

**BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
VEGYÉSZMÉRNÖKI ÉS BIOMÉRNÖKI KAR**

Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudományi Tanszék
Gabonatudományi és Élelmiszerminőség Kutatócsoport

**Organikus és konvencionális körülmények között termesztett
búzák élelmi rost összetételi és technológiai tulajdonságainak
vizsgálata**

Készítette:

Szilágyi Virág Róza

I. évfolyam, Biomérnöki szak, Msc

Témavezető:

Dr. Schall Eszter

Egyetemi adjunktus, BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudományi Tanszék

Konzulens:

Dr. Tömösközi Sándor

Egyetemi docens, BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudományi Tanszék



Budapest

2022. december

Köszönetnyilvánítás

Elsősorban szeretnék köszönetet mondani témavezetőmnek, Dr. Schall Eszternek szakmai segítségéért és támogatásáért.

Hálás köszönettel tartozom Dr. Tömösközi Sándornak segítőkészségéért és konzulensi munkájáért.

Köszönettel tartozom Szűcsné Makay Erikának, Dr. Németh Renátának, Jaksics Edinának valamint Juhászné Szentmiklóssy Mariettának a méréseknél nyújtott segítségükért és hasznos tanácsaikért.

Szeretnék köszönetet mondani hallgatótársaimnak, akiknek használhattam mérési eredményeit.

Végül köszönetet szeretnék mondani mindazoknak akik, hozzájárultak dolgozatom elkészüléséhez.

A vizsgált mintákat a martonvásári Agrártudományi Kutatóközpont bocsátotta rendelkezésünkre. A dolgozatban bemutatott kutatómunkát „A tönkölybúzában rejlő genetikai, összetételi és feldolgozóipari lehetőségek feltárása” című OTKA 135211 pályázat támogatta. Emellett a kutatás kapcsolódik a TKP2021 pályázati program, BME-EGA-02 és a BME TKP-BIO 2020 projekt célkitűzéseinek megvalósításához.

Tartalom

1	Bevezetés és célkitűzés.....	4
2	Irodalmi áttekintés.....	5
2.1	Rendszertani besorolás	5
2.2	A növény és a szemtermés jellemzése.....	5
2.3	A szemtermés kémiai összetétele	7
2.3.1	A búzában megtalálható rostok jellemzése	7
2.4	A búza reológiai tulajdonságai	13
2.5	Termesztési mód hatása a gabonamag összetételére	16
3	Anyagok és módszerek.....	19
3.1	Vizsgált minták.....	19
3.2	Nedvességtartalom meghatározása.....	20
3.2.1	Felhasznált eszközök/ berendezések	20
3.2.2	Mérés menete	20
3.2.3	Nedvességtartalom [%] számítása	20
3.3	β -glükán tartalom meghatározása.....	21
3.3.1	A méréshez felhasznált vegyszerek:.....	21
3.3.2	Alkalmazott eszközök/ berendezések.....	21
3.3.3	A mérés menete	21
3.3.4	β -glükán tartalom [%] számítása	22
3.4	Arabinoxilánok meghatározása gázkromatográfiával	22
3.4.1	A méréshez felhasznált vegyszerek.....	22
3.4.2	Felhasznált berendezések/ eszközök	23
3.4.3	Mintaelőkészítés menete	23
3.4.4	Eredmények értékelése.....	24
3.5	Reológiai vizsgálatok	26
3.5.1	Esésszám meghatározása.....	26
3.5.2	A viszkozitási jellemzők meghatározása gyors viszkoanalizátorral (RVA).....	26
3.6	Eredmények értékelése.....	28
4	Eredmények és értékelésük	29
4.1	Élelmi rost eredmények értékelése	29
4.1.1	β -glükán tartalom eredményei.....	29
4.1.2	Arabinoxilán tartalom eredményeinek értékelése	32
4.2	Reológiai vizsgálatok értékelése	40
4.2.1	Esésszám mérés eredményei	40
4.2.2	Viszkózus viselkedés vizsgálata gyors viszkoanalizátorral.....	44

4.2.3	A reológiai eredmények összegző értékelése	53
5	Eredményekből levonható következtetések.....	54
6	Összefoglalás.....	56
	Irodalomjegyzék.....	57
	Mellékletek.....	60

1 Bevezetés és célkitűzés

Európában a közönséges búza (*Triticum aestivum* L.) a legelterjedtebb humán élelmezésre felhasznált gabonafaj. Azonban egyre nagyobb figyelem fordul azokra a gabonákra, melyek több egészségtámogató összetevőt tartalmazhatnak és amik potenciálisan kevesebb vegyszerrel kezelve termesztethetők. Így előtérbe kerültek olyan fajok is, melyek termesztésének hazánkban is vannak hagyományai, de jelenleg felhasználásuk nem jellemző, vagy legalábbis jelentősen elmarad a közönséges búzától. Erre példa a tönkölybúza (*Triticum spelta* L.), ami kedvezőtlen talaj- és éghajlati viszonyok között is termesztethető, a közönséges búzához képest jobban tolerálja az abiotikus és biotikus stresszhatásokat. Ugyanakkor termésátlagja jelentősen kisebb, betakaríthatósága, feldolgozása összetettebb, ebből adódóan profitabilitása elmarad a modern kenyér- és durumbúzákétól. A tönkölybúzára vonatkozóan számos, tudományosan nem, vagy csak részben igazolt táplálkozással, egészségtámogatással, illetve technológiai tulajdonsággal kapcsolatos állítás fogalmazódott meg annak újra felfedezése óta. Emellett kevés kísérletileg bizonyított információ érhető el a környezetbarát termesztési módszerekkel való előállításának alkalmasságáról, valamint a termesztési mód hatásáról az összetételi és technológiai tulajdonságokra. A BME Gabonatudományi és Élelmiszerminőség Kutatócsoport és a martonvásári Agrártudományi Kutatóközpont közösen indított kutatásához kapcsolódó dolgozatom fő célja a termesztési körülmény vizsgálata a tönkölybúza, a közönséges búza és ezek keresztezéseiből előállított kísérleti vonalak élelmi rost összetételi és reológiai tulajdonságaira.

