungarian winter wheat varieties, Bosphorus 2008 ICC International Conference, April 24-26, 2008, Istanbul, TURKEY
171. VÉHA, A. – GYIMES, E. – BÖLÖNI, I. (1998): Különféle búzafajták szemkeménységének vizsgálata az aprítási ellenálás mérése alapján. GATE-FM Műszaki Intézet Gödöllő, Vol. II. 25-30. p.

172. VÉHA, A. – GYIMES, E. – BÖLÖNI, I. (1998): Különféle búzafajták szemkeménységének vizsgálata az aprítási ellenállás mérése alapján. GATE-FM Műszaki Intézet Gödöllő, Vol. II. p. 25-30.
173. VÉHA, A. – GYIMES, E. (1999): Investigation of Kernel Hardness In Winter Wheat Varieties with Hammermill. Cereal Research Communications Vol. 27. No. 4, p. 463-470
174. VÉHA, A. (2005):Búzafajták endospermium szerkezetének (szemkeménységének) és lisztminőségének vizsgálata, Habilitációs és PhD előadások
175. VIDA, GY. – BEDŐ, Z. (1999): Őszi aestivum és durum-búza genotípusok szemkeménysége és más sütőipari minőségi tulajdonsági közötti összefüggések elemzése főkomponens-analízissel. Növénytermelés, Vol. 48. No. 1, p. 33-42.
176. W. R. WINDHAM - C. S. GAINES - R. G. LEFFLER (1993): Effect of Wheat Moisture Content on Hardness Scores Determined by Near-Infrared Reflectance and on Hardness Score Standardization. The American Association of Cereal Chemists, Inc.
177. WERLI J. (2002): Sütőipari technológia I., Agrárszakoktatási Intézet, Budapest
178. WILLIAMS PC - SOBERING DC (1988): Influence of moisture on testing hardness in wheat. (Abstr. 239) Cereal Foods World 33:696.
179. WORZELLA, W. W. - CUTLER, G. H. (1939): A critical study of technique for measuring granulation of whole meal. *J. Agric. Re.* 58. 329-341. p.
180. www.agraroldal.hu/korrelacio_szotar.html
181. YAMAZAKI, W. (1972): A modified Particle Size Index test for kernel texture in soft wheat. *Crop Science* Vol. 12, No. 1, p. 116.

M2: Jó és rossz siker tulajdonságai (sütőipari szempontból)

Tulajdonság	Jó siker	Rossz siker
Szín, fény	Sárgásfehér, gyöngyház fényű	Szürkésfehér, matt
Nedves siker mennyiség	>27	<27
Siker viszonyszám	SV ≈ 2,8	SV<2,8 , SV>2,8
Vízfelvétel	Gyors vízfelvétel	Lassú vízfelvétel
Szívósság	Közepesen szívós	Gyenge vagy erős
Rugalmasság	Jó (rugalmas)	Rossz (rugalmatlan)
Nyújthatóság	Közepesen nyújtható	Nem vagy nagyon nyújtható

M3: Fehérje és a keményítő eloszlása a búzaszemben (Hinton 1953, MacMasters et al. 1971)

Szem részei	Mennyisége %	Keményítő %	Fehérje %
Pericarp, testa	8	0	4,5
Aleuron	7	0	15,5
Endosperm	82,5	100	72,0
Scutellum	1,5	0	4,5
Csíra	1	0	3,5

M4: A búzaszem ásványi anyagai

Makroelemek		Mikroelemek	Nyomelemek	
Kálium	Kalcium	Vas	Réz	Ón, Irídium
Foszfor	Nátrium	Cink	Bróm, Bór	Titán
Kén	Szilícium	Mangán	Kobalt	Fluor, Nikkel
Magnézium	Klór		Lítium	Ólom
			Alumínium	Molibdén

M5: A búzaszem hamutartalom eloszlása (Tanács 2005.)

Szín endospermium	0,35-0,45 %
Szín héj	9,5-10,5 %
Szín csíra	2,5-3,5 %
Búzaszem	1,6-2,2 %

M6: A búza minőségét befolyásoló tulajdonságok csoportosítása (Kajdi 2004)

Tényező	Jelentősége		
Csoport	Meghatározó	Átlagos	Mérsékelt
Biológiai	Fajta		
	minőségi tulajdonságai		
	agronómiai tulajdonságai		
Ökológiai	Éghajlat	Talaj	
	csapadék mennyiség	fizikai tulajdonságai	
	csapadék megoszlás	kémiai tulajdonságai	
	hőmérséklet		
	Napfény		
Agrotechnikai	Tápanyag	Elővetemény	Talajelőkészítés
	N-adag	direkt hatás	
	N-megosztása	Indirekt hatás	
	NPK-arány		
	Öntözés	Növényvédelem	
	Betakarítás	Kórokozók	
	Idő	Kártevők	
	Tárolás	Gyomok	
		Vetés	
		Ideje	
		állomány-sűrűség	

M7: A Lloyd 1000 R műszer paramétereit:

