

## TARTALOMJEGYZÉK

Bevezetés.....	2
1. Irodalmi feldolgozás.....	3
2. Célkitűzések megfogalmazása .....	6
3. Anyag, eszközök és módszerek.....	7
3.1. Anyagok ismertetése .....	7
3.2. Agrofizikai vizsgálatok .....	7
3.3. Beltartalmi vizsgálatok.....	12
3.4. DSC vizsgálatok.....	14
3.5. Elektronmikroszkópos vizsgálatok.....	15
4. Eredmények.....	16
4.1. Szemméret eredmények .....	16
4.2. Tárolás hatása a fizikai jellemzőkre .....	18
4.3. Agrofizika eredmények .....	20
4.4. Aprítási kísérletek eredményei.....	23
4.5. DSC eredmények.....	32
5. Összefoglalás.....	34
Köszönetnyilvánítás .....	36

## ***BEVEZETÉS***

A szemestermények belső szerkezete bonyolult kölcsönhatások eredményeként jön létre, amely alapvetően meghatározza a szemtermés és az őrlemények tulajdonságait. A kutatás célja ezen szerkezeti sajátosságok megismerése agrofizikai vizsgálatok eredményein keresztül. Korábbi kutatásaink során sikerült számos összefüggést tisztázni, amelyek a jelenlegi kutatások alapjait is jelentik. Ennek értelmében a kutatás fő iránya gabonaszemek – elsősorban búza és rizs – geometria, morfológiai, térfogat, tömeg, sűrűség és keménységi (szilárdsági) vizsgálata, az adatok értékelése. Ezt követően az egységes szemstruktúra aprítással történő megbontása, a keletkező őrlemények méret, eloszlás, valamint alaktani vizsgálata. Ez utóbbi értelemszerűen mikroszkópikus vizsgálatokat jelent. Ezt követően az őrlemények termoanalitikai (TG, DSC) és közeli infravörös spektroszkópiával való vizsgálatát kívánjuk elvégezni, majd a növényfajokra jellemző ún. beltartalmi vizsgálatokat céloztunk meg.

# 1. IRODALMI FELDOLGOZÁS

## o Szemestermények fontossága

A gabonafélék Földünk legnagyobb arányban termesztett kultúrnövényei közé tartoznak. A világ szántóterületének a felén termesztenek gabonát. A gabonafélék közé a pázsitfűfélék /Gramineae/ családjába tartozó következő növényeket sorolják: búza, rozs, árpa, zab, triticale, kukorica, rizs, köles, cirok. A gabonafélék termesztése és felhasználása az emberiség különböző fejlődési szakaszait végigkíséri, a gabonafélék legtöbbje egyidős az emberrel.

A gabonafélék fontos energiahordozók, nagy táplálkozási és takarmányozási értékűek, viszonylag olcsó fehérje-, ásványianyag- vitaminforrást jelentenek. Felhasználásuk és feldolgozásuk rendkívül sokirányú.

A gabonafélék a világ minden országában mindennapi táplálék alapanyagát jelentik. A Föld lakosai a világ minden részén naponta fogyasztanak valamilyen gabonafélét, illetve ennek feldolgozott termékét.

A gabonafélék közül a búza a malomipar legfontosabb alapanyaga. A búza különböző hamutartalmú és szemcsézetű őrleményei adják az élesztővel lazított kenyértészta alapját, ebből állítják elő a szárított tésztaféléket, édesipari lisztes készítményeket, búzakeményítőt, a vitális glutint.

A rozs őrlésével nyert különböző típusú rozslisztfélék a jó zamatú aromájú, tovább frissen maradó rozskenyérnek és a búzaliszt-rozsliszt keverékéből készült speciális kenyérféléknek képezik az alapját.

Az árpa takarmányként történő felhasználása mellett közvetet élelmiszeripari alkalmazást nyer, az árpa csíráztatásával készülő maláta a sörgyártás alapanyaga.

A zab kiváló élettani hatású, elsősorban takarmányozási célú. Előnyös kémiai tulajdonságaik alapján a zabot nagy arányban termesztő országokban tradicionálisan használják gyermekek étrendjében pehely, kása formájában. Az egyre jobban terjedő speciális készítmények fő komponense a zabpehely.

A kukorica elsősorban takarmánynövény, kiemelkedően nagy zsírtartalma alapján a legnagyobb energiataralmú gabonaféle. A kukoricából nagy arányban állítanak elő keményítőt.

A világ népességének több mint a fele fő gabonaként rizst fogyaszt. Hántolás után nyert különböző csiszoltsági fokú rizs főzve, őrleményként különböző lepényekhez felhasználva alapvető élelmi anyag.

A köles és cirok kásák készítéséhez használatos őrleményből lepényféléket sütnek.

A triticale az első ember alkotta gabona, a búza, és a rozs keresztezésével létrehozott úgynevezett köztes típusú hibrid. Nevét az eredő növények tudományos nevének szótag kombinációjából kapta. (Mosonyi 1990)

## o Aprítás fontossága

Az aprítás az anyag felbontása apróbb részekre, illetve az adott részecskeméret csökkentése. Csak szilárd anyagokra értendő kifejezés. Néhány irodalom szerzője a folyadékok cseppekre bontását, a porlasztást is aprításnak tekintik. A szemcseméret csökkentése egyúttal új felületek létrehozását jelenti. Ha például egy  $d_1$  élhosszú kockát minden élén félbevágunk, 8 db új

$d_2 = \frac{d_1}{2}$  méretű kocka keletkezik. A művelet növeli a szemcsék számát, de ezzel összfelületét

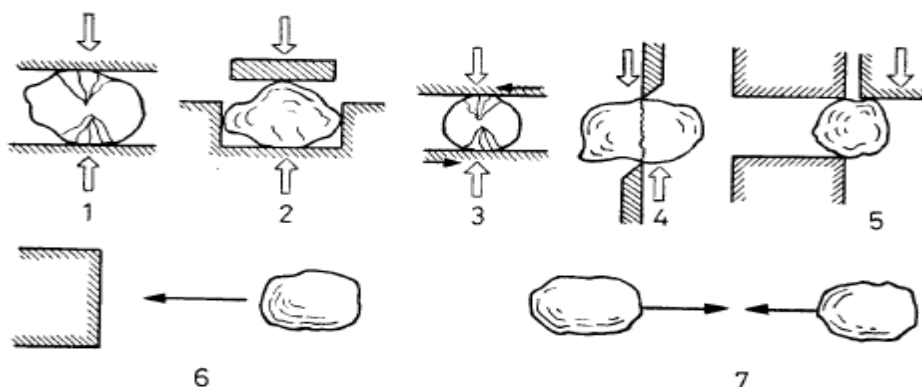
is. Kifejezve: az eredeti felület  $A_1 = 6d_1^2$ , akkor az új felület  $A_2 = 6\left(\frac{d_1}{2}\right)^2 \cdot 8 = 12d_1^2$

Az anyagmennyiség közben változatlan, a rá vonatkoztatott fajlagos felület [ $m^2/m^3$ ,  $m^2/kg$ ] megnő.  $v = \frac{d_1}{d_2}$  ahol  $v$  az aprítási fokot jelöli. Látjuk, hogy  $v^3$  darab új kocka keletkezett. A felület nőtt  $6d_1^2 \cdot 6v^3 d_2^2$ -re, azaz  $6vd_1^2$ -re. Tehát a képződött új felület  $6d_1^2(v-1)$ .

A felületnöveléssel javítható az egyenletes eloszlás, elkeveredés, oldódás, extrakció, szárítás. A kristályosításban nagyon finom szemcseméretű oltókristályokra lehet szükség. A feltárás a kinyerni kívánt alkotórészt teszi hozzáférhetővé, esetleg a sejtek szerkezetének felbontásáig is. Az aprítással legtöbbször más műveletre készítjük elő anyagainkat. A nyersanyag vagy egy előző gyártási fázisból kapott anyag szemcseméretének csökkentése a belső kötőerők legyőzése útján mechanikai erőhatás alkalmazásával oldható meg. eredménye a fajlagos felület növekedése, az anyag feltáródása, esetleg a gyártmány közbenső alakjának megadása (csík, kocka). Az aprítás spontán is létrejön a nem kívánt törmelékképződés megakadályozása is lehet cél. Ezen művelettel friss, friss, reakcióképes, új felületek jönnek létre. Ezek a szabad kötőerők hatására ismét nagyobb szemcsékké igyekeznek összeállni. Az ilyesfajta aggregáció rontja az aprítás hatásfokát, és elkerülése a cél. Maga az aprítás ennek eredményeként egyensúlyi művelet. A képződő új felületek és a szemcseösszeállás ellentétes folyamatának egyensúlya akkor áll be, ha ugyanannyi új felület képződik, mint amennyi megszűnik, tehát további aprítás nem végezhető.

Az aprításba nagy munkát kell befektetni. Valamennyi iparban együttvéve a világ energiafogyasztásának 5%-a az aprításra fordítódik. az energia egy része hasznosul a szemcsehalmozba elraktározva, más része viszont súrlódási veszteség, hő formájában. A helyileg nagy energiák az aprítástól nem mindig megkívánt egyéb hatásokat is kifejtenek. A hő és a mechanikai igénybevétel kémiai változások előidézésére képes. Ezzel a tudományterülettel a mechanokémia foglalkozik.

Az élelmiszeripar termékei a lágy és a közepesen kemény anyagok csoportjába tartoznak. A keksz lágy, rideg, a gyúrt tészta lágy, szívós, a kristálycukor közepesen kemény, rideg.



**1. ábra** Aprítási igénybevételek hatásmódjai. 1. nyomás, 2. ütés, 3. dörzsölés, 4. vágás, 5. nyírás, 6. ütközés falnak, 7. ütközés a szemcsék közt (Szabó,1987)

Az aprítás történhet:

- tiszta nyomóerő alkalmazásával; ennek ismétlődő, impulzusszerű hatására bekövetkező aprítódás a törés (durva szemcsék tartománya). Kalapácsos malmokban rövid, a felületre merőleges nyomóerő impulzust gyakorolnak; az impulzusszerű nyomó igénybevétel speciális esete az ütközés.
- nyíróerő alkalmazásával; itt a nyomóerő igen kis felületre hat, ezzel nagy nyírófeszültség ébred mint például a vágás és a szeletelés.
- nyomó és nyíróerő egyidejű alkalmazásával; ilyenkor a felületre merőleges nyomóerő (illetve nyomóerő-impulzus) mellett tangenciális irányú erőhatás is fellép ez a dörzsölés tipikus esete például korrundtárcsás malmokban, illetve a hengersizékekben figyelhető meg
- ultrahanggal; ekkor az ultrahang frekvenciáját a levegő közvetítésével átveszi az anyag, és maga is rezgésbe jön, és a rezgés hatására ébredő ismételt erőhatás győzi le a kötőerőket és az anyag szétesik.

### ○ Tárolás közben lejátszódó változások

A gabona a betakarítás után a raktárakban is folytat élettevékenységet, amelynek megnyilvánulása a szerves anyag- tartalom lassú biokémiai átalakulása. A gabona nedvességtől, hőmérséklettől, egészségi állapottól és a környezeti feltételektől függően a biokémiai átalakulások számos közbenső lépésen át különböző végtermékeket termelnek. Az életfolyamat külső megnyilvánulása a gabona légzése. A közvetlen oxidáción kívül – a mikroorganizmusok és az enzimtevékenység következtében végbemenő erjedés során – alkoholok és szerves savak keletkeznek.

A legjellegzetesebb reakciók a következők:

- A gabonatömeg legnagyobb részben szénhidrátot (keményítőt) tartalmaz. A keményítő teljes oxidációjakor szén- dioxid és víz keletkezik. Hermetikusan zárt térben, a szemek közötti oxigénmennyiséget figyelembe véve, a tiszta oxidációs folyamatban az elfogyasztott oxigén és a termelt szén- dioxid térfogata egyenlő.
- Az oxigénmentes környezetben a szén- hidrát etil- alkohollá erjed. Az alkoholos erjedés szén- dioxid termelő folyamat.
- A gabona zsírsavtartalmának az oxidációja is bekövetkezik. Zsírsavak oxidációjakor a gázcsere aránya negatív, azaz a folyamat oxigént fogyaszt, mint amennyi szén- dioxidot termel. A fajlagos hő fejlődés, ill. a hőmérséklet emelkedése itt a legnagyobb. Mivel a gyakorlatban általában a tiszta oxidációs folyamat van túlsúlyban, a légzés intenzitását az időegység alatt termelt szén- dioxid mennyiségével jellemzik. A szerves anyagok kisebb része a gabonaszemek élettevékenységének anyag- csere folyamatában használódik fel, nagyobb részét a szemeken élősködők mikroorganizmusok bontják le. (Tomay, 1987)

## 2. CÉLKITŰZÉSEK MEGFOGALMAZÁSA

A kutatási munka során több, egymástól eltérő, de végső soron összefüggésbe hozható területet vizsgáltunk. Ezért a célkitűzések is sokrétűek voltak, összhangban az elérendő eredményekkel.

A **szemméret vizsgálatok** során azt kívántuk megvizsgálni, hogy a búza szemtermés méretét milyen hatások alakítják. E célból több év termésének geometriai jellemzőit (szélesség, hosszúság és vastagság, valamint ezek egymáshoz viszonyított arányát) vizsgáltuk.

A **tárolás közben lejátszódó** változások vizsgálatával a szemtermés fizikai és beltartalmi jellemzőinek alakulását néztük. Ezen vizsgálatok révén képet kaphatunk arra vonatkozóan, hogy a rövid tárolási időszak alatt milyen lényeges változások következnek be a szemtermés minőségében. A vizsgálatok egyik lényeges eleme volt a szemkeménység (Hardness index: HI) értékének változása.