2 Irodalmi áttekintés

2.1 Rendszertani besorolás

A tönkölybúza (*Triticum spelta*) ősi rokona a mai közönséges búzának (*Triticum aestivum*), hétköznapi nevén kenyérbúzának (Kohajdová and Karovičová, 2007). A közönséges- és a tönkölybúza egyaránt hexaploid gabona, a *Gramineae* (Pázsitfűfélék) családba tartozó *Triticum* nemzetségbe tartoznak (Escarnot et al., 2012). A nemzetségen belül három tagozatot különítenek el, amelyek közül a tönköly a *Tönköly* tagozatba sorolandó. Megkülönböztetünk pelyvás és pelyva nélküli fajokat a tagozaton belül. A tönköly a kenyérbúzával szemben a pelyvások közé tartozik.

2.2 A növény és a szemtermés jellemzése

A közönséges és a tönkölybúza között nincs jelentős morfológiai különbség. A kenyérbúzához képest a tönköly magasabb (150 – 200 cm). Hosszú (15 – 20 cm), laza kalásszal rendelkezik, szára törékeny (1.ábra). A tönköly termesztése sok éven át hanyatlott, de a közelmúltban megnőtt az ökológiailag termesztett élelmiszerekben való felhasználása iránti érdeklődés, ami a termesztésének újjáéledéséhez vezetett. Növényvédő szerek használata nélkül, zord környezeti körülmények között is termesztethető (Kohajdová and Karovičová, 2007). Tolerálja a biotikus és abiotikus stresszeket, például a betegségeket, kártevőket, a szárazságot, a talaj magasabb sótartalmát, a szennyezést és a talaj tápanyaghiányát (Arzani and Ashraf, 2017). Hőigénye alacsonyabb, mint a közönséges búzáé, ezért hidegebb régiókban is termesztethető (Biel et al., 2016; Poltoretskyi et al., 2018).



1. ábra: Tönkölybúza növény és szemtermése (Békés et al., 2017)

A közönséges búza és a tönkölybúza szemtermésnek fő különbsége, hogy a tönkölyszemeket pelyva borítja. Ezt betakarításkor mechanikai beavatkozással eltávolítják, azaz hántolják. A tönkölybúzát fokozatosan felváltotta a nagy hozamú, közönséges búza,

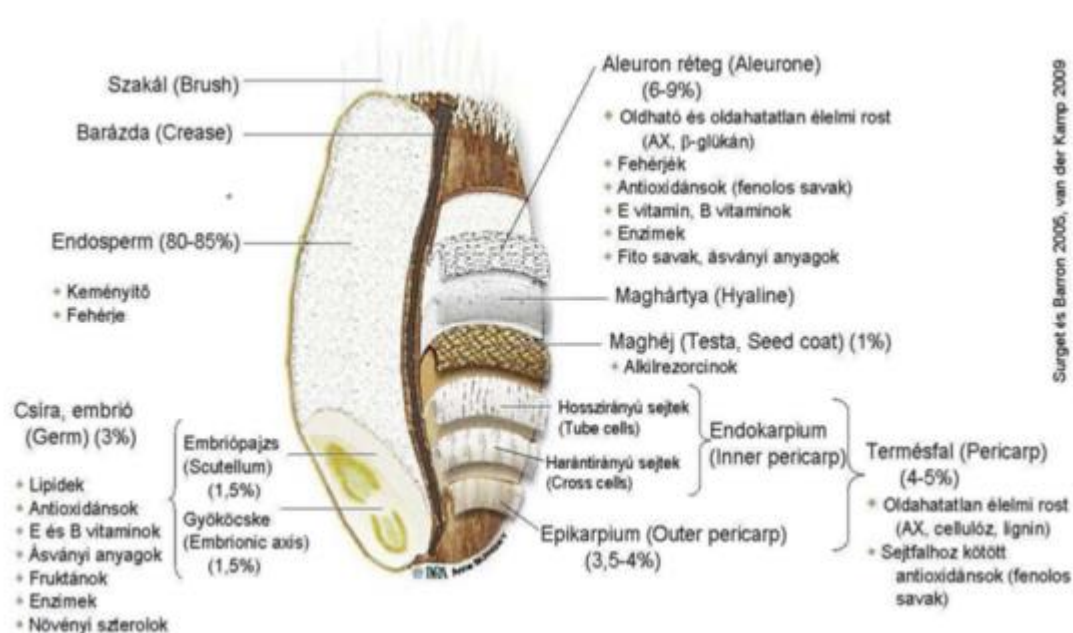
amelynek nincs pelyvája, ezáltal könnyebben és olcsóbban feldolgozható. A pelyva érett termés tömegének 21-32 %-át teszi ki. A mag alakja közönséges búza esetén lekerekített, míg a tönkölynél hosszúkás alakú. A mag keresztmetszete kevésbé kerek (2.ábra). (Escarnot et al., 2015; Kulathunga et al., 2021)



2. ábra: A tönköly és a közönséges tavaszi búza szemtermésének keresztmetszete (Kulathunga et al., 2021)

A búzaszem külső része a terméshéj vagy más néven pericarpium (3.ábra). Két rétegből áll, a külső epikarpiumból és a belső endokarpiumból. A magot kívülről maghéj fedi, mely szintén két rétegű. A belső rétegében festékanyagok találhatóak, ezért ezt a részt pigment rétegnek is nevezik. A héj részek feladata a magbelső és a csíra fizikai és biokémiai védelme. Védelmet nyújt a talajban terjedő kórokozók ellen, valamint lehetővé teszi a csírázást és a tápanyagok jobb hasznosítását zord növekedési körülmények között. A terméshéj a mag 4-5 %-át adja, nagyrészt oldhatatlan ételmi rostokat (arabinoxilán, cellulóz) és sejtfalhoz kötött antioxidánsokat tartalmaz. Az alkilrezorcinokat tartalmazó maghéj a gabonamag 1 %-át teszi ki. A héj részeken belül helyezkedik el az endosperm, azaz a táplálószövet. A csírázási folyamat során tartalék tápanyagként szolgál. Ez teszi ki a szemtermés legnagyobb részét, számszerűsítve 80-85 %-át. A magbelső két része az aleuron réteg és a lisztes test. Az aleuron réteg a mag 6-9 %-a, oldható és oldhatatlan ételmi rostok, fehérjék, antioxidánsok, E-, B-vitaminok, ásványi anyagok, fitát és enzimek találhatóak benne. A tönkölybúzában ez a réteg nagyobb részt foglal el a kenyérbúzához képest. Az endospermet nagyobb részben alkotó lisztes test főként fehérjét és keményítőt tartalmaz. A gabonamag alsó részén helyezkedik el a csíra, mely a mag 3 %-át teszi ki. Két része a gyököcske és a rügyecske, más szóval a radícula és a plumula. A csíra az új növény kifejlődéséért felelős. Tartalmaz lipideket, antioxidánsokat, E-, B-, vitaminokat, ásványi anyagokat, növényi szterolokat és enzimeket. Fontos része továbbá a magnak a barázda,

amelynek a feladata a tápanyagok szállítása a fejlődő szembe. (Kulathunga et al., 2021; Singh and Kent-Jones, 2021; Szendi et al., 2012, Escarnot et al., 2015, Tremmel-Bede, 2019).