- Maximum erő: 5 kN
- Összes erő sorozat: 0,25-5 kN
- Erőmérő pontossága: Jobb, mint 1%
- Keresztfej sebessége: 0,2-1000 mm/min
- Keresztfej sebesség pontossága: +/- 0,5 %
- Maximum munka szélesség az oszlopok között: 400 mm
- Maximum keresztfej elmozdulás: 1100 mm
- Keresztfej sorozat beállítás: 1-1000 mm
- Keret merevsége (a cellák nélkül): Nagyobb, mint 25 kN/mm
- Feszültség: 220 V / 240 V (50 Hz) vagy 110 V / 120 V (60 Hz)
- Teljesítmény: 500 watt
- A keret főbb méretei: Magasság 1550 mm
Méllység 500 mm
Szélesség 600 mm
- Konzol méretei: Magasság 390 mm
Szélesség 340 mm
Méllység 80 mm

Tömeg: 105 kg

M8: Az „A” jelű mintasor Lloyd műszerrel mért eredményei, függőleges helyzetben,
nedvességtartalom: 10,59%

A tételek jelölése	Rugalmissági modulus (N/mm ²)	Rugóállandó (N/mm)	Merekség (°)	Maximális törőerő (N)	Törőmunka (N*mm)
A1	578,410	1172,655	49,073	246,822	53,851
A2	661,812	1385,654	54,180	288,580	64,588
A3	712,780	1435,504	54,770	294,284	60,428
A4	679,149	1331,470	52,601	285,760	63,120
A5	596,905	1225,349	50,228	268,016	66,990
A6	568,080	1165,315	49,000	246,200	64,862
A7	751,980	1459,473	55,365	369,968	91,887
A8	698,734	1506,692	55,960	407,863	100,787
A9	841,560	1557,430	56,750	408,380	106,78
A10	787,211	1448,039	54,887	421,770	105,542
A11	653,840	1262,500	50,927	313,140	76,660
A12	914,579	1601,942	57,828	394,695	101,090

M9: Az „A” jelű mintasor Lloyd műszerrel mért eredményei, vízszintes helyzetben,
nedvességtartalom: 10,59%

A tételek jelölése	Rugalmissági modulus (N/mm ²)	Rugóállandó (N/mm)	Merekség (°)	Maximális törőerő (N)	Törőmunka (N*mm)
A1	96,919	580,472	29,770	112,430	19,610
A2	99,030	609,450	31,240	107,580	18,265
A3	108,200	922,620	33,770	120,640	18,690
A4	102,230	659,920	33,140	117,410	18,396
A5	102,990	579,520	29,810	98,890	14,940
A6	108,080	602,550	30,940	103,850	20,346
A7	123,900	772,960	37,530	118,720	13,690
A8	115,250	710,180	35,210	114,980	12,550
A9	133,230	717,820	35,570	135,050	18,850
A10	114,290	634,776	32,188	111,710	12,480
A11	142,710	743,400	36,430	120,710	12,660
A12	121,750	746,779	36,388	126,903	11,990

M10: A „B” jelű mintasor Lloyd műszerrel mért eredményei, függőleges helyzetben,
nedvességtartalom: 13,52%

A tételek jelölése	Rugalmassági modulus (N/mm ²)	Maximális törőerő (N)	Merekség (°)	Törőmunka (N*mm)
B1	1010,99	123,81	31,85	14,98
B2	1726,72	211,21	46,17	26,60
B3	1193,70	160,22	36,52	20,55
B4	1287,68	162,14	34,54	23,25
B5	1884,78	260,82	46,77	41,26
B6	1563,73	239,46	41,82	41,57
B7	1810,62	282,35	46,13	50,00
B8	2049,02	367,45	51,82	74,82
B9	2087,37	343,89	50,20	66,45
B10	1985,99	309,26	50,67	55,85
B11	2133,84	358,27	52,48	68,01

M11: A „B” jelű mintasor Lloyd műszerrel mért eredményei, vízszintes helyzetben,
nedvességtartalom: 13,52%

A tételek jelölése	Rugalmassági modulus (N/mm ²)	Maximális törőerő (N)	Merekség (°)	Törőmunka (N*mm)
B1	83,76	73,47	25,83	9,52
B2	96,81	91,79	28,34	12,6
B3	80,15	81,61	25,22	11,63
B4	87,84	91,7	26,56	18,76
B5	103,86	103,31	34,04	10,78
B6	107,75	107,12	31,83	11,67
B7	111,43	109,19	31,92	12,99
B8	129,2	140,76	39,15	12,65
B9	128,51	125,05	37,41	11,4
B10	108,69	103,65	31,92	14,17
B11	132,39	154,78	35,31	22,73

M12: A „C” jelű mintasor Lloyd műszerrel mért eredményei, függőleges helyzetben,
nedvességtartalom: 12,71%