A szemkeménység a búza esetében igen jelentős, számtalan kihatással rendelkezik az egyéb minőségi tulajdonságokra. A HI kapcsolatát ezért vizsgáltuk szélesebb körben, többek mellett az aprítás során keletkezett őrlemények mennyisére és azok minőségére gyakorolt hatását vizsgáltuk.

A munka egyik meghatározó célkitűzése volt, ezért több aspektusból is vizsgáltuk az eltérő szemstruktúrájú termés aprítása során keletkezett őrlemény **szemcseeloszlási sajátosságait**.

Végül tájékozódó vizsgálatokat végeztünk néhány őrlemény és liszt esetében a **termoanalitikai jellemzők (DSC)** meghatározására és **elektronmikroszkópos (SEM)** felvételeket készítettünk különböző búzalisztek belső szerkezetéről.

### **3. ANYAG, ESZKÖZÖK ÉS MÓDSZEREK**

#### **3.1.anyagok ismertetése**

Kísérleteinkhez a szegedi Gabonakutató Nonprofit Közhasznú Kft. két eltérő szemkeménységű őszi búza fajtáját választottuk.

- GK Garaboly
- GK Békés
- GK Kalász
- GK Verecke
- GK Holló
- GK Ati
- GK Petur
- GK Nap
- GK Élet
- GK Csongrád
- GK Hattyú
- GK Mérő
- GK Öthalom

#### **3.2. Agrofizikai vizsgálatok**

##### **Szemméret**

A vizsgálandó búza fajtánként 100 szemet kimérve digitális tolómérővel megmértük a minták szélességét (SZ), hosszúságát (H), vastagságát (V), majd a kapott adatokat táblázatba foglaltuk.

##### **Ezer szem tömegmérés (ESZT)**

Párhuzamos méréssel fajtánként 500- 500 szemet kimértünk, majd ezeket digitális mérlegen lemértük, a kapott értékeket átlagoltuk, kettővel megszoroztuk, így megkaptuk az 1000 szem tömeget(g).

##### **Hektolitertömeg mérés (HLT)**

Egy hektolitertömeg mérő eszköz állt rendelkezésünkre, amivel először letáráztuk a digitális mérleget. Ezután a mérőeszközt megtöltöttük a vizsgálandó búzafajtával. A csapókést

kirántva zuhanó fenék leesett és ekkor olvastuk le a tömeget. A kapott adatokból fajtánként átlagot számoltunk és megkaptuk az eredményeket (kg/hl).

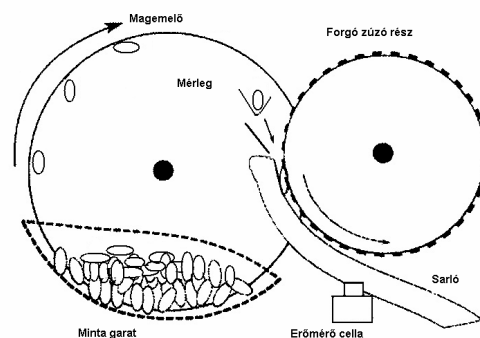
## Sűrűség

A sűrűség mérése folyadék kiszorításos elv alapján történik. Egy  $10\text{ cm}^3$  finom beosztású mérőhengerbe  $5\text{ cm}^3$  petróleum alkohol elegyet töltünk, az elegy használatát az indokolta, hogy a búzaszem felülete nem szívja be a folyadékot. A kimért folyadékba pontosan kimért búzát helyeztünk, a térfogatváltozás segítségével a búza sűrűsége kiszámítható.

## A szemkeménység meghatározása Perten SKCS 4100 mérőműszerrel

A légszáraz és különböző pihentetési idővel kondicionált búzaminták szemkeménységének meghatározását Perten SKCS 4100 mérőműszerrel végeztük. A berendezés a gabonamintát szemenként vizsgálja, vizsgálatonként 300 szem 4 féle jellemzője kerül meghatározásra.

A mérés során a gabonaminta a készülék garat részébe kerül, ahonnan egyenként forgó magemelő kerék emeli fel. A szemeket vákuum tartja a magemelő belső felén kialakított fészkekben. A legfelső pont után található a magleválasztó, 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 szűkülő rést képező sarló alakú ellendarab közé esik (2. ábra).



2. ábra Az SKCS 4100 mérőműszer és mérési elve (Szabó, 2009)

A beékelődés pillanatában a műszer 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 méret 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.

A mérés során a készülék a szemek tömegének, méretének, nedvességtartalmának és a szemkeménységének meghatározása után átlagolja a mért értékeket és szórás értékeket is számol, valamint lehetőség van a mért eredmények grafikus ábrázolására is oszlop diagramokban. A vezérlőszoftver elmenti az üzemeltetési tényezőket is (hőmérséklet, nyomás) valamint a törési jellemzőket (erő, görbe alatti terület).

A készülék által eredményül adott keménységi értékek (HI) fizikailag nem dimenzionált viszonyszámok, vagyis szélsőséges esetekben előfordulhatnak 0 vagy negatív előjelű mért

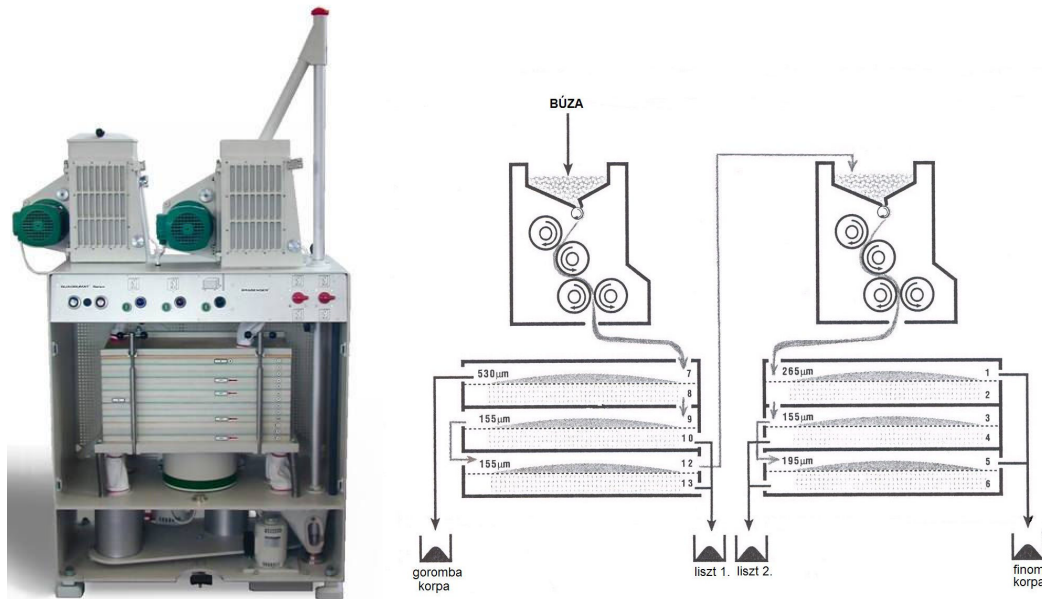


értékek is. Utóbbiak természetesen nem tekinthetők helyesnek. A HI jellemző értéke puhaszemű búzáknál 0-30, az átmeneti típusnál 30-50, keményszemű búzáknál pedig 50 feletti.

## Őrlés

A kondicionált búzamintákat 8, 10, 12, ill. 14 órás pihentetés után BRABENDER Quadrumat Senior típusú labormalmon leőröltük.

A berendezés (3. ábra) 4 fő szerkezeti egységre tagolható: szita, váz, törető- és őrlő hengersor.



3. ábra A QUADRUMAT SENIOR labormalom és őrlési folyamatábrája

A malom hengersorai fixek (az őrlés nem változtatható), hengerei rovátkoltak, egy hengerson belül négy henger három hengerrés között végigvezetve aprítja a búzát. Az első (törető) hengersor kisebb rovátkaszámú, ennek következtében gömبább őrleményt ad. Az első aprítást követően az őrlemény síkszítára kerül, ahol különböző lyuknyílású bevonatok három frakcióra választják szét. Az 530 µm-es szita átmenete adja a gömбa korpát, az 1. liszt a szítálás során a 150 µm-es sziták áteséseként jelenik meg. A 150 µm-es sziták átmenete a darákat, darcéket tartalmazó frakció, amit függőleges szállítócsiga továbbít a második (őrlő) hengersorra. Ennek hengerei sűrűbb rovátkolásúak, a köztük lévő hengerrés pedig kisebb, így finomabb őrlést végeznek. A második aprítási fokozatot követő szítálás során a 150 és 195 µm-es sziták áteséseként jelenik meg a 2. liszt, a 265 és 195 µm-es sziták átmenetei képezik a finom korpát. Az őrlés során tehát 1. liszt, 2. liszt, finom korpá és gömбa korpá frakciókat választhatunk szét. Megmértük a kapott frakciók tömegét, és kiszámoltuk a kihozatali százalékokat.

## Perten 3303 típusú daráló



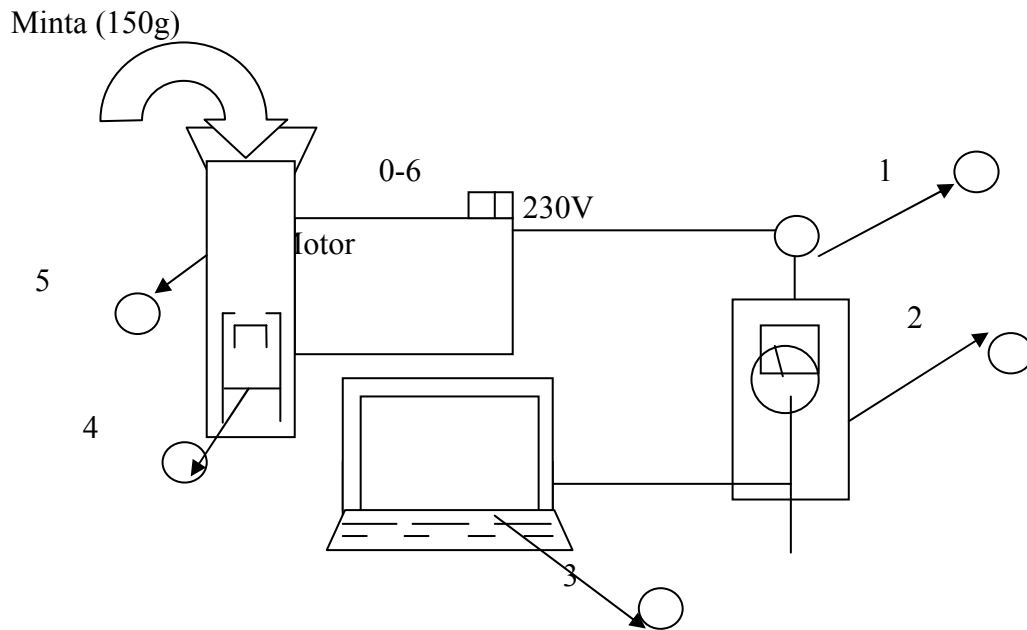
**4. ábra** Perten 3303 típusú daráló

A mérés elvégzéséhez Perten (4. ábra) gyártmányú, laboratóriumi darálót használtunk. A berendezésnél az őrlés finomsága a tárcsák egymáshoz való távolságának állításával szabályozható. A tárcsás daráló őrlőtárcsái közötti őrlőrést csavarorsó segítségével (rögzíthető módon) az állótárcsa tengelyirányú elmozdításával lehet beállítani.

A berendezésen feltüntetett (0-6) terjedelmű aprítási skála található, ezért 2 meghatározott pozíció megválasztásával osztottuk fel:

- „0” jelölték a tárcsák közötti szerkezetileg legkisebb őrlőrés értékét
- „3” a közepes őrlőrés távolságát

A mintákból 150g-ot használtunk egy méréshez, melyet háromszor végeztünk el. A rendelkezésemre álló mintákat háromszor engedték a tárcsák közé darálás céljára „0” illetve „3” tárcsaközt alkalmazva. A búzaszemek darálás előtti és utáni hőmérséklete minden párhuzamos mérés előtt rögzítve lett. Az aprítóberendezés dugvillája egy digitális multiméterhez volt csatlakoztatva, melyen a daráló által felhasznált villamos teljesítményt, a fázisszöveget, az áramerősséget, és feszültség adatokat mértük. Lehetőség nyílt a multiméter számítógéphez történő csatlakozására, így egy speciális szoftver segítségével képesek voltunk a daráláshoz felhasznált villamos energia grafikus megjelenítésére az idő függvényében.



**5. ábra** A daráláshoz felhasznált műszerek elrendezése

1. dugaszolóaljzat (230V) 2. digitális multiméter RS-232 csatlakozással
3. számítógép 4. légmentesen zárható mintatásak 5. Perten 3303 típusú tárcsás daráló

### Aprítás Cyclotec 1093 típusú darálóval



**6. ábra** Cyclotec 1093 daráló

A Cyclotec daráló gyors és egyenletes daráláshoz lett kifejlesztve: takarmányok, gabona, más növényi részek mint kémiai és gyógyászati anyagok és hasonlók .A minta visszanyerése mindig tökéletes.

Az egyedi konstrukció miatt a minta egy propellerre kerül és nagy sebességgel egy darálógyűrűre vágódik. Itt aprítódik a minta és utána egy szitára kerül.

A magas levegőáram öntisztító effektusként hat és a hőmérsékletemelkedést minimális értéken tartja.

Egész sora a mintáknak felrakódás mentes és az egyes mintáknak tisztaságát nem veszélyezteti.