3. ábra: A búzaszem felépítése (Brouns et al., 2012)

2.3 A szemtermés kémiai összetétele

A búzamaz legnagyobbn mennyiségben szénhidrátokat tartalmaz, körülbelül 75-85%-át teszik ki a teljes magnak. Másik nagyobb mennyiségben megtalálható összetevő a fehérje, mely 10-15%-ot jelent. Kisebb mennyiségben találhatóak meg a lipidek (1-5%), valamint az ásványi anyagok (1,6-2,2%) (Kohajdová and Karovičová, 2007). A gabonaszem víztartalma körülbelül 12-14% (Szendi et al., 2012). Az irodalomban fellelhető források alapján a tönkölynek magasabb a fehérjetartalma, mint a közönséges búzának, magasabb a lipidtartalma, valamint magasabb a magnézium-, foszfor-, vas-, réz- és cinktartalma, azonban hiányoznak azok az irodalmi források, melyek nagy számú mintapopuláción végzett összetételi elemzéseken alapulnak. (Escarnot et al., 2011). Dolgozatom szempontjából a szénhidrátoknak van kiemelt jelentősége, ezért ezeket alább részletesen tárgyalom.

2.3.1 A búzában megtalálható rostok jellemzése

A szénhidrátok a gabonamaz legnagyobbn mennyiségben jelen lévő összetevői. A szénhidrátokat méret szerint 3 csoportba szokták osztani: egyszerű cukrok (mono és diszacharidok), oligoszacharidok és poliszacharidok. Az irodalomban a búza jellemzésénél, főként a poliszacharidokra koncentrálnak, ami nem véletlen, hiszen ezek találhatóak meg

bennük nagyobb mennyiségben. Ez alapján megkülönböztetik a keményítőt, mint a búza fő tároló szénhidrátja, valamint a nem keményítő poliszacharidokat, amelyek táplálkozástanilag kedvező rostalkotók. A rövid szénláncú szénhidrátok azonban egyre nagyobb hangsúlyt kapnak a gabonák jellemzésénél, így a búzánál is, ugyanis ennek a csoportnak egyes összetevői (FODMAP-ok) élelmiszerbiztonsági szempontból érintettek.

2.3.1.1 Mono-, di- és oligoszacharidok

A mono-, di- és oligoszacharidok együtt a búzamag 7 % százalékát teszik ki (Arendt and Zannini, 2013). Gabonákban a legfontosabb monoszacharidok (hidrolízissel több részre nem oszthatók) a glukóz, és a fruktóz. A diszacharidok - melyek 2 monoszacharid egységből állnak - közül a szacharóz és maltóz a legjelentősebb. Az oligoszacharidok (3-10 monoszacharid egység) közül a raffinóz fordul elő nagyobb mennyiségben. A mono- és diszacharidok főként a csírában találhatóak meg. Technológiailag nincs nagy jelentőségük, mivel a fehér liszt frakcióban nincsenek jelen (Lafiandra et al., 2014).

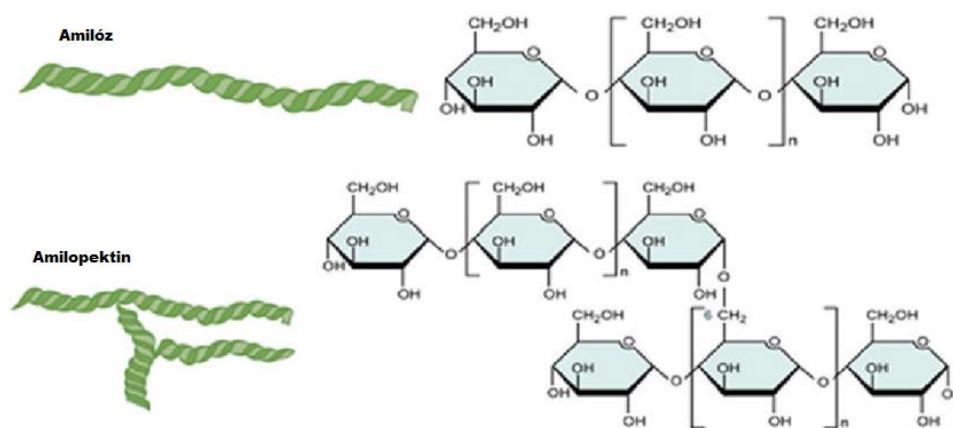
2.3.1.2 Keményítő

A keményítő a gabonafélékben, így a búzáknban is a legnagyobb mennyiségben előforduló összetevő. A legtöbb ember étrendjében az energia nagy részét is ez adja. A gabonamag endosperm részében található meg nagy százalékban (70-80%). A teljes szemre vonatkoztatott keményítőtartalom közönséges búzánál és tönkölynél nagyjából megegyező, 61-68% között változik tönkölynél, közönséges búza esetében pedig 62-68% (Escarnot et al., 2012).