A tételek jelölése	Rugalmassági modulus (N/mm ²)	Maximális törőerő (N)	Rugóállandó (N/mm)	Törőmunka (N*mm)
C1	1086,21	188,89	655,93	55,18
C2	922,36	203,60	555,82	55,79
C3	873,54	184,19	562,08	53,85
C4	1043,85	223,49	648,46	59,31
C5	1022,86	214,68	613,62	61,94
C5	1175,76	256,92	682,92	71,66
C7	1016,51	232,70	614,97	67,74
C8	1087,18	272,96	642,75	71,65
C9	999,94	248,70	634,31	69,39
C10	1229,70	219,15	721,03	55,05
C11	1035,84	222,61	607,57	58,59

M13: A „C” jelű mintasor Lloyd műszerrel mért eredményei, vízszintes helyzetben,
nedvességtartalom: 12,71%

A tételek jelölése	Rugalmassági modulus (N/mm ²)	Maximális törőerő (N)	Rugóállandó (N/mm)	Törőmunka (N*mm)
C1	99,93	83,41	520,93	23,39
C2	89,27	92,09	499,19	33,01
C3	85,72	92,08	485,58	33,32
C4	105,37	80,07	569,7	18,07
C5	110,46	99,72	513,09	30,33
C5	105,46	101,3	586,12	27,74
C7	105,45	98,39	596,04	33,28
C8	102,10	92,46	608,41	25,42
C9	94,07	93,7	551,41	29,8
C10	108,37	115,34	634,14	39,71
C11	95,22	94,75	575,34	27,76

M14: „A” jelű mintasor: Korrelációs mátrix (nedvességtartalom: 10,59%)

	Young rug.mod. (N/mm ²) F	Rugóállandó (N/mm) F	Max törőerő (N) F	Törőmunka (N*mm) F	Young rug.mod. (N/mm ²) V	Rugóállandó (N/mm) V	Max törőerő (N) V	Törőmunka (N*mm) V	Perten SKCS 4100 (HI)	NIR szemkeménység
Young rug.mod. (N/mm ²) F	1									
Rugóállandó (N/mm) F	0,92503	1								
Max törőerő (N) F	0,83814	0,86573	1							
Törőmunka (N*mm) F	0,79625	0,78500	0,97058	1						
Young rug.mod. (N/mm ²) V	0,50626	0,40942	0,57498	0,63005	1					
Rugóállandó (N/mm) V	0,48020	0,54727	0,33040	0,20805	0,45896	1				
Max törőerő (N) V	0,75975	0,69512	0,58217	0,52456	0,65911	0,63233	1			
Törőmunka (N*mm) V	-0,45796	-0,44013	0,65037	-0,64521	-0,5024	-0,19001	0,12316	1		
Perten SKCS 4100 (HI)	0,72016	0,61178	0,83085	0,88980	0,78663	0,12890	0,57658	-0,72206	1	
NIR szemkeménység	0,69503	0,65235	0,88614	0,91591	0,81230	0,29525	0,60119	-0,7391	0,95471	1

M15: „B” jelű mintasor: Korrelációs mátrix (nedvességtartalom: 13,52%)

	Young rug.mod. (N/mm ²) F	Max törőerő (N) F	Merekség (°) F	Törőmunka (N*mm) F	Young rug.mod. (N/mm ²) V	Rugóállandó (N/mm) V	Merekség (°) V	Max törőerő (N) V	Törőmunka (N*mm) V	Perten SKCS 4100 (HI)	e _r (mWh/cm ²)
Young rug.mod. (N/mm ²) F	1										
Max törőerő (N) F	0,95853	1									
Merekség (°) F	0,98685	0,95011	1								
Törőmunka (N*mm) F	0,91038	0,98945	0,89756	1							
Young rug.mod. (N/mm ²) V	0,90782	0,96756	0,88389	0,97041	1						
Rugóállandó (N/mm) V	0,85959	0,93086	0,83923	0,94438	0,93554	1					
Merekség (°) V	0,88984	0,94325	0,86094	0,94854	0,94776	0,99403	1				
Max törőerő (N) V	0,83949	0,91766	0,81896	0,92498	0,95206	0,87470	0,87674	1			
Törőmunka (N*mm) V	0,53695	0,55321	0,55414	0,52327	0,56587	0,32885	0,34359	0,71237	1		
Perten SKCS 4100 (HI)	0,90193	0,93934	0,88071	0,93898	0,89691	0,89172	0,91432	0,77020	0,34653	1	
e _r (mWh/cm ²)	0,86342	0,92542	0,83720	0,93734	0,88656	0,89599	0,91737	0,77312	0,32290	0,99107	1

M16: „C” jelű mintasor: Korrelációs mátrix (nedvességtartalom: 12,71%)

	Perten SKCS 4100 HI	Young rug.mod. (N/mm ²) F	Törőerő (N) F	Törőmunka (N*mm) F	Young rug.mod. (N/mm ²) V	Törőerő (N) V	Törőmunka (N*mm) V
Perten SKCS 4100 HI	1						
Young rug.mod. (N/mm ²) F	0,595672	1					
Törőerő (N) F	0,673209	0,440084	1				
Törőmunka (N*mm) F	0,678957	0,253797	0,912358	1			
Young rug.mod. (N/mm ²) V	0,746143	0,738853	0,379806	0,331234	1		
Törőerő (N) V	0,587964	0,500976	0,206963	0,101179	0,359207	1	
Törőmunka (N*mm) V	0,178865	0,006047	-0,17278	-0,1929	-0,10641	0,820028	1