A minta hőmérsékleti befolyásának minimalizálása jobb vizsgálat pontosságot eredményez. A Cyclotec daráló gyors és kényelmes megoldást nyújt a helyes minta-előkészítéshez nagyszámú analitikai módszerhez, mint pl. Kjeldah, NIR, közvetlen-desztillációhoz, nyers rostmeghatározáshoz, extrakcióhoz.

### **3.3. Beltartalmi vizsgálatok**

#### **Nedvesség- és hamutartalom meghatározása**

Az őrlés során kapott lisztek nedvességtartalmát MSZ 6369/4-87 alapján, hamutartalmukat MSZ 6369/3-87 szerint határoztuk meg.

#### **Szitaanalízis**

Szítálás során keletkezett szitamaradék (átmenetek) illetve a legalsó keret átesésének mennyiségét 0,1 g pontosságú digitális, elektronikus mérlegen mértük.

A szitaanalízisnél a következő lyukméretű szitákat használtuk: 100, 200, 300, 500, 800, 1000  $\mu\text{m}$ , 25 perc rázatási idővel. A szítálás két párhuzamos méréssel végeztük, majd a 200  $\mu\text{m}$  alatti frakciókat elkülönítettük a további a Malvern Mastersizer 2000-rel történő vizsgálathoz.

#### **Szemcseméret-eloszlás meghatározása Malvern Mastersizer 2000 szemcsevizsgálóval**

Az őrlmények szemcseméret-eloszlását Malvern Mastersizer 2000 lézer-diffrakciós mérőműszerrel vizsgáltuk (7. ábra).



**7. ábra** Malvern Mastersizer 2000 szemcsevizsgáló készülék  
1) lézer, 2) kék fényforrás, 3) mérési zóna, 4) oldalfény detektor,  
5) háttér detektor, 6) fókusz detektor  
(Forrás: [www.malvern.com](http://www.malvern.com))

A módszer elve régóta ismert: a berendezés monokromatikus (egyféle hullámhosszú) párhuzamos fénynyaláb intenzitás-eloszlását méri a mintán történő áthaladás után a szórési szög függvényében, és ebből (különböző modellek és feltételezések alkalmazásával) számítja a mintában lévő részecskék méret eloszlását.

A lézersugár, amikor a szemcsék áthaladnak rajta, irányt változtat, megtörik. A szórt fény törési szöge a szemcsemérettől függ. A nagy szemcsék kis szögben, a kis szemcsék nagy szögben, az azonos méretű szemcsék azonos szögben törnek meg a lézertényt. A szórt fény intenzitás-eloszlását detektálva a szemcseméret- eloszlás meghatározható.

A legjobb lézer-diffrakciós berendezés lehetővé teszi a kb. 0,1-2000 mikronos tartományban történő mérést.

A száraz mintát levegő fújja be a mintatartóba, a másik oldalról, pedig elszívással távolítják el mérés után. A zárt rendszerből nem juthat ki minta a légtérbe, tehát nem is szennyezi azt (Bánhegyi, Winkler 2006).

Az egész mintamennyiség (általában 4-10g száraz porok esetén) áthalad a lézersugáron és a műszer a diffrakció mérését az összes részecskén elvégzi. A módszer gyors, egy percen belül eredményt ad. Jól ismételhető eljárás. A Malvern Mastersizer műszerrel akár 100 méretosztály is megállapítható a rendszer tartományán belül (Hegedüs, 1994).

### **A lisztek esésszámának meghatározása**

A keményítő bontó amiláz enzim aktivitását az őrlés során kapott lisztmintákban PERTEN 1500 típusú esésszám meghatározó készülékkel vizsgáltuk, amely a hő hatására besűrűsödött meghatározott arányú liszt-víz szuszpenzió viszkozitását, konkrétan egy ejtőelem lemerülési idejét méri másodpercekben. A vizsgálatot MSZ 6369/9-77 szerint végeztük.

### **Lisztek sikér mennyiségének és minőségének vizsgálata**

A minták sikérvizsgálatait az MSZ 6369/5-87 alapján végeztük azzal a kiegészítéssel, hogy a gépi mosást követő kézi utánmosást PERTEN Glutomatic berendezés használatával helyettesítettük.

A gép által kimosott sikér víztelenítésére a mérőrendszerhez tartozó centrifugát használtuk, így egyúttal lehetőség nyílt a nedves sikér mennyiségén kívül a minőségét jellemző glutén index meghatározására is. A glutén index a sikér speciális szitán történő átcentrifugálása után fennmaradó mennyiségének összes sikérmennyiséghez viszonyított aránya %-ban kifejezve. Minél nagyobb számot kapunk annál erősebb, szívósabb a sikér.

Egy 5 g-os sikérgolyó elkülönítése, majd az 1 órás területi idő alatt bekövetkezett átlagos átmérő növekedés leolvasása után a sikér összes mennyiségét GLUTORK sikérsütő berendezéssel kiszárítottuk a száraz sikér mennyiségének meghatározásához. A nedves és száraz sikér mennyiségek hányadosaként számítottuk a sikér arányszámot, ami a sikér vízmegkötő képességét jellemzi.

### **Valorigráfos mérés**

A minták fajlagos vízfelvevő képességét és sütőipari értékét az MSZ 6369/6-1988 alapján Valorigráffal vizsgáltuk. A kapott eredmény értékelése: Az 500 VE eléréséhez szükséges víz

térfogatát a bemért lisztre vonatkoztatva, százalékban fejezzük ki. A bürettából fogyott víz cm<sup>3</sup>-ben kapott térfogatának számértékét kettővel szorozva kapjuk meg a vizsgált liszt vízfelvevő képességét százalékban (Vf).

A vizsgálat során az 500 VE-től legfeljebb 20 VE eltérés megengedett. Ilyen esetben a számításakor megfelelő korrekciót kell alkalmazni (20 VE megfelel 0,6 % vízfelvételnek).

### **Alveográfus mérés (Chopin alveográf)**

Az alveográfus méréseket az ISO 5530/4-1983 szabvány alapján végeztük. Az alveográf a tésztanyújtással szembeni ellenállást méri és a nyújtás mértékét a mérés adott körülményei között. A liszt víztartalmától függően konstans vízmennyiség adagolásával 2,5%-os NaCl-oldattal tésztát készít, majd pihentetés után a tésztakorongot kéttengelyű nyújtásnak teszi ki, miközben a buborék belsejében fellépő nyomásváltozást manométerrel összekötött írószerkezet regisztrálja (AACC method N° 54-30). Ez az eljárás tulajdonképpen a biológiai vagy kémiai folyamatokból származó gáznyomás tésztadeformáló hatását utánozza, illetve alkalmazza.

### **3.4. DSC vizsgálatok**

A vizsgálatokat DSC 821<sup>e</sup> (Mettler-Toledo GmbH, Schwerzenbach) készülékkel (8. ábra) végeztük, a görbék kiértékelése STAR<sup>e</sup> Software segítségével történt.



**8. ábra** DSC 821<sup>e</sup> mérőműszer képe

Kutatásainkat a Szegedi Tudományegyetem Gyógyszerésztudományi Kar Gyógyszertechnológiai Intézetének laboratóriumában. Különböző lisztek és keményítők termoanalitikai tulajdonságait vizsgáltuk, összesen 30 mérést hajtottunk végre. A mérések időtartama mintánként átlagosan 25-35 perc, amelyek után lehet elkezdni a görbék kiértékelését.

A DSC műszerrel való vizsgálatok alapvető célja a tájékozódó mérések elvégzése volt. A termoanalitikai jellemzők pontos ismeretében közelebb kerülhetünk az előállítás, elsősorban a sütés optimális paramétereinek megválasztásához.

A készülékben termikusan elszigetelt térben két mintatartó van. Az egyikben a vizsgálandó anyag van, a másik a referencia-mintatartó.

Ez a technika a tesztanyag és a referenciaanyag energia-inputjának (hőkapacitásának) különbségét regisztrálja a hőmérséklet függvényében. A kapott termikus görbéken csúcsokat kapunk, melynek grafikus vagy számítógéppel történő elemzésével az entalpia-változások nagysága mérhető. Endoterm csúcsot kapunk, pl. olvadás, dehidratáció, redukción és bomlási folyamatok eredményeként. Exoterm csúcs jellemzi pl. a kristályosodást, újrakristályosodást. Eközben a tesztanyagot és a referenciaanyagot ugyanazzal az ellenőrzött hőmérsékleti programmal vizsgáljuk.

A vizsgált energia az az energia, amely ahhoz szükséges, hogy a tesztanyag és a referenciaanyag között a hőmérséklet különbsége zéró legyen. A módszer előnyei, hogy 1-15 mg tömegű mintát elég vizsgálni, és kis mennyiségű anyagok, szennyezések is kimutathatók. A DSC görbén megjelenő endoterm és exoterm csúcsok száma, megjelenési hőmérsékletük és a csúcsok alatti területek nagysága jellemzőek a vizsgált anyagra.

A mintákat 40 µl-es lezárt, kilyukasztott alumínium tégelyben 100 ml/perc sebességgel bevezetett argon atmoszférában vizsgáltuk, dinamikus módszerrel, amely során egyszerre több hőmérsékleti tartomány is beállítható.

A búzalisztek és keményítő vizsgálatok esetében az alábbi programozott fűtési módszerrel dolgoztunk. 0 °C és 200 °C között egyenletesen 10 °C/perc fűtési sebességgel a maximális hőmérséklet eléréséig.

### ***3.5. Elektronmikroszkópos vizsgálatok***

A vizsgálatokat a Nyugat-Magyarországi Egyetem Mezőgazdaság és Élelmiszertudományi Kar (Mosonmagyaróvár) Biológiai Rendszerek Műszaki Intézetének Elektronmikroszkóp Laboratóriumában végeztük el.

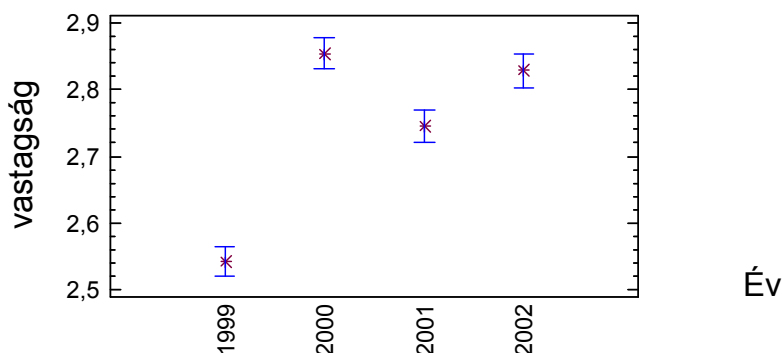
A használt berendezés egy Philips XL30 elektronmikroszkóp volt, amely egy új-generációs, teljes egészében számítógép-vezérelt letapogató elektronmikroszkóp. Ideális rendszert alkot a kutatás számos területén. Elérhető vele mintegy 100000-200000-szeres nagyítás. Az XL30 egyrésztől egy hagyományos letapogató mikroszkóp, amellyel a konduktív, illetve a konduktív réteggel bevont minták képfeldolgozása végezhető el. Ebben az esetben mind az elektronoszlop, mint pedig a mintakamra nagy vákuum alatt van, ezért csak megfelelően előkészített, száraz minták vizsgálhatók. Különösen szakszerű preparálást igényelnek a biológiai anyagok. A mikroszkóp másik üzemmódja az úgynevezett környezeti üzemmód, ahol az elektronoszlop nagy vákuum alatt, a mintakamra pedig nyomás alatt van. Ebben az üzemmódban a minták előkészítése egyszerűbb, a vizsgálatnak nem feltétele a száraz minta és a vezető réteg.

A tárgyasztal 25mm átmérőig tudja kezelni a mintákat, így nagyobb egységek vizsgálatára is lehetőséget teremt.

Valamennyi, a mikroszkóp szabályozását végző szoftver Windows NT környezetben fut. A digitálisan készült képek TIFF fájlformátumúak, így alkalmasak különféle más programokban való feldolgozásra, adattovábbításra.

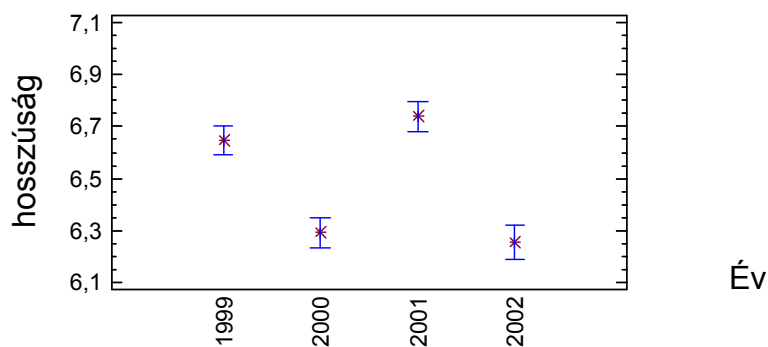
## 4. EREDMÉNYEK

### 4.1. Szemméret eredmények



9. ábra A vastagsági méretek alakulása 1999-2002 évek között

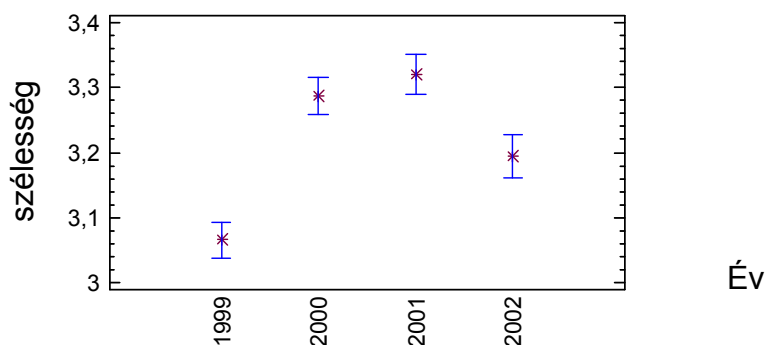
A 9. ábrán a vastagsági méret átlagértékei láthatók. A vastagsági értékeknél jelentős különbségek mutatkoztak a 4 vizsgált évben. Az első évi vastagsági mérethez képest szignifikáns növekedés figyelhető meg. Míg 1999-ben 2,53 mm volt a vastagsági érték, a 2000-es évben ez az érték 2,85 mm-re növekedett.