A keményítő két szerkezetileg eltérő poliszacharidból, amilózból és amilopektinből áll. Az amilóz a glukóz lineáris, az amilopektin pedig a glukóz elágazó homopolimerje. A homopolimerek β -D-glukóz monoszacharid egységekből épülnek fel, melyek az amilóz esetében α -1-4, amilopektinnél pedig α -1-4 és α -1-6 glikozidos kötással kapcsolódnak egymáshoz (4. ábra). Az amilóz 26-28%-ot, az amilopektin 72-74%-ot tesz ki a keményítőszemcsében (Bojnaňská et al., 2016). A búza minőségére hatással van a keményítőszemcsék alakja és mérete. A búzakeményítő nagy lencse alakú (A-típusú) és kis gömb alakú (B-típusú) szemcséket tartalmaz, valamint néhány köztest (elmaradott A-típusú) (Anjum et al., 1991). A kis méretű keményítőszemcsék a tészta nyújthatóságát, míg a nagyobb szemcsék a tészta nyújtással szembeni ellenállását növelik. A keményítő tartalmú élelmiszerekben a keményítő funkcionalitásának megértését gyakran kiegészítik az amilóz/amilopektin arány és az amilóz molekulatömegének (MW) mérésével. A

molekulaösszetétel vizsgálata során azt találták, hogy az organikus tönkölykeményítő amilopektin molekulatömege szignifikánsan magasabb volt, mint a konvencionális (Ie et al., 2012). Az organikus és konvencionális fogalmak tisztázására a 2.5 fejezetben térek ki részletesen.

A WHO szakértői szerint azok a szénhidráttartalmú élelmiszerek előnyösebbek, amelyeknek alacsonyabb a keményítő emésztési sebessége és mértéke. Ezt számos tényező befolyásolhatja, beleértve a keményítő forrását, összetételét és az élelmiszer-feldolgozását. A rezisztens keményítő a keményítőnek és a keményítő bomlástermékeinek azon része, amely kikerül az emésztésből, és nem szívódik fel az egészséges ember vékonybelében, élelmi rostnak tekinthető. Teljes kiőrlésű tönkölybúza lisztek rezisztens keményítő tartalma magasabb, és alacsonyabb a keményítő emésztési sebessége és mértéke a közönséges búzához képest (Abdel-Aal and Rabalski, 2008).



4. ábra: Az amilóz és az amilopektin szerkezete (Sanyang et al., 2018)

2.3.1.3 A nem keményítő poliszacharidok

A gabonákban a keményítő mellett jelen lévő poliszacharidok rostnak tekinthetők, így a búza és más gabonafélék fontos élelmi rostforrások, a napi élelmi rostszükséglet körülbelül 50%-át biztosítják. Főként a mag külső rétegeiben és aleuronrétegben találhatók meg. Rostnak nevezzük azokat az összetevőket, melyeket a humán emésztőenzimek nem tudnak lebontani, viszont az emésztőrendszeren belül a vastagbélben, a bélflóra bizonyos típusai hasznosulnak. Az élelmi rostok elsősorban a bélperisztaltikát és a táplálék áthaladási sebességét befolyásolják a tápcsatornán keresztül (Kwiatkowski et al., 2015). A búzaszem fő élelmi rostkomponensei a sejtfal-poliszacharidok, például az arabinoxilán és a β -glükán, amelyek az endospermiumban található összes sejtfal-poliszacharid körülbelül 70%-át, illetve 20%-át

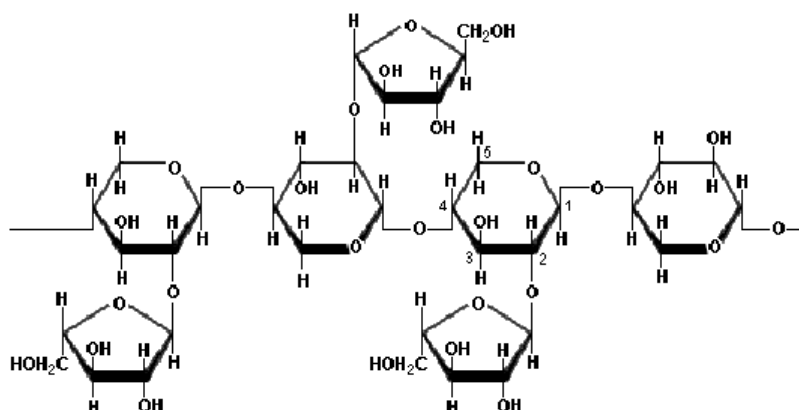
teszik ki. Ezen kívül fontos rostkomponens a cellulóz, a rezisztens oligoszacharidok (pl. frukto-oligoszacharidok) és a lignin is. A közönséges búzánál 11,5-18,3% élelmi rost tartalmat mértek, tönkölyben pedig 10,7-13,9%-ot (Gebruers et al., 2008).

2.3.1.3.1 Arabinoxilán

Az arabinoxilán (AX) a kenyérbúzában a legnagyobb mennyiségben előforduló élelmi rost poliszacharid. Az arabinoxilán az endospermium szárazanyag tartalmának körülbelül 2%-át teszi ki, amelynek egynegyede-egyharmada vízzel extrahálható. A perifériás rétegek (az aleuron réteg, valamint a közbülső és külső perikarpréteg) és a csíra gazdagabb arabinoxilánban, mint az endospermium. A legmagasabb szintet (kb. 40%) a külső perikarpiumban mérték. Az arabinoxilánok fő lánc β -1,4-kapcsolt D-xilopiranozid egységekből áll, amely főként α -1,2 és α -1,3 glikozidos kötéseken keresztül kapcsolódó L-arabinofuranóz származékokkal van szubsztituálva (5.ábra) (Escarnot et al., 2011). A szubsztituáltság mértékét az A/X (arabinóz/xilóz) aránnyal szokták jellemezni. Ha több arabinóz tartalmaz a molekula, akkor a molekula oldhatósága is nagyobb lesz. A teljes arabinoxilán tartalom (TOTAX) oldhatóság alapján két csoportra osztható. Megkülönböztetünk vízdoldható (WEAX-water-extractable) és nem vízdoldható (WUAX-water-unextractable) arabinoxilánokat (Török et al., 2019). Az arabinofuranóz 5-ös pozíciójú szénatomjához észter kötéssel kapcsolódhat ferulsav vagy kumarinsav (Saulnier et al., 2007). Ezek az arabinózon keresztül keresztkötések kialakítására képesek a többi xilopiranoz láncsal. A keresztkötések számának növekedése valamint a xilóz lánc hosszának növekedése csökkenti az oldhatóságot.