M17: Hardness Index és a beltartalmi paraméterek kapcsolata („B” jelű mintasor)

	Nedv. tart. (%)	Kiőrlés (%)	VFK (%)	Nedves siker (%)	Szívósság P (mm)	Nyújthatóság L (mm)	P/L	Def. Munka W(*10-4) J	Perten SKCS 4100 HI
Nedv. tart. (%)	1								
Kiőrlés (%)	0,417167	1							
VFK (%)	-0,34661	-0,40217	1						
Nedves siker (%)	-0,53101	-0,66087	0,756428	1					
Szívósság P (mm)	-0,26021	-0,29428	0,871366	0,545685	1				
Nyújthatóság L (mm)	0,175996	-0,05976	-0,0016	0,401301	-0,22689	1			
P/L	-0,20074	-0,15142	0,613469	0,172095	0,880749	-0,62924	1		
Def. Munka W (*10-4) J	-0,20136	-0,22877	0,732211	0,713431	0,778449	0,374328	0,441981	1	
Perten SKCS 4100 HI	-0,6372	-0,43707	0,876713	0,833246	0,806425	0,021813	0,562642	0,773834	1

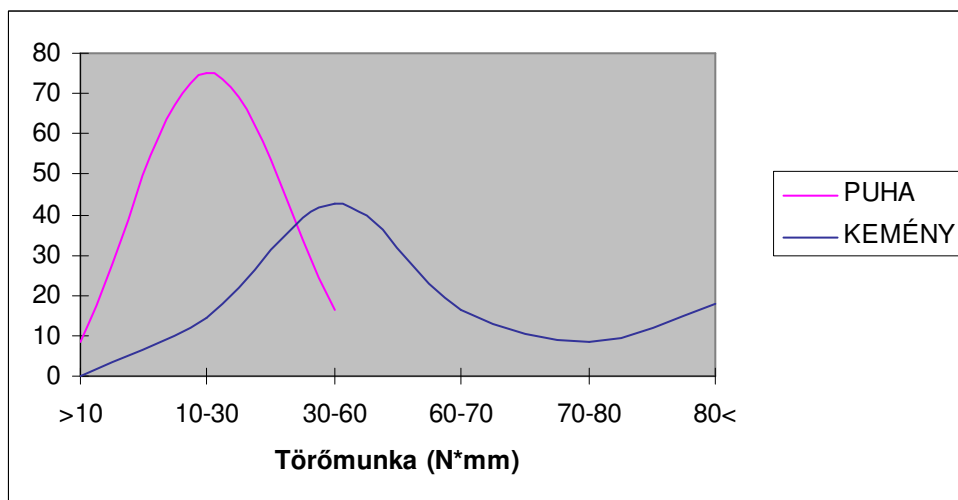
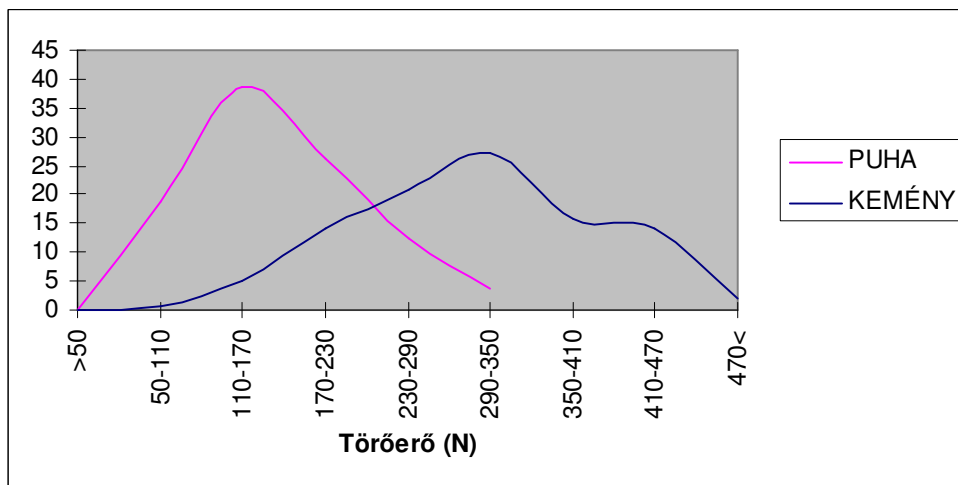
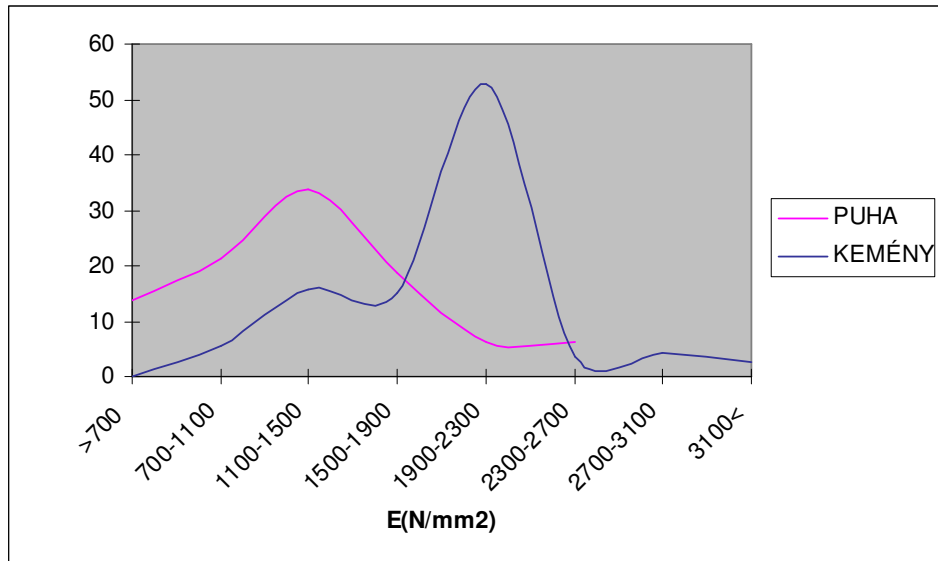
M18: Kvázi statikus mérés (függőleges helyzet) és a beltartalmi paraméterek kapcsolata („B” jelű mintasor)