10. ábra A hosszúsági méretek változás 1999-2002 évek között

A 10. ábrán a hosszúsági méret átlagértékei láthatók. Az ábrán megfigyelhető, hogy a vizsgált években változó volt a hosszúsági méretek alakulása. A két legalacsonyabb értéket a 2000-es és a 2002-es években mértünk. Ehhez viszonyítva az 1999-es és 2001-es években jelentősen növekedett a szemek vastagsági mérete.





11. ábra A szemméretek alakulása az évjárat hatására 1999-2002 között (n=278)

A **szemméretek** közül a szélességi méret stabilnak tekinthető, mert - bár a fajták között eltérés tapasztalható - az időjárási hatások (elsősorban a csapadék mennyisége) nem hatott érzékenyen. Ezzel szemben a hosszúsági méret az aszályosabb (2000. és 2002.) években rövidült és ezzel párhuzamosan a vastagsági méret nőtt. Ez utóbbi tényezők együttes hatására a gömbalakúság értéke szignifikánsan növekedett a csapadék szegényes években. Az eredmények alapján megdőlni látszik az aszályos év = töppedt szem teória. Sokkal inkább arról van szó, hogy a **szemek, mintegy védekezésképp, gömbszerűbbé igyekeznek válni, hogy a fajlagos felületük a legkisebb legyen.**

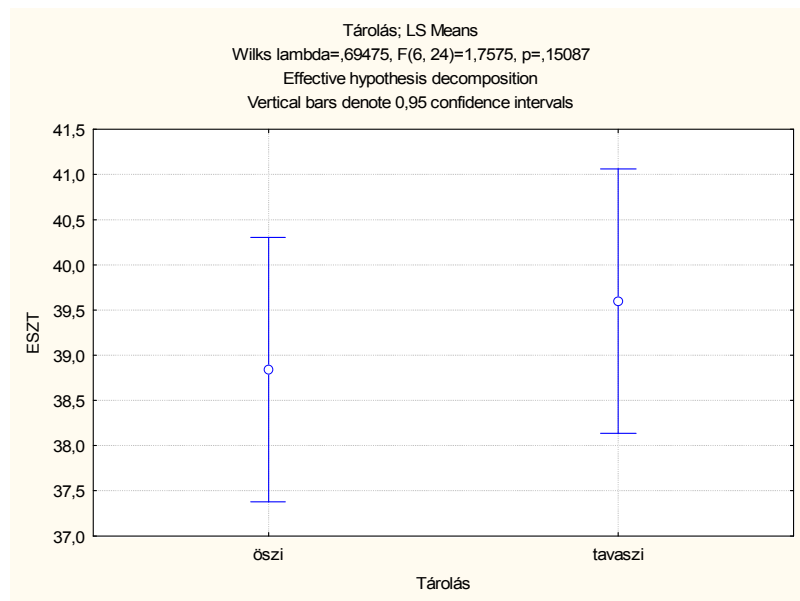
A szemméretek ismerete a malomipari gyakorlatban nélkülözhetetlen. A tisztítási folyamatok során a rostálás műveleténél alapvetően fontos mind a méretek, mind azok eloszlásának ismerete mérésére egyre gyakoribb igény. Különösen fontos abban az esetben, ha a búza exportra kerül, mivel export minőség esetén a halmaz egyneműségére gyakran külön paramétereket írnak elő.

Megoldás lehet a szemenkénti mérés, amely azonban rendkívül időigényes. Az egyik legkorszerűbbnek tekintett módszer a mesterséges látás alkalmazása. A mesterséges képalkotással (image analysis) létrehozott képek igen kevés kivételtől eltekintve kétdimenziósak, azaz egyszerre maximum két méretet lehet segítségükkel megadni. A búza alakjából adódóan a szemek – már kismértékű rázkódás hatására – a legstabilabb „oldalukra” azaz a hasi barázda felőli oldalra fekszenek. Ebben az állapotában a felülről történő képalkotás alkalmával a búzaszemnek két fő mérete látszik. Ezek a szélességi és a hosszúsági. A vastagsági méret csak egy külön optikai lencserendszer vagy külön kamera segítségével lehet meghatározni.

A 2D képalkotás már egy viszonylag egyszerű képdigitalizáló (scanner) vagy fényképezőgép segítségével is megoldható. A képek kiértékelésére több szoftver (pl. MatLab) használható.

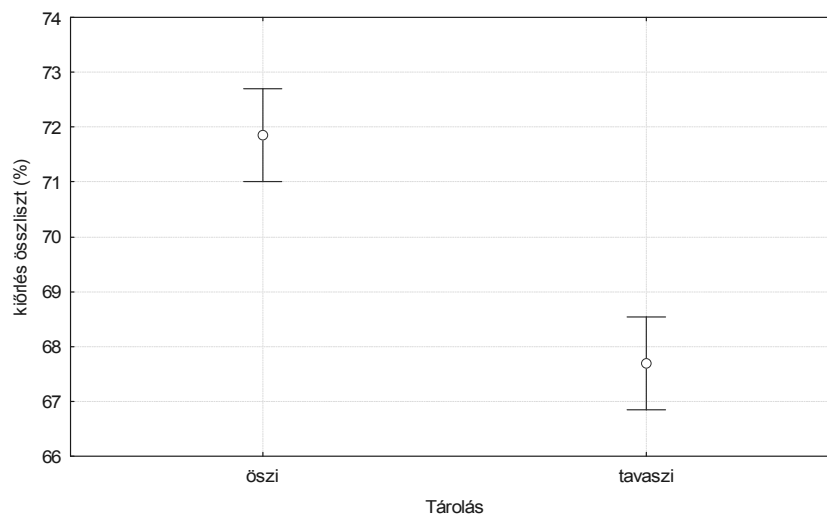
Mint arra már utalás történt a vastagsági méretet a szélességi és hosszúsági méretekből közvetlenül nem lehet meghatározni, ezért szükségesnek láttuk becsülő modellek megalkotását. A modell alapja, hogy mindhárom méret autonóm, a vastagság kapcsolatban van a később részletesebben is ismertetésre kerülő ezerszem tömeggel (ESZT). Fontos elem még a búzák keménységi értéke, amelyek alapján két csoport, a kemény és a puha búza különböztethető meg. Előzetes modellalkotásaink során ugyanis bizonyítást nyert, hogy a kétféle búzaszerkezethez eltérő méretságok tartoznak (GYIMES és VÉHA, 2001, GYIMES et al.,2003).

#### 4.2. Tárolás hatása a fizikai jellemzőkre



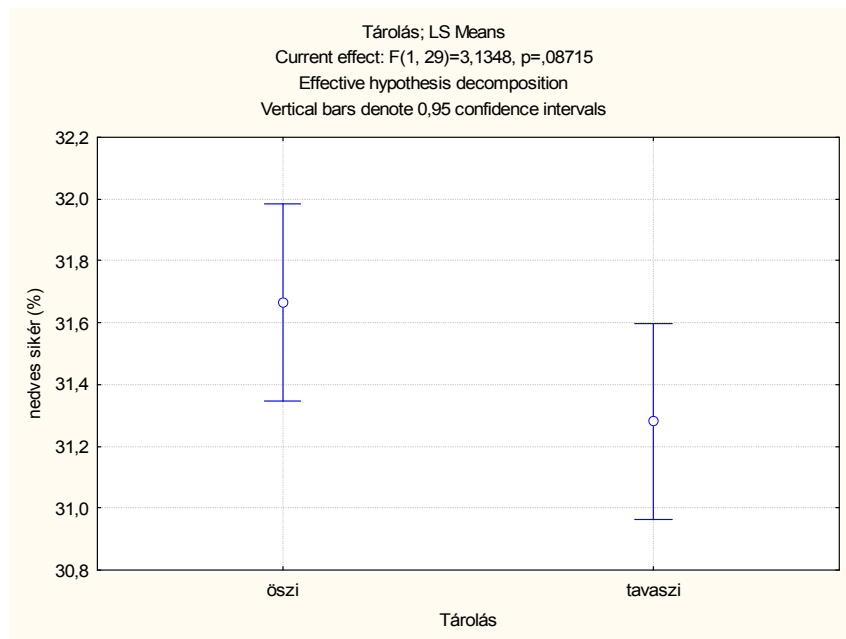
12. ábra Ezerszentömeg variaanalízis értékei tárolás során

A 12. ábrán jól látható, hogy tárolás során kismértékű volt az ezerszentömeg növekedés, bár ez a változás nem tekinthető szignifikáns különbségnek.



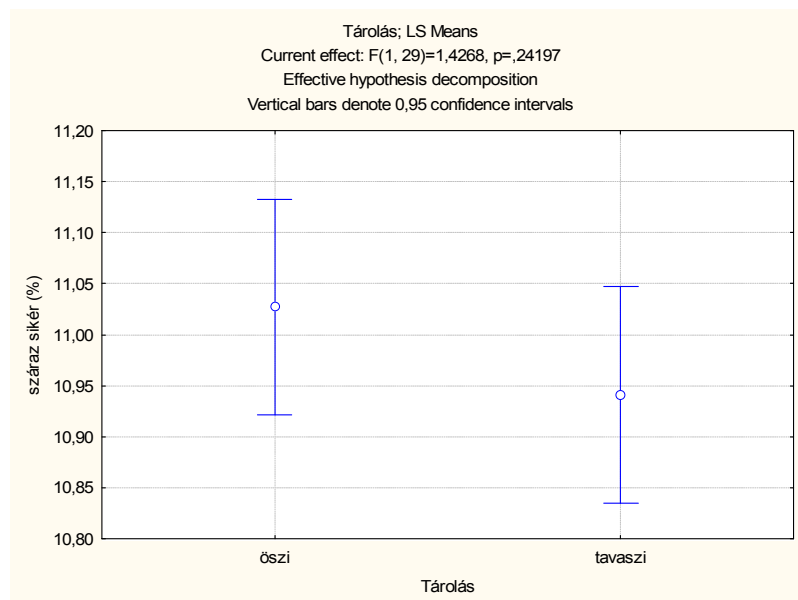
13. ábra Az őrlés után a szita áteséseként képződött összliszt mennyisége tárolás során

A 13. ábrán látható, hogy a tárolás során jelentősen csökkent a búzák liszt kihozatala. A tavaszi mintavétel vizsgálata során megállapíthatjuk, hogy 4 %-kal csökkent ez az érték. Ennek lehetséges oka a tárolás során bekövetkező változás, de az is elképzelhető, hogy a kihozatal csökkenése abból adódik, hogy a minták őrlése során a környezeti hőmérséklet jelentősen eltért.



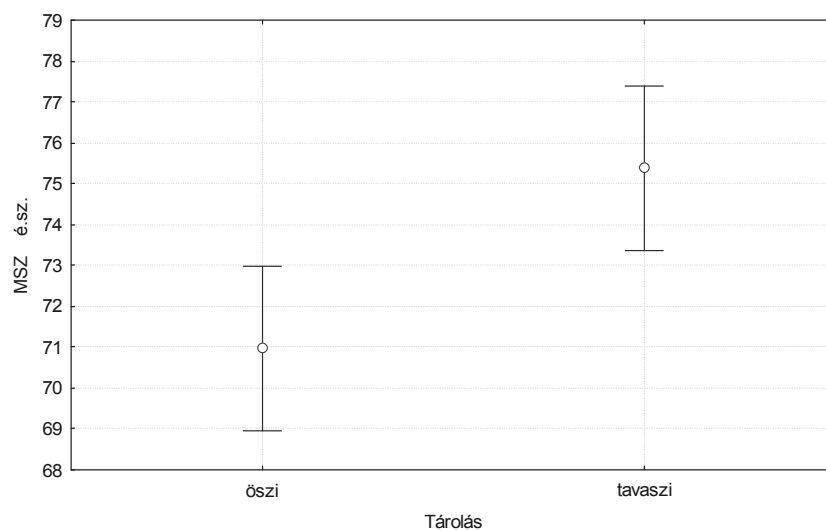
**14. ábra** Nedves sikér mennyisége tárolás során

A 14. ábra a nedves sikér mennyiségek értékeit mutatja a tárolás során. Látható, hogy kismértékben csökkent a nedves sikér mennyisége.



**15. ábra** A száraz sikér mennyisége tárolás során

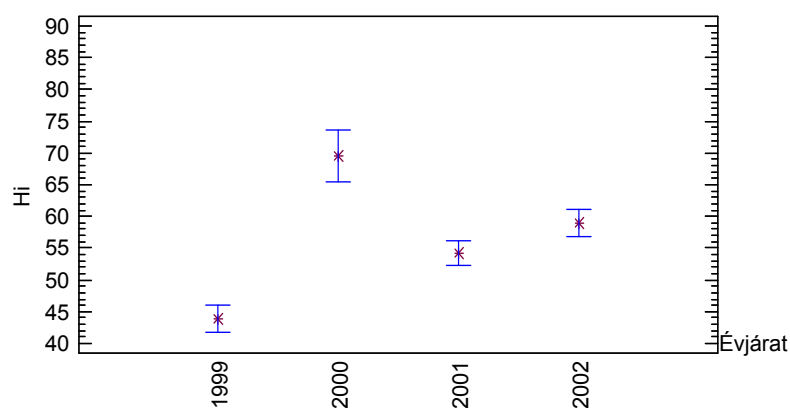
A 15. ábra a száraz sikér mennyiségek értékeit mutatja a tárolás során. Megfigyelhető, hogy a száraz sikér mennyisége nem jelentős eltérést mutatott a tárolás hatására. Tehát elmondható, hogy statisztikailag nem igazolható a változás.



