



Élelmiszertudományi Kar

**MÓDSZEREK BÚZA SZEMKEMÉNYSÉGÉNEK
MEGHATÁROZÁSÁRA**

Doktori értekezés tézisei

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

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. A gabonafélék viszonylag olcsón előállíthatók, szinte mindenhol termesztethők, 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 természetnek búzát. 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.

A jó malom- és sütőipari minőségű búzák a keményszemű típusokhoz tartoznak. Mind a malomipar, mind a sütőipar (kenyérgyártásra) ezt a típust kedveli. A kemény endospermium összetétel szoros összefüggésben 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 búzák 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*) reológiai, fizikai tulajdonságait mértük, különböző módszerek felhasználásával.

2. 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. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

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.

A mérésekhez több hagyományos, már alkalmazott mérési eljárást használtunk, valamint az általunk kifejlesztett kvázi statikus mérési módszert.

3.1. Szemkeménység meghatározása Lloyd 1000R típusú állományvizsgálóval

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. Függőleges helyzetbe és vízszintes helyzetbe beállított búzaszemeken is elvégeztük a mérést.

3.2. A szemkeménység meghatározása Perten SKCS 4100 típusú mérőműszerrel

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 készülék által eredményül kiadott keménység érték (HI) fizikailag nem meghatározott viszonyszám, vagyis szélsőséges esetekben előfordulhatnak nulla vagy negatív előjelű mért értékek is.

3.3. Aprítási munka és teljesítmény mérése

Az aprítási munka és teljesítmény mérésére a Perten 3303 típusú laboratóriumi darálót használtuk. 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. Az aprítás során keletkezett őrlemény tömegét elektronikus mérleggel mértük meg, és elvégeztük a szitaanalízist. Az őrlemények szitaanalíziséhez labor szitasorozatot és rázógépet használtunk. A fajlagos aprítási munka (e_d – kWh/t) segítségével, valamint a képződött őrlemény fajlagos felületnövekedésének (Δa_d – cm²/g) segítségével a fajlagos felületi darálási energia igény (e_f – kWh/cm²) számolható.

3.4. Ödométeres mérés

Az alkalmazott mérési módszer kvázi-statikussá, amelynek során a halmaz összenyomhatóságát mérjük. Az ödométeres mérések előtt többféle minta előkészítési eljárást is kipróbáltunk az ismételtetés biztosítása céljából. 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.

A vizsgálataink között szerepelt még az adott búzaminták nedvességtartalmának meghatározása, laboratóriumi lisztgyártás, sikérvizsgálatok, vízfelvevő képesség meghatározása valamint alveográfus téstvizsgálat. Az értékelésekhez STATISTICA for Windows 6. (StatSoft Inc. USA) és EXCEL táblázatkezelő programot használtunk.

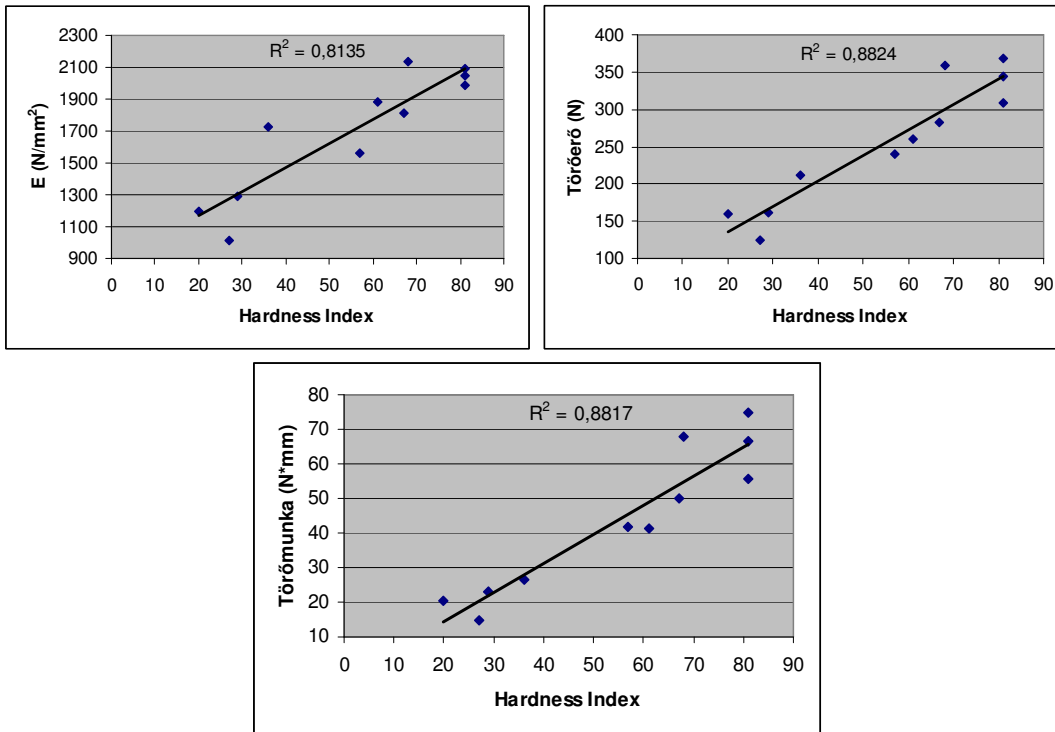
4. EREDMÉNYEK ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

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.