	Nedv. tart. (%)	Kiőrlés (%)	VFK (%)	Nedves siker (%)	Szívósság P (mm)	Nyújthatóság L (mm)	P/L	Def. Munka W(*10-4) J	Young rug.mod. E(N/mm ²)	Törőerő Ft(N)	Törőmunka Wt (N*mm)
Nedv. tart. (%)	1										
Kiőrlés (%)	0,417167	1									
VFK (%)	-0,34661	-0,40217	1								
Nedves siker (%)	-0,53101	-0,66087	0,756428	1							
Szívósság P (mm)	-0,26021	-0,29428	0,871366	0,545685	1						
Nyújthatóság L (mm)	0,175996	-0,05976	-0,0016	0,401301	-0,22689	1					
P/L	-0,20074	-0,15142	0,613469	0,172095	0,880749	-0,62924	1				
Def. Munka W(*10-4) J	-0,20136	-0,22877	0,732211	0,713431	0,778449	0,374328	0,441981	1			
Young rug. mod. E(N/mm ²)	-0,52306	-0,38464	0,720874	0,854011	0,613852	0,261386	0,312887	0,770634	1		
Törőerő Ft(N)	-0,60396	-0,41833	0,773846	0,823973	0,636166	0,066346	0,399397	0,648031	0,95854	1	
Törőmunka Wt (N*mm)	-0,62732	-0,45834	0,795018	0,802558	0,643185	-0,01728	0,435223	0,582955	0,910369	0,989448	1

M19: Kvázi statikus mérés (vízszintes helyzet) és a beltartalmi paraméterek kapcsolata („B” jelű mintasor)

	Nedv. tart. (%)	Kiörlés (%)	VFK (%)	Nedves sikér (%)	Szívósság P (mm)	Nyújthatóság L (mm)	P/L	Def. Munka W(*10-4) J	Young rug.mod. E(N/mm2)	Törőerő Ft(N)	Törőmunka Wt (N*mm)
Nedv. tart. (%)	1										
Kiörlés (%)	0,417167	1									
VFK (%)	-0,34661	-0,40217	1								
Nedves sikér (%)	-0,53101	-0,66087	0,756428	1							
Szívósság P (mm)	-0,26021	-0,29428	0,871366	0,545685	1						
Nyújthatóság L (mm)	0,175996	-0,05976	-0,0016	0,401301	-0,22689	1					
P/L	-0,20074	-0,15142	0,613469	0,172095	0,880749	-0,62924	1				
Def. Munka W(*10-4) J	-0,20136	-0,22877	0,732211	0,713431	0,778449	0,374328	0,441981	1			
Young rug.mod. E(N/mm2)	-0,60315	-0,50999	0,738004	0,828306	0,58346	0,061515	0,372117	0,569931	1		
Törőerő Ft(N)	-0,52086	-0,45673	0,566503	0,702296	0,401793	0,048043	0,242667	0,389082	0,952068	1	
Törőmunka Wt (N*mm)	-0,26432	-0,50159	-0,20813	0,227911	-0,21387	0,068711	-0,19775	-0,14106	0,321111	0,521875	1