**16. ábra** A sütőipari értékszám változása tárolás során

A 16. ábrán jól érzékelhető, hogy rövid ciklusú tárolás során a sütőipari értékszám bizonyítottan növekedett. A sütőipari értékszám fontos paraméter, mert ebből következtethetünk a liszt minőségére.

### 4.3. Agrofizika eredmények

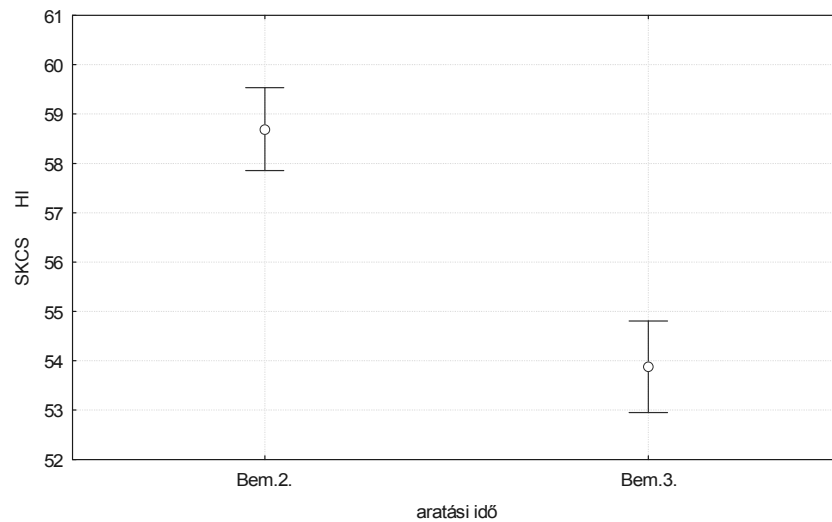


**17. ábra** A hardness index (HI:%) átlagértékeinek alakulása évjáratok szerint (n=173)

Amint az a 17. ábrán is látható, az évjáratok szerepe is jelentősen befolyásolja a szemkeménység alakulását. Mind a négy év között szignifikáns különbség mutatkozik, azaz a keménységi értékek rendkívül erősen függenek elsősorban az időjárási körülményektől. Mivel

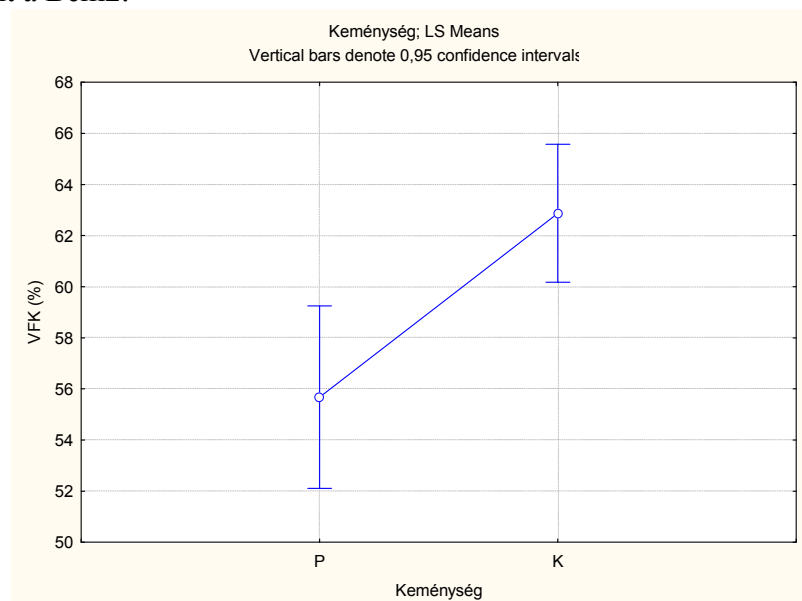
az ábrán a hardness index átlagértékek konfidencia intervallumai láthatók, szembetűnik, hogy a csapadékosabb 1999. évben a HI értékei lényegesen alacsonyabbak voltak bármely más esztendőétől. A csapadék mennyiség és a szemszerkezet közötti kapcsolatot valószínűsíti, hogy a kifejezetten aszályos 2000. és 2002. évben kaptuk a legmagasabb átlag értékeket.

Ugyanakkor fel kell rá hívni a figyelmet, hogy a 2000. év magas értékeinek az is lehet az oka, hogy a megelőző év csapadékos időjárása alapozta meg a következő év jó minőségét.



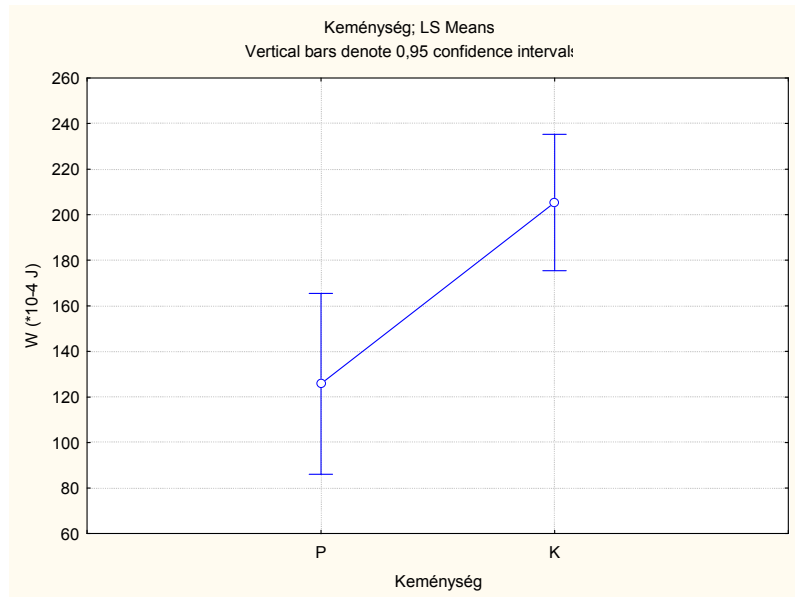
**18. ábra** A szemkeménység (HI) vizsgálata a tárolás során

A 18. ábrán megállapíthatjuk, hogy tárolás során a Bem.2 minták szemkeménysége bizonyítottan nagyobb. A Bem3. aratási időből származó búzák szemkeménysége 5 értékkel lett kisebb, mint a Bem2.

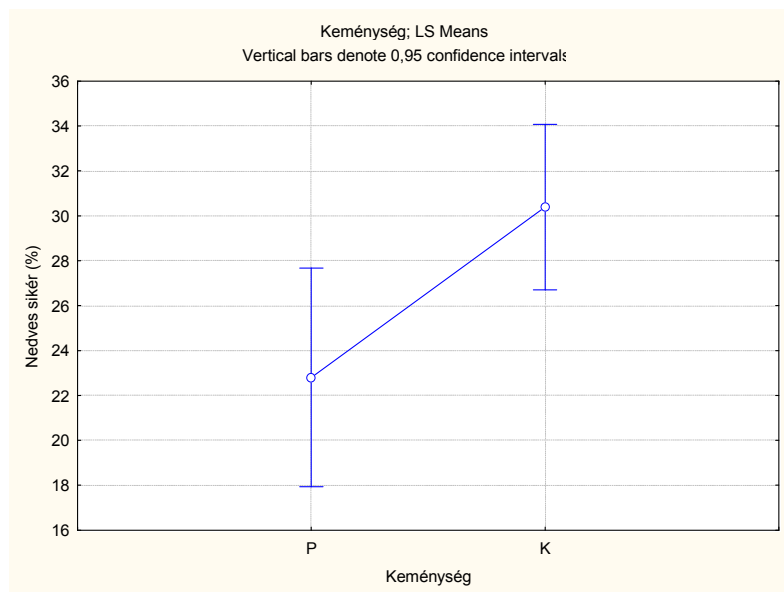


**19. ábra** A puha és a kemény búza minták vízfelvevő képességének átlaga és 95%-os konfidencia intervalluma, „B” jelű mintasor, nedvességtartalom: 13,52%

Megállapítottuk, hogy a puha és a kemény búza vízfelvevő képessége között (19. ábra), valamint az alveográfos deformációs munkájuk között (20. ábra) szignifikáns különbség van.



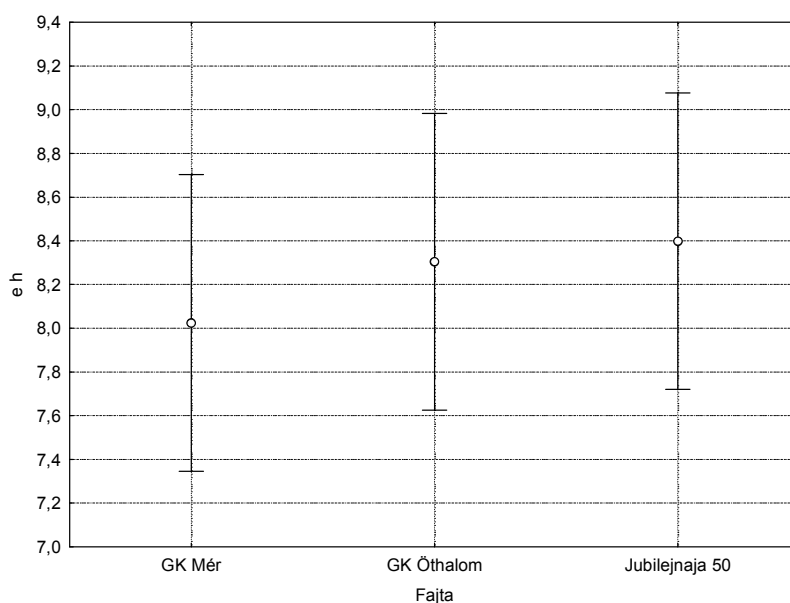
**20. ábra** A puha és a kemény búza minták alveográfos deformációs munka értékének átlaga (W érték) és 95%-os konfidencia intervalluma, „B” jelű mintasor, nedvességtartalom: 13,52%



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

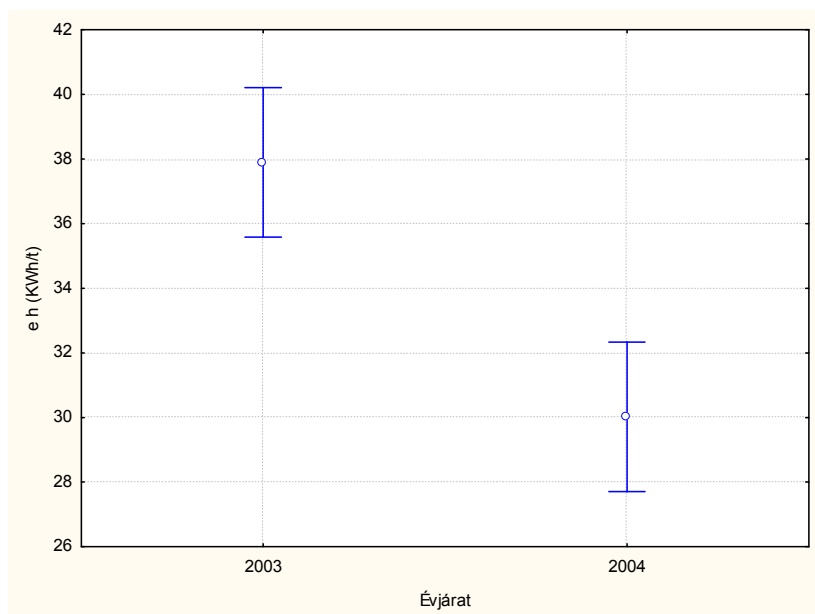
Megállapíthatjuk, hogy a puha és a kemény búza nedves siker tartalma között nincs szignifikáns különbség.

#### 4.4. Aprítási kísérletek eredményei



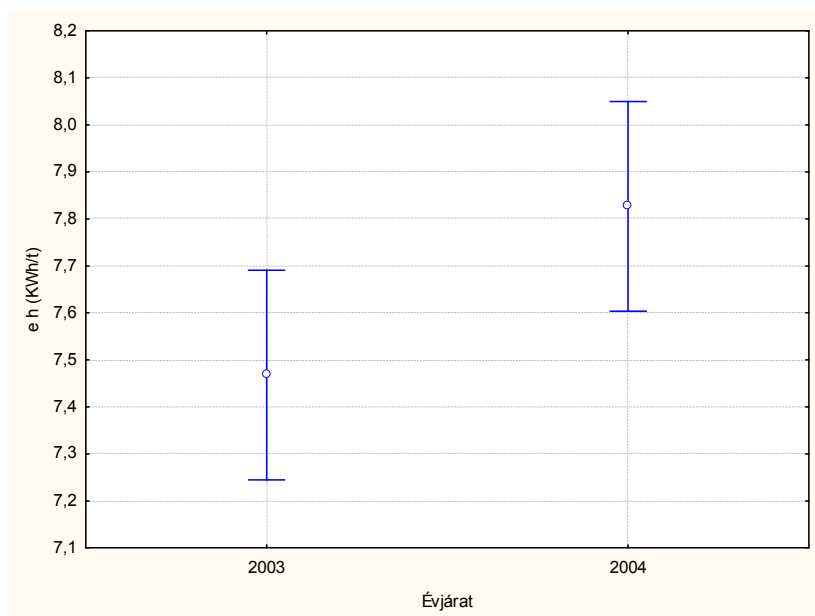
**22. ábra** A Cyclotec darálóval készített minta hasznos darálási energiaigény átlagának konfidencia intervalluma fajták szerint

A 22. ábrán jól látható, hogy a három vizsgált fajtában a darálási energiaigény jelentősen különbözött, de nem tekinthető szignifikánsnak.