Táplálkozási jelentőségük mellett az AX technológiai tulajdonság alakítása szempontjából is fontos, mivel erősen befolyásolja a búza funkcionalitását a gabonafeldolgozás során, például a kenyérsütésben és a glutén-keményítő szétválasztásában (Gebruers et al., 2008). Az arabinoxilánok (a WEAX és a WUAX is) nagy vízmegkötő képességgel rendelkeznek, saját tömegüknek sokszorosát képesek megkötni. A WEAX és a WUAX azonban eltérő módon hat a technológiai viselkedésre. Hatásuk van kenyérsütés során a cipótérfogatra. A víz oldható AX növeli a cipótérfogatot a gázcellák falának stabilizálásával valamint javítja a tészta szerkezetét. A WUAX negatív hatással van a sikérképződésre, valamint a kenyér térfogatát is csökkenti (Bonnand-Ducasse et al., 2010).

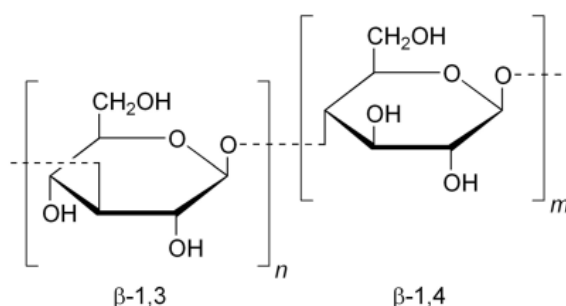
A tönkölybúza fehér lisztje 1,6-2,15%, míg a közönséges őszi búza fehér lisztje 1,35-2,75% arabinoxilánt (TOTAX) tartalmaz, míg vízzel extrahálható arabinoxilánból (WEAX) a tönkölynél 0,3-0,45%, közönséges őszi búzánál 0,3-1,4%-ot mértek. (Gebruers et al., 2008)



5. ábra: Arabinoxilán molekula szerkezete (Ioelovich, 2013)

2.3.1.3.2 β -glükán

A teljes búzaszem β -glükán szintje 0,5 és 1,4%-a között változik. A gabonamag endospermium részének mindössze körülbelül 0,3%-a β -glükán. A legtöbb β -glükán az aleuronrétegben található. A cellulózzal keresztkötésben térhálót alakít ki. A β -glükán egy lineáris homopolimer, amely (1-3) és (1-4) kötéssel összekapcsolt β -D-glükózil csoportokból épül fel (6. ábra). Táplálkozástaniilag kedvező, nagy abszorpciós kapacitással rendelkezik, ezért az emésztés szempontjából előnyös. A β -glükánok hatással vannak a viszkoelasztikus tulajdonságokra. A nagy molekulatömegű β -glükánok növelik a tészta vizes fázisának viszkozitását, ami stabilizálja a gázsejteket, ezáltal növelve a kenyértérfogatot (Rieder et al., 2012). A tészta nyújthatóságát és a cipő térfogatát csökkentik. A közönséges őszi búza teljes őrlménye 0,5-0,95% β -glükánt, a tönkölybúza teljes őrlménye pedig 0,55-0,70% β -glükánt tartalmaz (Gebruers et al., 2008).

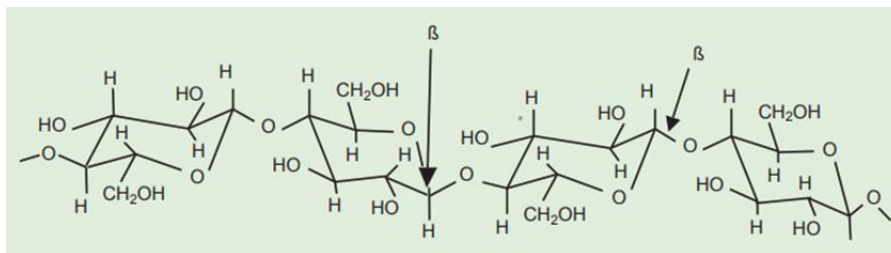


6. ábra: A β -glükán szerkezete (Channell et al., 2018)

2.3.1.3.3 Egyéb rostkomponensek

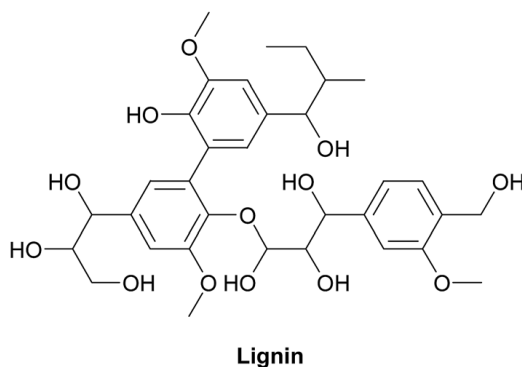
A cellulóz a külső perikarpiumban és a köztes rétegekben igen nagy mennyiségben előforduló sejtfal poliszacharid. A búza endospermiumának cellulóztartalma kb. 0,6%, míg a héj körülbelül 8,0% cellulózt tartalmaz. A β -glükánhoz hasonlóan a cellulóz a glükóz homopolimerje, azonban a glükóz monomereket β -1,4 glikozidos kötés kapcsolja össze

(7.ábra). A lánc lineáris, elágazásmentes. A láncok közötti H-hidakkal stabil szerkezet alakul ki (Gebruers et al., 2008).



7. ábra: Cellulóz szerkezete (Oláh et al., 2012)

A lignin nem poliszacharid sejtfa anyag, amelyet főként három monolignol alkot: p-kumaril-, koniferil-, és szinapil-alkohol (8.ábra). A lignin a sejtfa erősítésében játszik szerepet. A teljes kiőrlésű búza szárazanyagának ligninkoncentrációja körülbelül 2%. Közöséges őszi búzánál 1,4-3,25%-ot, tönkölynél 1,85-2,9%-ot mértek (Gebruers et al., 2008).



8. ábra: A lignin szerkezete (Nikafshar et al., 2017)

Az 1. táblázatban összefoglalva látható a közöséges búza és a tönköly összes élelmi rosttartalma valamint az egyes rost összetevők mennyisége.