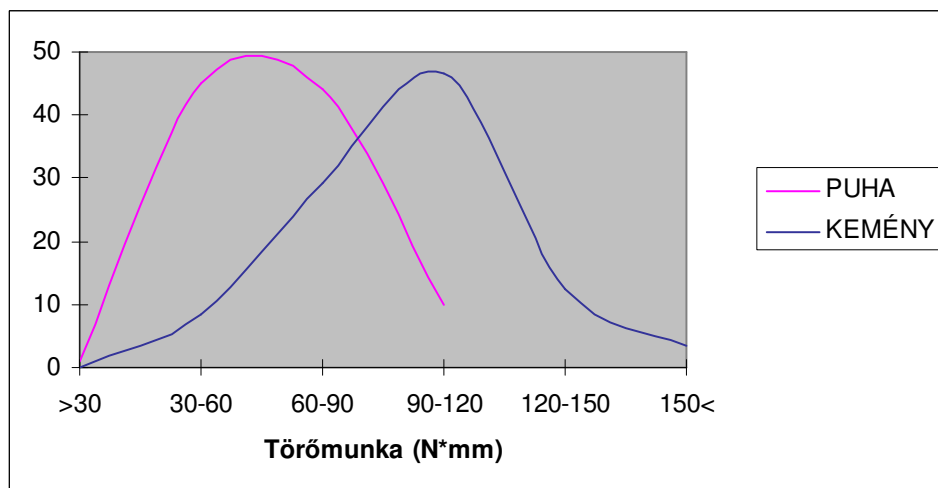
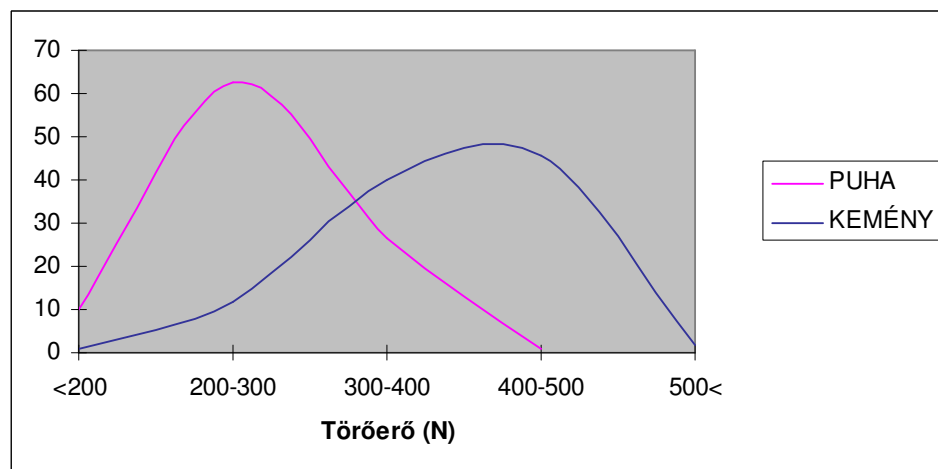
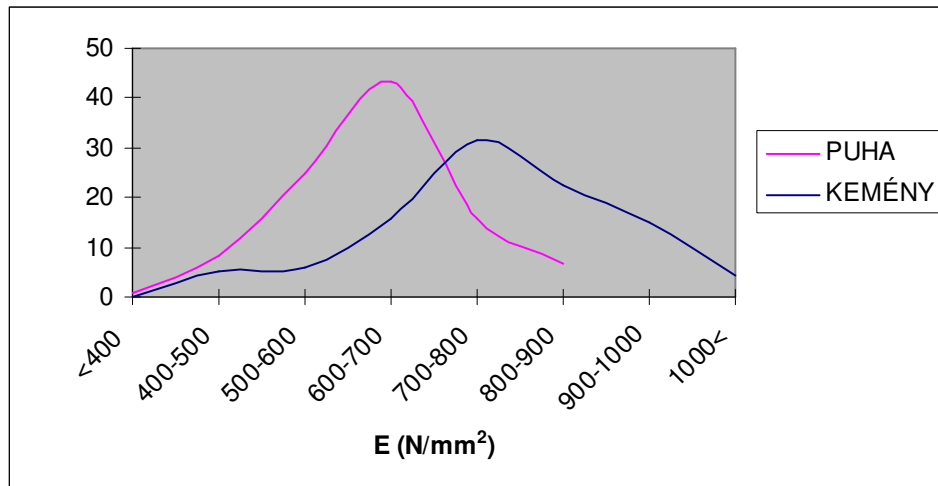
M20: „B” jelű mintasor deformációs modulus (E), törőerő és a törőmunka sűrűségfüggvénye



A keménységi osztályok összehasonlítása (P - puha, K-kemény), „B” jelű mintasor, függőleges helyzetben

A tételek jelölése	SKCS 4100 típusú műszerrel mért Hardness Index alapján	Deformációs modulus (N/mm²) alapján	Törőerő (N) alapján	Törőmunka (N*mm) alapján
B1	P	P	P	P
B2	P	P	P	P
B3	P	P	P	P
B4	P	P	P	P
B5	K	P	P	P
B6	K	P	P	P
B7	K	P	K	K
B8	K	K	K	K
B9	K	K	K	K
B10	K	P	K	K
B11	K	K	K	K

M21: „A” jelű mintasor deformációs modulus (E), törőerő és a törőmunka sűrűségfüggvénye



A keménységi osztályok összehasonlítása (P - puha, K-kemény), „A” jelű mintasor, függőleges helyzetben