**23. ábra** A Cyclotec darálóval készített minta hasznos darálási energiaigény átlagának konfidencia intervalluma évjáratok szerint

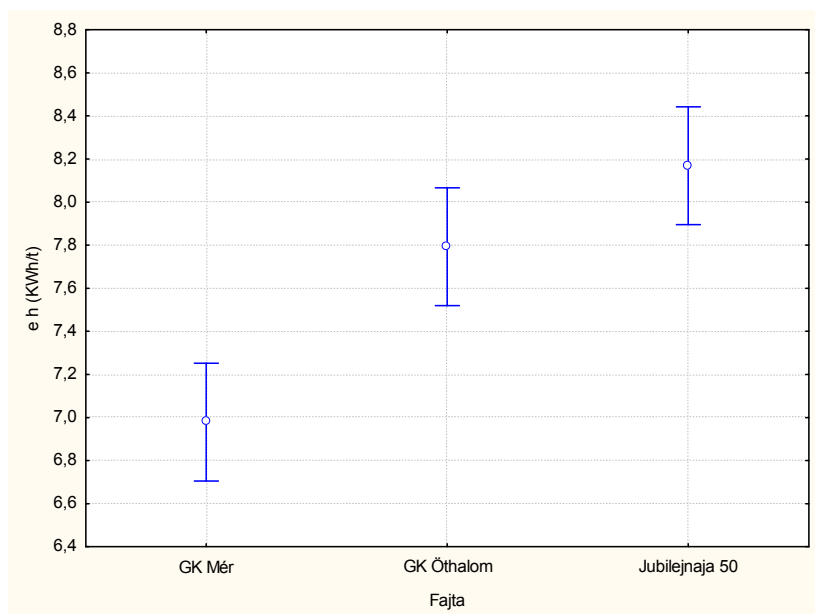
A 23. ábrán jól látható, hogy a Cyclotec darálóval készített két vizsgált évjáratban a darálási energiaigény jelentősen (szignifikánsan) különbözött.



**24. ábra** A Perten darálóval készített minta hasznos darálási energiaigény átlagának konfidencia intervalluma évjáratok szerint

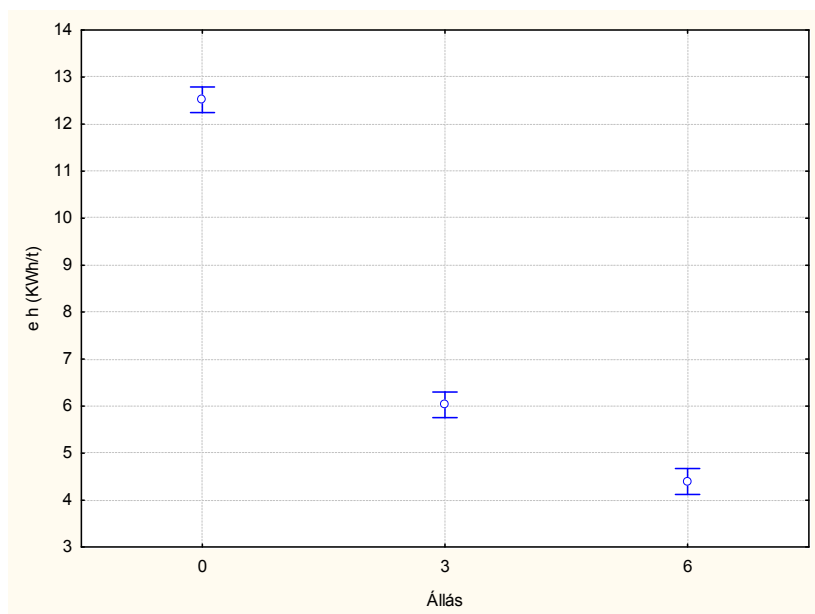
A 24. ábrán jól látható, hogy a Perten darálóval készített minta két évjáratban a darálási energiaigény jelentősen különbözött, de nem tekinthető szignifikánsnak.





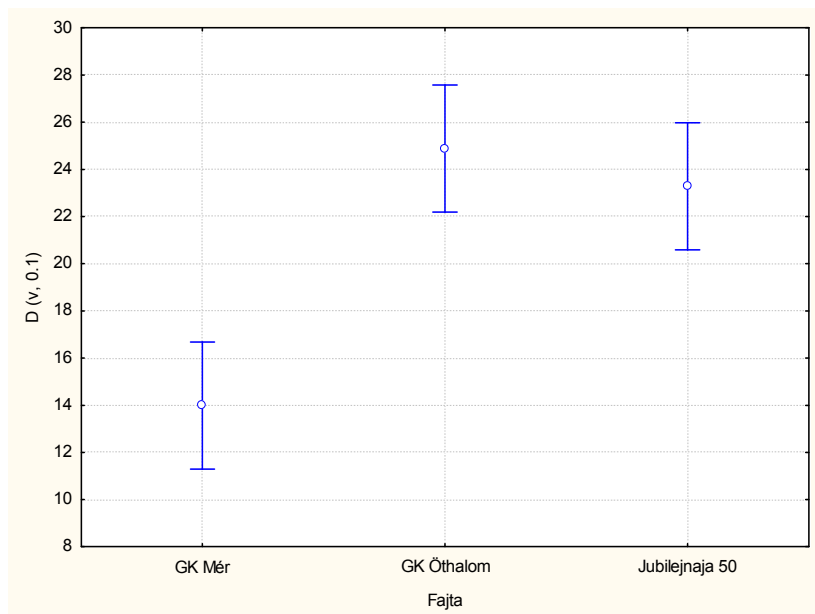
**25. ábra** A Perten darálóval készített minta hasznos darálási energiaigény átlagának konfidencia intervalluma fajták szerint

A 25. ábrán látható, hogy a Perten darálóval vizsgált három fajtának a darálási energiaigénye jelentősen, szignifikánsan különbözött



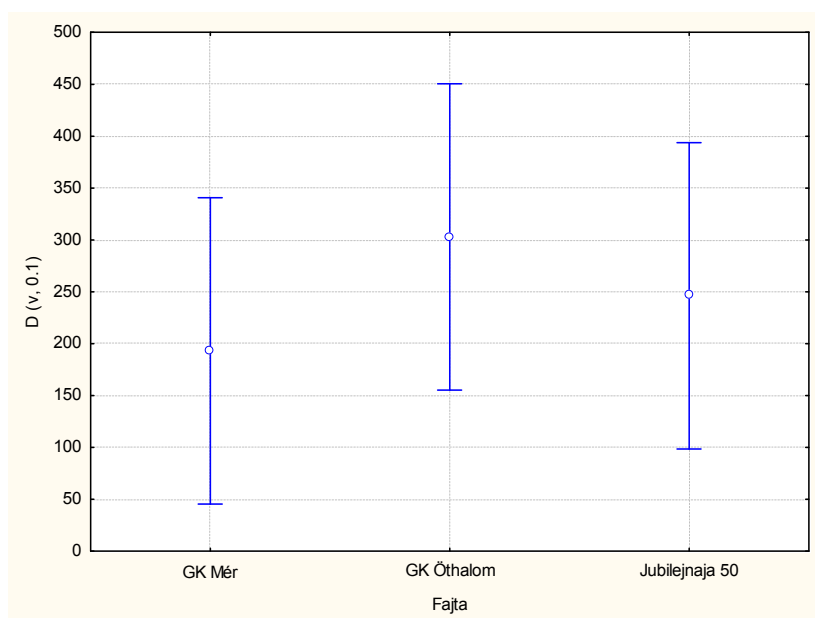
**26. ábra** A Perten darálóval készített minta hasznos darálási energiaigény átlagának konfidencia intervalluma állás szerint

A 26. ábrán jól látható, hogy a Perten darálóval vizsgált három állás darálási energiaigénye jelentősen különbözött.



**27. ábra** A Cyclotec darálással készített minta 10%-os gyakorisághoz tartozó szemcseméret konfidencia intervalluma fajta szerint

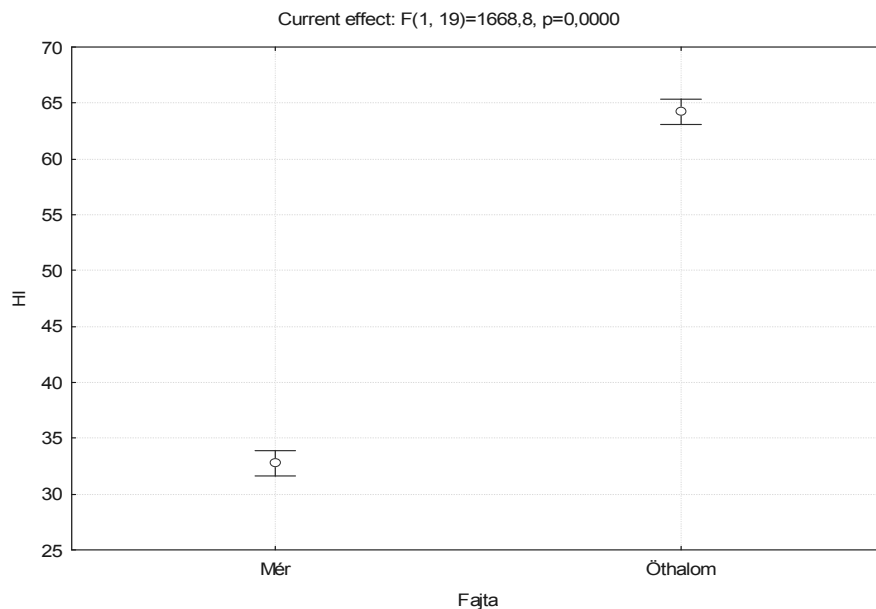
A 27. ábrán jól látható, hogy a Cyclotec darálással végzett fajta szerinti 10%-os gyakorisághoz tartozó szemcseméret jelentősen (szignifikánsan) különbözött. Az 50%-os és a 90%-os gyakorisághoz tartozó szemcseméreteknél jelentős volt a különbség, de nem szignifikánsan.



**28. ábra** A Perten darálással készített minta 10%-os gyakorisághoz tartozó szemcseméret konfidencia intervalluma fajta szerint

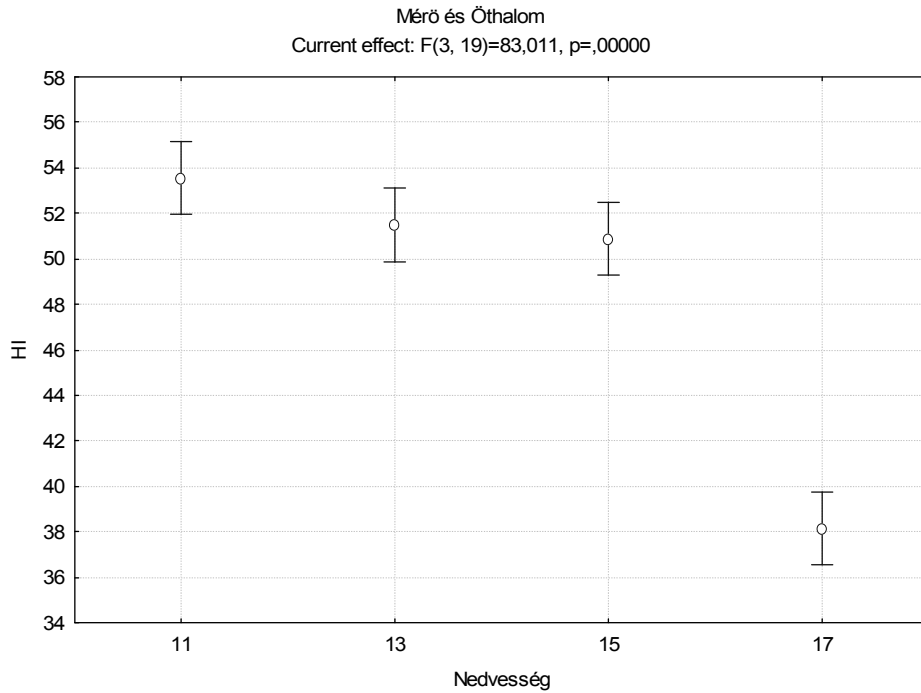
A 28. ábrán jól látható, hogy a Perten darálóval végzett fajta szerinti 10%- os gyakorisághoz tartozó szemcseméret jelentősen, de nem szignifikánsan különbözött. Ugyanez mondható el az 50%- os és a 90%- os gyakorisághoz tartozó szemcseméret

Fajtákról elmondható, hogy a GK Mérőnél volt a legkevesebb energiaigény mindkét daráló esetében, a GK Öthalom fajtánál már több energiára volt szükség az aprításhoz, a Jubilejnaja 50- nél pedig a legtöbb, ez annak tudható be, hogy míg a GK Mérő puha fajta, addig a Jubilejnaja 50, és a GK Öthalom kemény fajták.