	Élelmi rost [%]	TOTAX fehér lisztben [%]	WEAX fehér lisztben [%]	β -glükán [%]	Lignin[%]
Őszi közöséges búza	11,5-18,3	1,35-2,75	0,30-1,4	0,50-0,95	1,40-3,25
Tavaszi közöséges búza	12,1-17,5	1,65-2,75	0,30-0,75	0,50-0,65	1,50-2,95
Tönkölybúza	10,7-13,9	1,60-2,15	0,30-0,45	0,55-0,70	1,85-2,90

1. táblázat: Élelmi rost-, TOTAX-, WEAX-, β -glükán-, és lignin %-os tartalom szárazanyagra vonatkoztatva (Gebruers et al., 2008)

2.4 A búza reológiai tulajdonságai

Az összetétel a táplálkozási érték mellett a gabonák technológiai, technofunkcionális tulajdonságainak jellemzése miatt is fontos, mely a felhasználhatóságukat alapvetően meghatározza. A tönkölybúzáról számos egészségtámogatással és technológiai tulajdonsággal kapcsolatos állítás fogalmazódott meg. Azonban kevés tanulmány van arra vonatkozólag, hogy milyen mértékű különbség van a közönséges búzához képest. Továbbá a nagyobb ellenállóképességgel rendelkező tönköly lehetőséget biztosít a kevesebb vegyszer alkalmazásának a termesztés közben, viszont a termesztési mód összetételre és technológiai tulajdonságokra vonatkozó hatásáról szintén keveset tudunk. A tönköly megítéléséhez tehát szükséges ezen technológiai mérésekkel kapott eredmények értékelése.

A búzaminősítés egyik legjellemzőbb reológiai vizsgálata a dagasztási tulajdonságok tanulmányozása. A dagasztási tulajdonságok alakításában elsősorban a sikérfehérjék (gliadinok és gluteninek) vesznek részt. Vizsgálataim során azonban a viszkózus tulajdonságokra végeztem méréseket, hiszen ennek alakításában elsősorban a szénhidrátoknak van szerepe, így a továbbiakban erre fókuszálok.

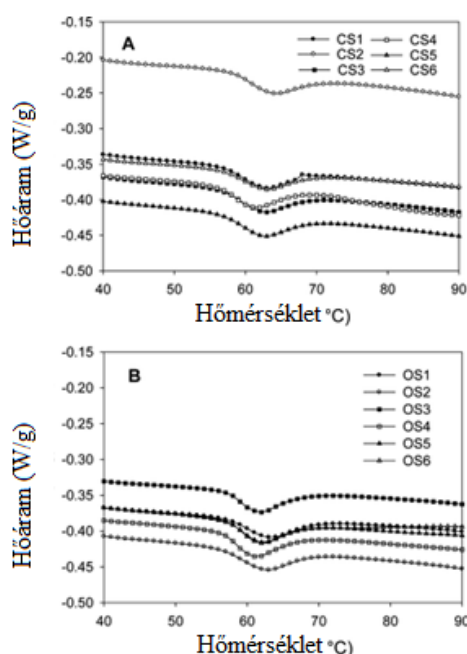
A gabonák, különösen a búzák technológia tulajdonságainak megítélése során a legtöbb esetben az őrlemények víz hozzáadásával készített híg szuszpenziós vagy tésztajlegű mátrixainak viszkózus vagy viszkoelasztikus viselkedését tanulmányozzuk. A gabonamagvak fő összetevője a keményítő, amely fontos szerepet tölt be a késztermékek fizikai-kémiai tulajdonságainak alakításában. A keményítőre jellemző folyamat a csirizedés, mely a keményítőszemcsék négy lépésben történő átalakulása: kristályosság elvesztése, vízfelvétel, a szemcsék felrepedése és az amilóz oldása. Ez egy irreverzibilis folyamat, mely nagymértékben meghatározza a gabonaőrlemények viszkózus paramétereit és felhasználhatóságukat.

A viszkózus viselkedés tanulmányozásának fontos paramétere az esésszám, amely az α -amiláz aktivitással van összefüggésben. Az α -amiláz mennyisége és az esésszám fordítottan arányos. A Hagberg-féle esésszám meghatározó műszer egy speciális viszkoziméter, amely másodpercben méri az ejtőtest süllyedésének idejét az elcsirizedett liszt-víz keverékben (Dencic et al., 2013). A tönkölybúzánál az átlagos esésszám 307-340 másodperc, míg közönséges búzánál átlagosan 316 másodperc. (Bojňanská and Frančáková, 2002; Lacko-Bartošová and Korczyk-Szabó, 2011; Petrenko et al., 2018).

Wilson és munkatársai (2008) a tönkölykeményítő tulajdonságainak tanulmányozása során azt találták, hogy az összes vizsgált tönkölykeményítő amilóz tartalma következetesen

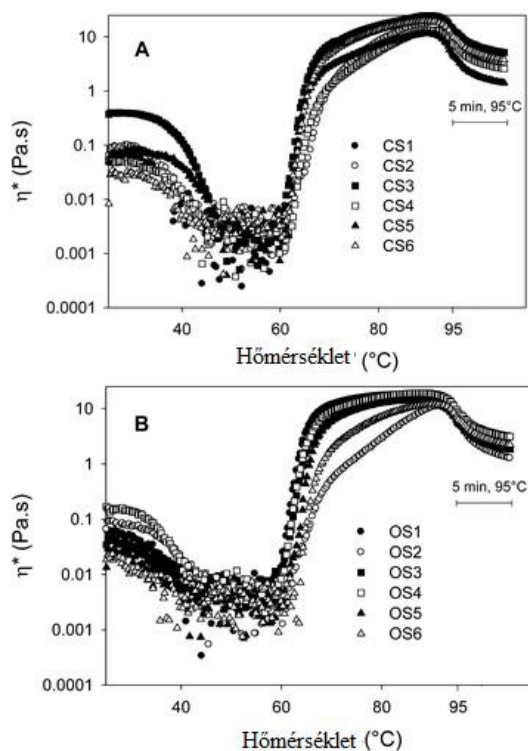
magasabb volt, mint a standardként alkalmazott őszi búza amilóz tartalma. A kutatók azt is megfigyelték, hogy több vizsgált fajta esetében a gélesedés kezdeti hőmérséklete szignifikánsan magasabb volt a közönséges búza kontrollhoz képest, bár a gélesedési csúcs és véghőmérséklete nem különbözött szignifikánsan (Ie et al., 2012; Wilson et al., 2008).