A tételek jelölése	SKCS4100 típusú műszerrel mért Hardness Index alapján	Deformációs modulus (N/mm²) alapján	Törőerő (N) alapján	Törőmunka (N*mm) alapján
A1	P	P	P	P
A2	P	P	P	P
A3	P	P	P	P
A4	P	P	P	P
A5	P	P	P	P
A6	P	P	P	P
A7	K	P	P	P
A8	K	P	K	K
A9	K	K	K	K
A10	K	K	K	K
A11	K	P	P	P
A12	K	K	K	K

M22: A témakörben megjelent publikációk

2005

1. **Balázs P. Szabó**, Antal Véha, Ernő Gyimes: Different Methods for Determining Kernel Hardness, SZTE SZÉF, Review of Faculty of Food Engineering, p. 42-45, ISSN 1785-3419
2. **Szabó P. Balázs**, Véha Antal, Gyimes Ernő: Lloyd 1000 R állományvizsgáló készülék búza szemkeménység mérésére való alkalmasságának vizsgálata, SZTE SZÉF Tudományos Közlemények, p. 80-85, ISSN 1785-3419
3. **Szabó P. Balázs**, Véha Antal, Gyimes Ernő: Dinamikus és statikus keménységmérés összehasonlítása viszko-elasztikus anyag (búzaszem) esetében, X. Fiala Műszaki Tudományos Ülésszaka p. 181-184, ISBN 973-8231-44-2 , Kolozsvár
4. **Szabó P. Balázs**: Kísérletek különböző szemkeménységű búzák keménységének biomechanikai modellezésére, Erdei Ferenc III. Tudományos Konferencia, Kecskemét, p. 1057-1061, ISBN 963 7294 55 4 II. kötet
5. Véha Antal, Gyimes Ernő, **Szabó P. Balázs**: A búza szemkeménységének dinamikus és statikus módszerrel való mérése. MTA Agrár-Műszaki Bizottság Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás, p. 118-121, Gödöllő, ISBN 963 611 430 7
6. Antal Véha, Ernő Gyimes, **Balázs P. Szabó**: Analysing of three different kernel hardness methods of winter wheat varieties, Innovation and Utility in the Visegrad Fours, International Scientific Conference, October 13-15, 2005, Nyíregyháza, p. 483-486.
7. Antal Véha, Ernő Gyimes, Erzsébet Markovics, **Balázs Szabó P.**, Gábor Szabó, József Fenyvessy: Relationship among the agrophysical and milling parameters of winter wheat, IWQC-III, Manhattan, Kansas, Usa, p. 56
8. **Szabó P. Balázs**, Dr. Gyimes Ernő, Dr. Véha Antal: Búzaszem keménységének mérése roncsolásos módszerekkel, XLVII. Georgikon Napok (poszter), Keszthely, 2005 szeptember 29-30. ISBN 963 9639 03 6, CD, összefoglalás ISBN 963 9096 99 7, p. 231.
9. A. Véha, E. Gyimes, **B. Szabó P.**: Dynamic and static methods of kernel hardness measurement, Hungarian Agricultural Engineering, p. 7, HU ISSN 0864-7410

2006

1. Véha Antal, Gyimes Ernő, **Szabó P. Balázs**: Különböző szemkeménységű búzák biomechanikai modellezése, MTA Agrár-Műszaki Bizottság Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás, p. 51, ISBN 963 611 437 4 Gödöllő
2. **Balázs P. Szabó**, Ernő Gyimes, Antal Véha: Physico-mechanical investigation on different winter wheat varieties, 4th International Scientific Symposium, 10-11 Oktober , 2006, Oradea, p. 607-611, ISBN (10) 973-759-158-5; ISBN (13) 978-973-759-158-6; HU ISBN-10: 963-9274-99-2; HU ISBN-13: 978-963-9274-99-0
3. **Szabó P. Balázs**: A búza szemkeménységének a meghatározása a Lloyd 1000 R állományvizsgáló segítségével, VII. Nemzetközi Élelmiszertudományi Konferencia, Szeged, április 20-21. p. 64-65. ISBN 963 482 676 2
4. **Balázs P. Szabó**, Antal Véha, Ernő Gyimes, Erzsébet Markovics: Physico-mechanical and dough reological investigations on different Hungarian winter wheat varieties, The First International Congress on Food Safety, 11-14 June, 2006, Budapest, p. 86-87. ISSN 1819-7779
5. **Szabó P. Balázs**: Kísérletek viszkoelasztikus biológiai anyag fiziko-mechanikai tulajdonságainak vizsgálatára, XI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, Kolozsvár, március 24-25. ISBN 973-8231-50-7
6. Gyimes, E., **Szabó, P. B.**, Véha, A., Bakos T.-né: A lisztminőség hatása a technológiára és a minőségre édesipari termékek esetén, VII. Nemzetközi Élelmiszer Tudományi Konferencia, Szeged, 04.20-21. (előadás) Abstract p.26. Proceedings: In CD-ROM, ISBN 963 482 577 X
7. **Balázs P. Szabó**, Ernő Gyimes, Antal Véha: Static method for measuring wheat kernel hardness, Within the European Union III. International Conference Mosonmagyaróvár, 6-7 April 2006. ISBN 963 9364 67 3
8. **Balázs P. Szabó**, Antal Véha, Ernő Gyimes: Determining the kernel hardness of visco-elastic material (wheat kernel) with different methods, VII. Nemzetközi Élelmiszertudományi Konferencia, Szeged, április 20-21., ISBN 963 482 577 X