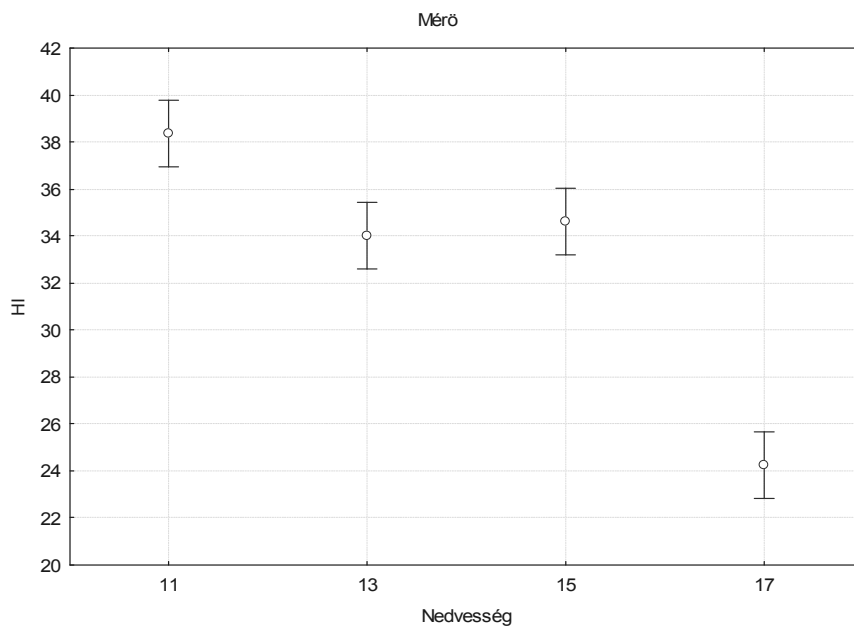
**29. ábra** Szemkeménység vizsgálatának eredményei a két fajtát összehasonlítva

A 29. ábra bemutatja, hogy a vizsgált két fajta között jelentős eltérés mutatkozik meg.



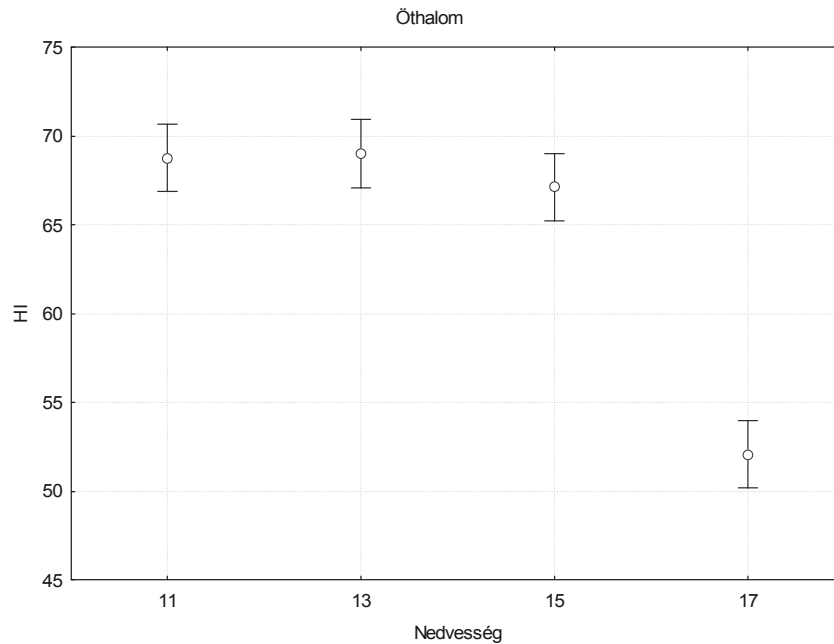
**30. ábra** A két fajta szemkeménység vizsgálatának eredményei a nedvességtartalom függvényében

A 30. ábrán látható, ha a két fajtát együtt vizsgáljuk a 11-13-15%-os nedvességtartalom mellett nincs különbség a minták között, viszont jelentős mértékben csökkent a 17%-os nedvességtartalmú minta szemkeménysége.



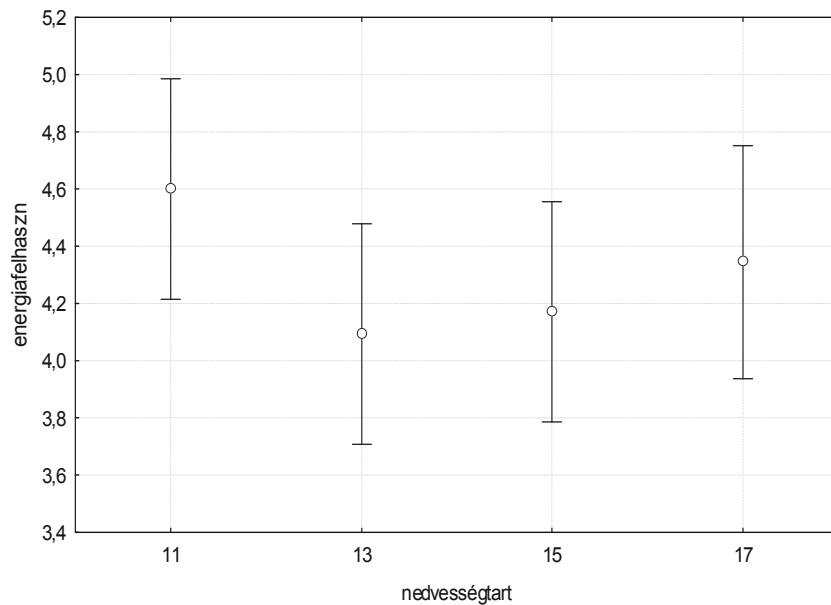
**31. ábra** A különböző nedvességtartalmú GK Mérő búza szemkeménység vizsgálatának adatai

A 31. ábrán megfigyelhető, hogy a puha GK Mérő búza fajtánál a szemkeménység a két középső nedvességtartalom értékeknél nem tapasztalható eltérés, azonban, ha csak a szélső értékeket vesszük figyelembe szignifikáns az eltérés.



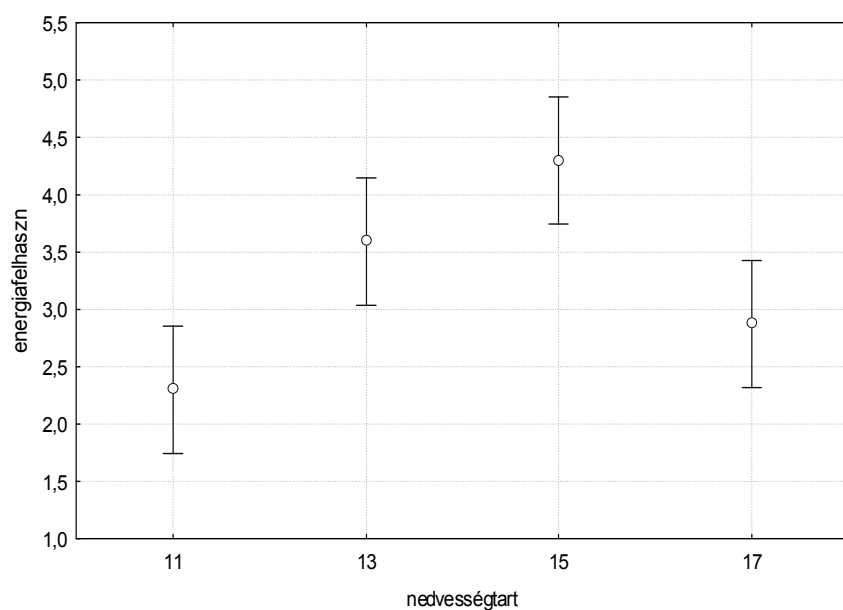
**32. ábra** A különböző nedvességtartalmú GK Öthalom búza szemkeménység vizsgálatának adatai

A 32. ábrán tapasztalható, hogy a kemény GK Öthalom fajta szemkeménysége 11-13-15% nedvességtartalomnál azonos értéket mutat, míg a 17%-nál ez az érték nagyon alacsony.



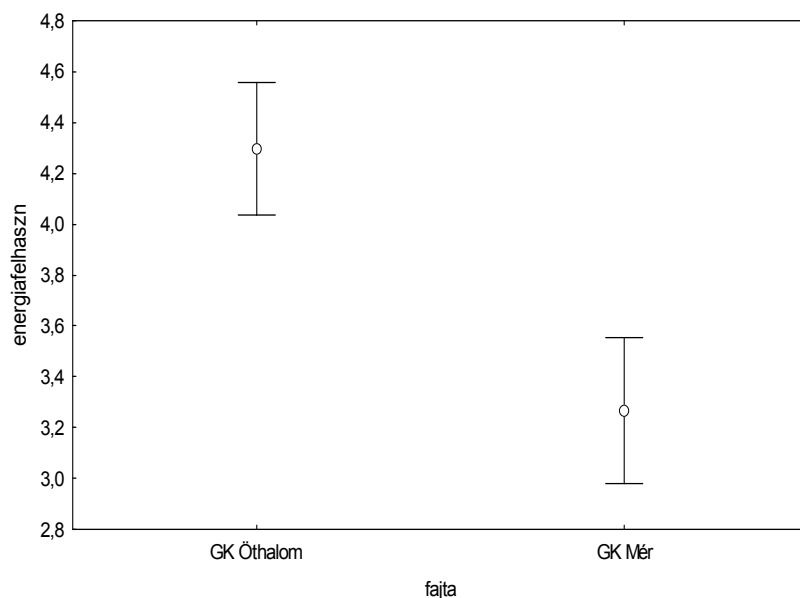
**33. ábra** GK Öthalom búzafajta aprítási energiaigénye és nedvességtartalom vizsgálata

A 33. ábrán az aprítás során megállapítottuk, hogy a GK Öthalom búzafajta 13% és 15% nedvességtartalom mellett alacsonyabb aprítási energia igényt eredményez 11% és 17% nedvességtartalomnál viszont ez az energiaigény magasabb.



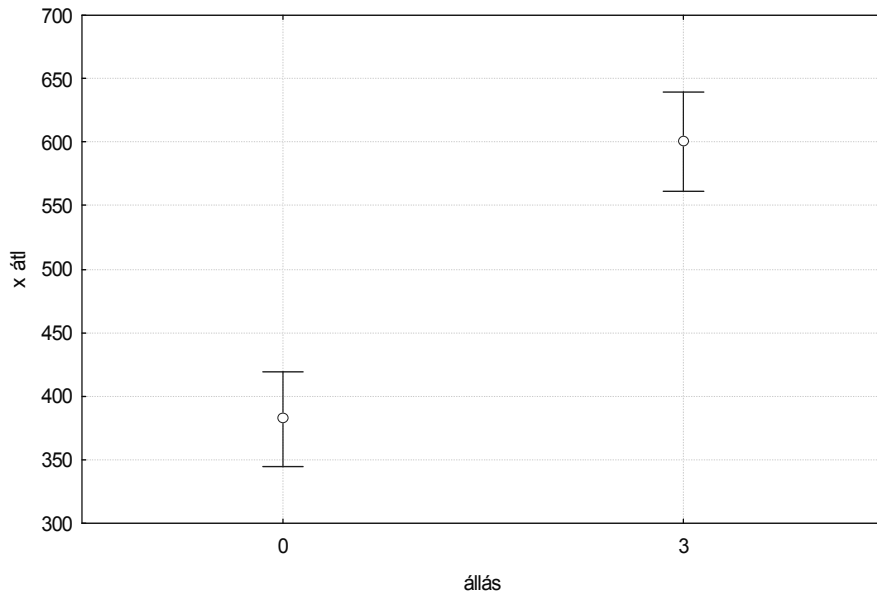
**34. ábra** A GK Mérő búzafajta aprítási energiaigénye és nedvességtartalom vizsgálata

A 34. ábrán aprítás során megállapítottuk, hogy a GK Mérő búzafajta 13% és 15% nedvességtartalom mellett magasabb aprítási energia igényt eredményez 11% és 17% nedvességtartalomnál viszont ez az energiaigény alacsonyabb.

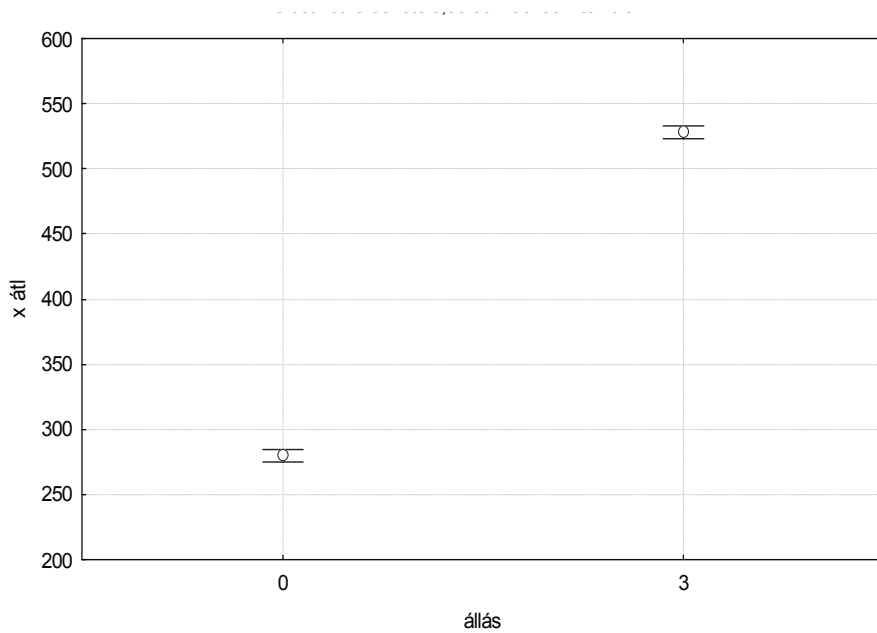


**35. ábra** A két vizsgált fajta energiafelhasználásának alakulása

A 35. ábrán látható, hogy a GK Öthalom fajta aprítása nagyobb energiafelhasználással járt, mint a GK Mérő fajta.