Azok a tanulmányok amelyek kifejezetten összehasonlítják az organikus és konvencionális körülmények között termesztett tönkölybúza keményítő tulajdonságait jelenleg igen korlátozott számban állnak rendelkezésünkre. A gélesedés az egyik legfontosabb folyamat, amelyen a keményítőnek át kell mennie, mielőtt funkcióját betöltené, mint például a sűrítés és az összetevők megkötése. Pauline és munkatársai (2012) differenciális pásztázó kalorimetriát (DSC) alkalmaztak a keményítő termikus tulajdonságainak, különösen a gélesedési tulajdonságainak értékelésére. Az organikus és konvencionális tönkölykeményítők DSC méréssel kapott termogramjaik azt mutatják, hogy a gélesedés 56,7 és 68,8 °C között változott (9.ábra), az átlagos csúcs hőmérséklet pedig 62,4 °C. Ez a hőmérséklet-tartomány valamivel magasabb, mint a közönséges búzakeményítőé (körülbelül 50–66 °C). Ez az eredmény összhangba van a feljebb már említett Wilson és kutatócsoportja (2008) által kapott eredményekkel. Azonban az organikus és konvencionális minták gélesedése között nem találtak szignifikáns különbséget a DSC-vel végzett mérések során. (Ie et al., 2012)



9. ábra: Konvencionális (A) és organikus(B) tönkölybúza keményítők gélesedési profilja DSC-vel (Ie et al., 2012)

Pauline és társai (2012) viszkozitás vizsgálatai során alig volt szignifikáns különbség a komplex viszkozitás (η^*) növekedés kezdeti hőmérsékletében (átlagosan 64,4 °C), valamint a csúcs komplex viszkozitásában (átlagosan 17,2 Pas), mely kis különbségek a molekulaösszetétel eltéréseiből fakadnak. Továbbá nem találtak szignifikáns különbséget a csúcshőmérsékletben (átlag $89,0 \pm 2,8$ °C) a két termesztési mód között. A rugalmas és viszkózus modulusok növekedése két szakaszra osztható. A kezdeti emelkedés (körülbelül 60–75 °C) a keményítőszemcsék fokozatos duzzadásának köszönhető. A végső csúcshoz vezető későbbi növekedés pedig a megnövekedett gélterfogatnak tulajdonítható. (10. ábra)



10. ábra: Konvencionális (A) és organikus(B) tönkölybúza keményítők komplex viszkozitása (Ie et al., 2012)

A konvencionális és organikus keményítő közötti amilóz/amilopektin tartalom és molekulatömeg (MW) eltérése magyarázatot adhat a keményítők termikus és reológiai tulajdonságaiban megfigyelt jelentős különbségekre. Bár az organikus tönkölyben szignifikánsan magasabb amilopektin MW-t találtak, nincs irodalmilag alátámasztott bizonyíték arra vonatkozóan, hogy ez befolyásolná a zselatinizációs tulajdonságokat (Ie et al., 2012).

A gabonák, így a búzák élelmi rost komponensei hatással vannak a tészta reológiai tulajdonságaira. A sikér funkcionális tulajdonságait a vízzoldható és a vízben nem oldható AX-

ok jelenléte is befolyásolja, habár a kettő hatása ellentétes. A WEAX és a WUAX fehér liszthez adagolása növeli a vízabszorpciót és tészta kialakulási idejét (DDT). Az arabinoxilán és β -glükán hatását a reológiai tulajdonságra a róluk szóló fejezetben részleteztem. Kifejezetten a tönkölybúza élelmi rost komponenseinek reológiai tulajdonságokra gyakorolt hatásáról az irodalomban nem találtam adatokat.

2.5 Termesztési mód hatása a gabonamag összetételére

Mivel a későbbiekben organikus és konvencionális termesztésű tönkölybúza mintákat hasonlítok össze, ezért fontosnak tartom tisztázni ezen fogalmakat, valamint kitérek szinonimáikra is. Alapvetően törekedtem arra, hogy ezt a két jelzőt használjam, de az irodalomban gyakran alkalmaznak hason szavakat. A leglényegesebb különbség a mai értelemben vett konvencionális és az organikus gazdálkodás között az, hogy a konvencionális gazdálkodás használhat szintetikus anyagokat (műtrágya, szintetikus növényvédő szerek) míg az organikus gazdálkodás nem. Az organikus gazdálkodás során növényvédelemre és tápanyag-utánpótlásra használható anyagok köre szigorúan szabályozott, jogszabály által meghatározott ((EU) 2021/1165, 2021). A konvencionális helyett a „hagyományos” jelzőt is szokták alkalmazni, ami nem szerencsés fogalmazás, mert az inkább a régi típusú termesztést jelenti, ami pedig nem használt szintetikus anyagokat, úgymond organikus volt. A konvencionális termesztés alatt tehát a jelenleg általánosnak tekinthető, a nagyüzemi növénytermesztésre jellemző termelés a helyes kifejezés. A „bio”, „öko” és „organikus” kifejezéseket egymás szinonimájának lehet tekinteni. Országonként eltérő melyiket használják. (Chaudhary and Yadav, 2020; Dr. Berényi, n.d.; Szegedi Tudományegyetem, 2014)

A tönkölybúza a közelmúltban növelte termőterületét és piaci részesedését Európában, különösen az ökológiai gazdálkodásban. Ez feltehetően elsősorban annak köszönhető, hogy képes zord körülmények között növekedni valamint a fogyasztók azon felfogása, hogy a tönkölybúzának magasabb a tápértéke a közönséges búzához képest. Az ökológiai gazdálkodás kisebb nyomást gyakorol a természeti környezetre és a klímaváltozásra is (Kwiatkowski et al., 2015; Wang et al., 2021).

A búzafajták (*Triticum aestivum* és *Triticum spelta*) és a termesztési módszerek (konvencionális vs. organikus) a búza összetételére gyakorolt hatásáról tudományos vita folyik. Az ökológiai gazdálkodás nem teszi lehetővé a hagyományos ásványi műtrágyák és növényvédő szerek (gyomirtó és gombaölő szerek) használatát. A megfelelően használt műtrágyák segítenek a növényeknek túlélni a kedvezőtlen éghajlati viszonyokat, és

ellenállóbbá teszik őket a betegségekkel és a kártevőkkel szemben. Különösen az ásványi műtrágyázás a fő termésnövelő tényező a konvencionális gabonatermesztésben. Az ökológiai termelők viszont előnyben részesítik a versenyképes növényeket, mint például a tönkölybúza, amelyek magas betegség- és gyomokkal szembeni ellenállósággal rendelkeznek. Mind az őszi, jobb a tavaszi közönséges búza organikus körülmények közötti termesztése jelentősen csökkentette a termőképességet, de a gabona kémiai összetevőinek tartalma kedvezőbb volt a konvencionális rendszerhez képest. Az ökológiai gazdálkodási rendszer nem eredményez termeléseszköket a tönkölybúzában, de hozzájárul a gabona minőségi paramétereik (o-dihidroxi-fenolok, szelén, egyes aminosavak, pl. Val, Met és Trp) javulásához. (Kwiatkowski et al., 2015; Wang et al., 2021)