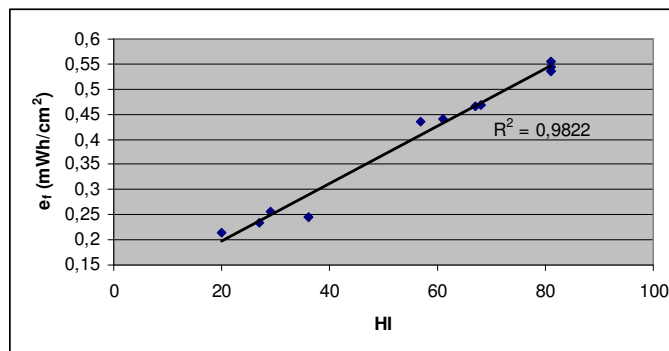
A Hardness Index és a kvázi statikus eljárással mért mechanikai jellemzőkből arra a megállapításra jutottunk, hogy az „A” jelű mintasornál, a „légszáraz” tételek (nedvességtartalom: 10,59%) esetén a függőleges helyzetben történő vizsgálatok alkalmasabbak a tételek szemkeménység alapján történő osztályozására, 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 (1. ábra). A szemek vízszintes helyzetében történő kompressziós eljárással mért deformációs modulussal szoros, a törőerővel pedig elfogadható a kapcsolata a Hardness Indexnek.



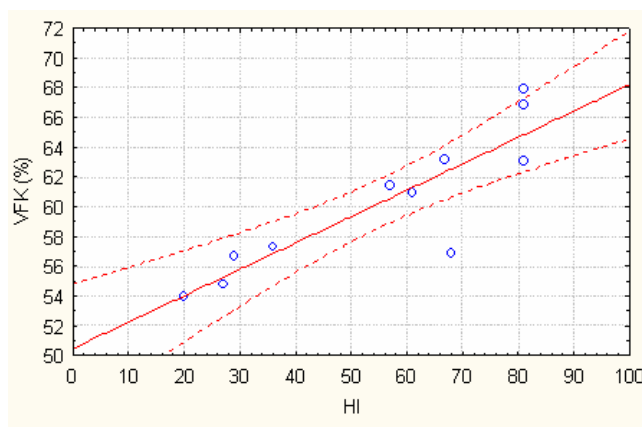
1. ábra: Deformációs modulus (E) és a Hardness Index, törőerő és a Hardness Index, törőmunka és a Hardness Index kapcsolata (függőleges helyzetben, nedvességtartalom: 13,52%)

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



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

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 (3. ábra) és elfogadható korrelációt kaptunk a szemekből készített liszt nedves sikértartalmával és az alveográfos deformációs munkával is.

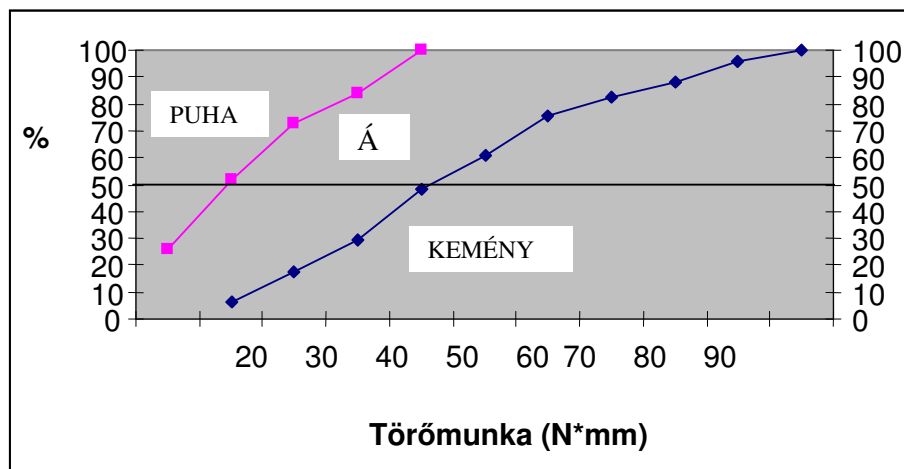


3. ábra: Vízfelvevő képesség és a Hardness Index kapcsolata, „B” jelű mintasor, nedvességtartalom: 13,52%

A „B” jelű mintasornál (nedvességtartalom: 13,52%) a szemek függőleges helyzetében kompressziós eljárással mért deformációs modulus és a szemekből készített liszt nedves sikértartalma 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 sikértartalmával, valamint a törő munkának is elfogadható a korrelációja a szemekből készített liszt vízfelvevő képességével és nedves sikértartalmával.