2007

1. **Balázs P. Szabó**, Antal Véha, Ernő Gyimes: Measuring the wheat kernel hardness, SZTE SZÉF, Review of Faculty of Engineering, ISSN 1788-6392, p. 97-100

2. **Balázs P. Szabó:** Measuring the wheat parameters, PhD Hallgatók VI. Nemzetközi Konferenciája, Miskolci Egyetem, 2007. aug. 12-18, Miskolc, p. 155-159, ISBN 978-963-661-776-9
3. **Szabó P. Balázs,** Véha Antal, Gyimes Ernő: A búza szemkeménységének a meghatározása Lloyd 1000 R állományvizsgálóval, MTA-AMB 2007. évi XXXI. Tematikus kutatási és fejlesztési tanácskozás, Gödöllő (poszter), p. 29, ISBN 978-963-611-442-8, Proceeding Vol. 2. p. 56-59.
4. Véha, A., Gyimes, E., Szabó, P. B.: Modellkísérletek búza és őrlemények mikotoxin tartalmának meghatározására, Lippay-Ormos-Vas Tudományos Ülésszak Budapest november 7-8. Abstract p. 150-151

2008

1. **Szabó P. Balázs,** Véha Antal: Physico-mechanical properties of winter wheat, Cereal Research Communications Vol. 36, 2008. p. 1003-1006.
2. Véha, A., Gyimes, E., **Szabó, P. B.:** Flour quality and wheat hardness connection, *Analecta Technica Szegeiensia (Review of Faculty of Engineering)* ISSN 1788-6392, Vol.I pp.107-111.
3. **Szabó P. Balázs,** Véha Antal, Gyimes Ernő: Étkezési búza (*Triticum aestivum*) szemkeménységének meghatározása különböző módszerekkel, XVI. Élelmiszer Minőségellenőrzési Tudományos Konferencia, Tihany, 2008. április 24-25. p. 329-337.
4. Gyimes Ernő, **Szabó P. Balázs:** Különféle típusú búzák aprózódási tulajdonságai, MTA AMB K+F Tanácskozás, ISBN 978-963-611-449-7, 51. o.
5. Markovics, Erzsébet, Gyimes, Ernő, **Szabó P., Balázs,** Véha, Antal: Wheat flour quality: an agrophysical approach, ICoSTAF2008, Nov. 5-6, 2008., Szeged, Hungary, p. 177-182
6. Véha, Antal, Gyimes, Ernő, **Szabó P., Balázs,** Markovics, Erzsébet: Impact of wheat kernel hardness on flour end-use quality parameters, International Grain Quality and Technology Congress, July 15-18, 2008, Chicago, Illinois, USA p. 72
7. Véha Antal, **Szabó P. Balázs,** Gyimes Ernő: Étkezési búzák fizikomechanikai és beltartalmi paramétereinek kapcsolata, MTA AMB K+F Tanácskozás, ISBN 978-963-611-449-7, 13. o.

2009

1. **Balázs P. Szabó** – Antal Véha: Effect of climatic factors on wheat grain quality, Cereal Research Communication Vol. 37, 2009. DOI: 10. 1556/CRC.37.2009.Suppl.2, p. 353-356
2. **Szabó P. Balázs** – Gyimes Ernő – Véha Antal: Mechanical properties of winter wheat varieties, Mezőgazdaság és vidék a változó világban” c. VIII. Wellmann Oszkár Nemzetközi Konferencia, Hódmezővásárhely, proceedings in CD

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Szeretném megköszönni témavezetőmnek **Prof. Dr. Fekete András** egyetemi tanárnak a dolgozatomhoz nyújtott segítségét, valamint **Prof. Dr. Véha Antal** egyetemi tanárnak, aki önzetlenül segítette a dolgozat létrejöttét.

Ezúton szeretnék köszönetet mondani **Prof. Dr. Sitkei György** akadémikusnak, hogy segítette munkámat tanácsaival.

Külön meg szeretném köszönni **Dr. Gyimes Ernő** kollegámnak és barátomnak a sok szakmai segítséget és biztatást.

Szeretném megköszönni munkahelyemnek a Szegedi Tudományegyetem Mérnöki Karának, hogy munkámhoz minden segítséget megadott, külön köszönöm kolleganőimnek **Bakos Tibornénak** és **Bodó Lászlónénak** a segítséget

Szívből köszönöm **Édesanyámnak** azt a segítséget és szeretetet mely nélkül nem jutottam volna el idáig, azt, hogy mindvégig mellettem állt és támogatott, valamint a végtelen türelmét.