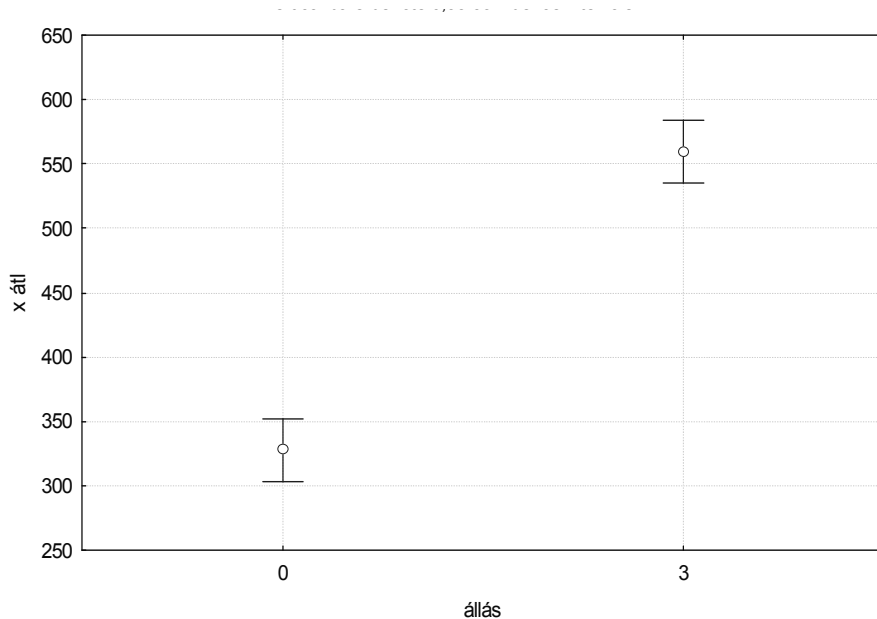


**36. ábra** A GK Mérő fajta átlag szemcseméret alakulása állás szerint



**37. ábra** A GK Öthalom fajta átlag szemcseméret alakulása állás szerint

A 36. és 37. ábrán jól érzékelhető, hogy a GK Mérő és GK Öthalom fajta aprításakor az aprítórés növelésével jelentősen durvult a képződött dara átlag szemcsemérete. Ez a tendencia figyelhető meg a 38. ábrán is, ahol mindkét fajtát együtt vizsgáltuk.



**38. ábra** Az átlag szemcseméret alakulása állás szerint mindkét fajtánál

#### 4.5. DSC eredmények

**1. táblázat** A búza-, a kukorica-, a rizsliszt DSC görbéiről leolvasott olvadási paraméterek (0-200 °C, 10 °C/perc)

Vizsgált anyag	Fajlagos olvadáshő (J/g)	Onset (°C)	Csúcs (°C)	Endset (°C)
Búzaliszt	-235,77	40,92	88,52	146,77
Kukoricaliszt	-273,24	41,58	90,18	159,01
Rizsliszt	-280,92	37,97	87,33	155,04

Az 1. táblázat a vizsgált gabonaipari lisztek vizsgálati eredményeit mutatja. Az adatokból látható, hogy a három különféle növény lisztje eltérő olvadási tulajdonságokkal rendelkezik. A fajlagos olvadáshő tekintetében megállapítható egyfajta sorrend. A legnagyobb negatív értéke a rizslisztnek (-280,92 J/g), míg a legkisebb a búzalisztnek (-235,77 J/g) adódott. E tekintetben a kukoricaliszt (-273,24 J/g) fajlagos olvadáshője középértéknek tekinthető.

Az onset értékek között megítélésünk szerint jelentős eltérés nincs. A csúcserkékek közötti differencia sem tekinthető szignifikánsnak. Az endoterm csúcshőmérséklet értékei sem térnek el jelentősen egymástól, mindhárom esetben 90 °C körüli érték adódott.

Az endset értékeknél már lehet különbséget felfedezni: a búza és a kukoricalisztek esetében a differencia közel 13 °C, a kukorica- és a rizsliszt között mért különbség viszont nem szignifikáns.



**2. táblázat** A keményítők és a vitális glutén DSC görbéiről leolvasott olvadási paraméterek (0-200 °C, 10 °C/perc)

Vizsgált anyag	Fajlagos olvadáshő (J/g)	Onset (°C)	Csúcs (°C)	Endset (°C)
Vitális glutén	-187,93	39,47	87,88	132,66
Búzakeményítő	-319,67	38,49	91,62	155,85
Kukoricakeményítő	-307,50	39,14	93,13	155,65
Burgonyakeményítő	-412,91	40,89	92,31	138,89
Búza-, kukoricakeményítő keverék (50-50%)	-312,21	38,81	92,12	153,15
Búza-, burgonyakeményítő keverék (50-50%)	-352,24	39,87	92,24	144,58
Burgonya-, kukoricakeményítő keverék (50-50%)	-339,68	39,62	91,42	144,17
Búza-, kukorica-, burgonyakeményítő keverék (33-33-33%)	-337,16	39,28	91,43	147,36

A 2. táblázatban a vitális glutén valamint a keményítők és ezek különféle keverékeinek vizsgálati eredményeit közöljük.

A legalacsonyabb olvadáshője jól érzékelhetően a vitális gluténnek volt. Szembeötlően magasabb negatív olvadáshő értékkel jellemezhető a burgonyakeményítő, a maga -412,91 J/g értékével.

Az onset értékek vonatkozásában a burgonyakeményítő bizonyult a legmagasabbnak (40,89 °C), a búza- és a kukoricakeményítő hasonló értékeket mutatott.

A csúcshőmérsékletek számottevő különbségről nem tanúskodnak, mind a komponensek, mind a keverékek 91-93 °C közötti tartományba esnek. Az endset értékek vonatkozásában láthatjuk, hogy a búza és a kukoricakeményítő hasonló értéket mutat. A burgonyakeményítő endset értéke velük szemben kb. 17 °C-kal alacsonyabb.

## 5. ÖSSZEFOGLALÁS

### A tárolás hatása a búzaminőség változására

A tárolás hatására a geometriai méretek szignifikánsan nem változtak. Az ezerszem tömeg és a hektoliter tömeg értékek változása sem tekinthető statisztikailag igazoltnak, ami azért váratlan, mert a tárolás során jellemzően a szemek zsugorodhatnak. Mindenképpen tisztázásra szorul, hogy a környezeti paraméterek voltak kedvezőek vagy más ok áll a háttérben. A tárolás során jelentősen csökkent a búzák liszt kihozatala, a kb. 4 %-kal csökkent érték arra utalhat, hogy a tárolás során bekövetkező szerkezeti változások hatására kevesebb, de alacsonyabb hamutartalmú liszt őrlhető. A kihozatal csökkenése adódhat abból is, hogy a minták őrlése során a környezeti hőmérsékletek jelentősen különböztek, ezt a későbbiekben érdemes újra megvizsgálni. A sikérjellemzők közül a nedves- és szárazsiker tartalom csökkenése kismértékű, de nem szignifikáns, a glutén index értéke, ellenben a tavaszig tárolt mintáknál, mintegy 4 %-kal csökkent. Lényegesebb azonban a komplex minőségi értékek alakulása. A sütőipari értékszám fontos paraméter, mert ebből következtethetünk a liszt minőségére, a sütőipari értékszám szignifikánsan növekedett, amely gyakorlati szempontból is fontos.

### A szemkeménység hatása más, vizsgált paraméter alakulására

A szemkeménység (HI: Hardness Index) közvetlen kapcsolatba hozható jellemzően a liszt kihozattal. Ez a jellemző fontos irányértékként szolgál a malmi tevékenység gazdaságos végzéséhez. Az elmúlt évek kísérleti eredményei rendre közepesen szoros vagy szoros kapcsolatot mutattak a keménységgel. Meg kell azonban jegyezni, hogy amennyiben csak kemény szemű mintákat vizsgáltunk, a kapcsolat szorossága csökkent. A siker mennyiségi és minőségi paraméterei és a szemkeménység közötti kapcsolat inkább determinisztikusnak, mintsem meghatározónak lehet tekinteni. Sütőipari – pontosabban kenyérfeldolgozó - célú lisztgyártás esetében a liszt vízfelvevő képessége lényeges szempont. Ezen tényező esetében a széleskörű vizsgálatok szoros kapcsolatot mutatnak. A térszociológiai jellemzők közül az alveográfus vizsgálatokra fókuszáltunk. A térszociológiai (P-érték) a keménységgel jellemzően szoros korrelációt adott. Hasonló eredményekre számíthatunk a deformációs munka (W-érték) és a HI kapcsolatában.

### Aprítási kísérletek végrehajtása

Két különböző évjáratú és eltérő szemkeménységű búzafajtát, a puha szemű MÉRŐ, valamint a kemény szemű Öthalom és a Jubilejnaja fajtákat. Az aprózódási sajátosságok jellemzésére két különböző elven működő berendezést használtunk. A tárcsás darálók közé tartó Perten készülékben egy fogazott forgótárcsa és egy fogazott állótárcsa között történik az aprítás. A Cyclotec darálóban centrifugális erő hatására bekövetkező ütközés során történik az aprítás, nagy levegőszállítás mellett. A keletkezett őrleményeket a Malvern Mastersizer 2000 szemcsevizsgáló készülékkel elemeztük. Az aprózódási hajlam vizsgálatok a legszembetűnőbb különbség a puha és a kemény fajták között mutatkozott meg. Tárcsás darálóval végzett kísérleteknél - különösen a kis és közepes

résbeállításnál - a puha fajták kétmódusú eloszlás képet mutatnak. Ez a jelleg a Cyclotec darálóval való mérésnél is hasonlóan alakult. A puha és kemény szemű búzák eltérő aprózódási tulajdonságait az alkalmazott daráló kevésbé torzítja, de a megmunkáláshoz szükséges energiaigény sokkal inkább a gépkonstrukció függvénye.

Előzetes, kontrollált körülmények között végrehajtott nedvesítés (11, 13 és 15 %) után a Perten SKCS 4100 mérőműszerrel meghatározott szemkeménység index (HI) a kétféle búzánál eltérő tendenciát mutatott. A puha fajtáknál a nedvesítés hatására egyértelmű és monoton növekedést tapasztaltunk, míg a kemény fajtánál a 13 %-os nedveségtartalom esetén maximum értéket mértünk.

Az aprítás során a kétféle aprítási résméret („0” és „3” állás) közül a kisebbnél rendre nagyobb energiaigény tapasztalható, amely teljes mértékben megfelelt az előzetes elvárásoknak és tapasztalatoknak. Mindkét búzafajta esetében a nedveségtartalom növelésével nőtt az energiaigény, ugyanakkor a kísérleti eredmények igazolták, hogy nem írható fel egyértelmű összefüggés a búzaszemek nedveségtartalma és őrlési energiaszükséglete közt.

Az alkalmazott aprítórés jelentősen a 800 $\mu$ m és az alatti tartományban befolyásolja a szemcsék eloszlását. A D 50% értékhez tartozó reziduumok a teljes szemcseméret tartományban igazolták, hogy a résméret jelentős hatást gyakorol a szemcseméretre, továbbá, hogy a nedveségtartalom növelésével az átlagos szemcseméret durvul a puha búzafajta aprításakor, kemény fajtánál a 13 %-os értéknél mérhető volt kismértékű méretcsökkenés, amely a 15 % értéknél ismét jelentősen durvult. A kétféle búzaminta szemcseeloszlási sajátosságára a szitált (200 mikron) minták vizsgálati eredményeiből lehet fontos megállapítást tenni: a D 10 % értékhez tartozó méretek a kemény fajtáknál rendre magasabbnak bizonyultak (2-3 szoros szemméret), amely azt bizonyítja, hogy a puha fajták aprítása után a szemcsék mennyisége az alsó szemcseméret tartományokban jelentősen több, ez a korábbi év eredményeit, a többmódusú eloszlásról teljes mértékben alátámasztja. További eredmények között kell megemlíteni a búzaszemtermés méretének alakulását eltérő időjárási és évjáráti körülmények között, amelyről (korábbi, nem publikált mérési eredmények alapján) konferencián és folyóirat cikkben számoltunk be.

## ***KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS***

A szerző hálás szívvel köszöni meg mindazt a szeretet és szakmai segítséget, amit az elmúlt évek során kapott. Név szerint is szeretné kifejezni a hálóját **Prof. Dr. Neményi Miklós** akadémikusnak, aki a tudományos pályáján elindította. **Prof. Dr. Sitkei György** akadémikusnak, aki szakmai tanácsaival és segítőkész kritikai észrevételével a mai napig ellátja. **Prof. Dr. Véha Antalnak**, aki számos szakmai, baráti tanáccsal segítette a kutatói munkát és munkahelyi vezetőként hozzájárult a kutatások kivitelezéséhez.

Külön fejezem ki köszönetem közvetlen kollégáimnak, akik a munka sikeréhez felbecsülhetetlen segítséget nyújtottak, személy szerint is kiemelve **Bakos Tibornét, Csercsics Dórá**t és **Dr. Szabó P. Balázst**.

Köszönet illeti mindazon hallgatókat, akik a kutatási munka manuális kivitelezésében az elmúlt években részt vettek.

Szüleimnek és családomnak külön szeretném kifejezni a tiszteletem és köszönetem a támogatásukat és megértésüket.

Hálás szívvel gondolok **Dr. Bölöni Istvánra**, az MTA doktora, akinek szakmai és atyai tanácsai fájóan hiányoznak.

A pályázó hálás köszönetét fejezi ki az OTKA Irodának a kutatómunka adminisztratív elkészítése során felmerült nehézségek során tanúsított végtelen türelmükért, segítőkészségükért és megértésükért.