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 (4. ábra).



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

Javasoljuk továbbá a szemek keménységi kategóriájának meghatározását a tárcsás darálással 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 méréssel tovább javítható a szemkeménység meghatározásának pontossága.

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 helyezük. 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 szemekének 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. A TÉMAKÖRBE MEGJELENT PUBLIKÁCIÓK

1. **Balázs P. Szabó**, Antal Véha, Ernő Gyimes (2005): 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 (2005): 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 (2005): Dinamikus és statikus keménységmérés összehasonlítása viszko-elasztikus anyag (búzaszem) esetében, X. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka p. 181-184, ISBN 973-8231-44-2 , Kolozsvár
4. **Szabó P. Balázs** (2005): 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** (2005): 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** (2005): 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 (2005): 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 (2005): 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.** (2005): Dynamic and static methods of kernel hardness measurement, Hungarian Agricultural Engineering, p. 7, HU ISSN 0864-7410
10. Véha Antal, Gyimes Ernő, **Szabó P. Balázs** (2006): Különböző szemkeménységű búzák biomechanikai modellezése, MTA Agrár-Műszaki Bizottság Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás, p. 51, ISBN 963 611 437 4 Gödöllő
11. **Balázs P. Szabó**, Ernő Gyimes, Antal Véha (2006): 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
12. **Szabó P. Balázs** (2006): 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
13. **Balázs P. Szabó**, Antal Véha, Ernő Gyimes, Erzsébet Markovics (2006): Physico-mechanical and dough rheological 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
14. **Szabó P. Balázs** (2006): Kísérletek viszkoelasztikus biológiai anyag fiziko-mechanikai tulajdonságainak vizsgálatára, XI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülészaka, Kolozsvár, március 24-25. ISBN 973-8231-50-7
15. Gyimes, E., **Szabó, P. B.**, Véha, A., Bakos T.-né (2006): 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
16. **Balázs P. Szabó**, Ernő Gyimes, Antal Véha (2006): Static method for measuring wheat kernel hardness, Within the European Union III. International Conference Mosonmagyaróvár, 6-7 April 2006. ISBN 963 9364 67 3
17. **Balázs P. Szabó**, Antal Véha, Ernő Gyimes (2006): 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

18. **Balázs P. Szabó**, Antal Véha, Ernő Gyimes (2007): Measuring the wheat kernel hardness, SZTE SZÉF, Review of Faculty of Engineering, ISSN 1788-6392, p. 97-100
19. **Balázs P. Szabó** (2007): 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
20. **Szabó P. Balázs**, Véha Antal, Gyimes Ernő (2007): 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.
21. Véha, A., Gyimes, E., Szabó, P. B. (2007): Modellkísérletek búza és őrlemények mikotoxin tartalmának meghatározására, Lippay-Ormos-Vas Tudományos Ülésszak Budapest november 7-8. Abstract p. 150-151
22. **Szabó P. Balázs**, Véha Antal (2008): Physico-mechanical properties of winter wheat, Cereal Research Communications Vol. 36, 2008. p. 1003-1006.
23. Véha, A., Gyimes, E., **Szabó, P. B.** (2008): Flour quality and wheat hardness connection, Analecta Technica Szegeiensia (Review of Faculty of Engineering) ISSN 1788-6392, Vol.I pp.107-111.
24. **Szabó P. Balázs**, Véha Antal, Gyimes Ernő (2008): Étkezési búza (*Triticum aestivum*) szemkeménységének meghatározása különböző módszerekkel, XVI. Élelmiszer Minőségellenőrzési Tudományos Konferencia, Tihany, 2008. április 24-25. p. 329-337.
25. Gyimes Ernő, **Szabó P. Balázs** (2008): Különféle típusú búzák aprózódási tulajdonságai, MTA AMB K+F Tanácskozás, ISBN 978-963-611-449-7, 51. o.
26. Markovics, Erzsébet, Gyimes, Ernő, **Szabó P., Balázs**, Véha, Antal (2008): Wheat flour quality: an agrophysical approach, ICoSTAF2008, Nov. 5-6, 2008., Szeged, Hungary, p. 177-182
27. Véha, Antal, Gyimes, Ernő, **Szabó P., Balázs**, Markovics, Erzsébet (2008): 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
28. Véha Antal, **Szabó P. Balázs**, Gyimes Ernő (2008): Étkezési búzák fizikomechanikai és beltartalmi paramétereinek kapcsolata, MTA AMB K+F Tanácskozás, ISBN 978-963-611-449-7, 13. o.

29. **Balázs P. Szabó** – Antal Véha (2009): 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
30. **Szabó P. Balázs** – Gyimes Ernő – Véha Antal (2009): Mechanical properties of winter wheat varieties, Mezőgazdaság és vidék a változó világban” c. VIII. Wellmann Oszkár Nemzetközi Konferencia, Hódmezővásárhely, proceedings in CD