Wang és kutatótársai (2021) tanulmányának eredményei azt sugallják, hogy jelentős különbségek vannak az antioxidáns és ásványi anyag összetételében tönkölybúza és közönséges búza valamint az organikus és konvencionális liszt között. A tanulmány szerint tönkölyliszt enyhén, de szignifikánsan magasabb fenolkoncentrációval és antioxidáns aktivitással rendelkezik, mint a közönséges búza, valamint az antioxidáns /polifenol koncentráció magasabb volt az organikus növényekben, mint a konvencionális növényekben. A K- és Mg-koncentrációk tönkölyben szignifikánsan magasabbak voltak, mint a közönséges búzaliszténél, valamint az organikus lisztekénél is magasabbak voltak a konvencionális liszthez viszonyítva. Az orto-dihidroxifenol-tartalom szignifikánsan magasabb volt az organikus termesztésben a konvencionális gazdálkodáshoz képest (tavaszi búza és őszi búza körülbelül 7%-kal, tönkölybúza 16%-kal). Ez azt mutatja, hogy az organikus termesztés elősegíti ezen értékes természetes antioxidánsok nagyobb felhalmozódását a gabonafélékben (Wang et al., 2021).

Kwiatkowski és munkatársai (2015) a tönköly esetében magasabb (több mint 9,8%-kal) élelmi rosttartalomról számoltak be az ökológiai kezelésben (Kwiatkowski et al., 2015).

A biobúzaszemek alacsonyabb levélklorofill és fehérjeszintje elsősorban a szerves N-műtrágya helyett szerves (például állati és zöldtrágya) használatához köthető (Wang et al., 2021).

A Met és a Trp kivételével az organikus - és konvencionális termesztésű gabonafélék szemében a többi aminosav tartalma nem tért el szignifikánsan. A tönkölybúza organikus gazdálkodása 2,5-szer magasabb Met- és 1,7-szer magasabb Trp-tartalmat eredményezett a konvencionális gazdálkodáshoz képest (Kwiatkowski et al., 2015).

A mangán (Mn), a cink (Zn), a réz (Cu) és a molibdén (Mo) koncentrációi magasabbak voltak tönkölyben a közönséges búzaliszthez képest valamint az organikus

lisztben a konvencionálishoz képest. A vas koncentrációja szintén szignifikánsan magasabb volt az organikusban a konvencionális liszthez képest. Az organikus gazdálkodási rendszer hozzájárul a gabonaszemek szignifikánsan magasabb szelén-tartalmához a konvencionális gazdálkodáshoz képest (Kwiatkowski et al., 2015; Wang et al., 2021).

3 Anyagok és módszerek

3.1 Vizsgált minták

A vizsgálataimhoz összesen 24 típusú búza mintát használtam. Ezek között szerepel 8 tönkölybúza fajta, 5 közönséges búza fajta, és 11 keresztezési vonal. A keresztezési vonalak közül 9 tönköly és közönséges búza szülőkkel rendelkezik, míg 2 esetben mindkét szülő tönköly (2. táblázat). Minden minta esetében rendelkezésünkre állt konvencionális és az organikus körülmények között termesztett növényből származó mag is. A mintákat Wintersteiger LD350 tömeg cséplőgépet alkalmazva hántolták (1100 rpm fordulatszámon) több körben (5-8), mely során a csupasz szemeket kirostálták, a még pelyvás szemekkel pedig megismételték a cséplést az összes szem hántolásáig. Hántolás után CD1 (Chopin, Villeneuve-la-Garenne, Franciaország) típusú malommal őröltek. A rost összetételi és reológiai vizsgálatokhoz a minták teljes őrlemény és fehér liszt frakcióit használtam fel.

Faj / Keresztezési vonal	Név
T.s.	MV-MARTONGOLD
T.s.	OBERKULMER-R.
T.s.	FRANCKENKORN
T.s.	MV-VITALGOLD
T.s.	OSTRO
T.s.	ROUQUIN
T.s.	SCHWABENKORN
T.s.	BAULANDER-SPELZ
T.s. x T.a. vonal	TSP17-20
T.s. x T.a. vonal	TSP18-20
T.s. x T.a. vonal	TSP20-20
T.s. x T.a. vonal	TSP22-20
T.s. x T.a. vonal	TSP23-20
T.s. x T.a. vonal	TSP25-20
T.s. x T.a. vonal	TSP26-20
T.s. x T.a. vonal	TSP29-20
T.s. x T.s. vonal	TSP30-20
T.s. x T.s. vonal	TSP31-20
T.s. x T.a. vonal	TSP32-20
T.a.	APACHE
T.a.	BALKAN
T.a.	POBEDA
T.a.	RECITAL
T.a.	ESTEVAN

2. táblázat: A kísérletbe bevont búza minták (T.s. – *Triticum spelta*; T.a. – *Triticum aestivum*)

Az organikus körülmények között termesztett tönkölybúza fajták közül néhány esetben (OSTRO, ROUQUIN, SCHWABENKORN, BAULANDER-SPELZ) nem állt rendelkezésünkre fehér liszt, mert a termesztési kísérlet során nem sikerült megfelelő mennyiséget learatni. Az összes mintát a martonvásári Agrártudományi Kutatóközpont biztosította. A mintákat a 2. táblázatban foglaltam össze.

3.2 Nedvességtartalom meghatározása

A mérést az MSZ EN ISO 712:2010 szabvány alapján végeztem el. A lényege, hogy a mintákból elpárologtatjuk a nedvességet (vizet és egyéb illékony összetevőket) szárítószekrényben (típusa: MLW WS 50), azaz hő segítségével tömegállandóságig, vagy állandó tömegcsökkenésig.

3.2.1 Felhasznált eszközök/ berendezések

- hőálló üveg edények üveg fedővel
- szárítószekrény – MLW WS50

3.2.2 Mérés menete

Először lemértem a kiszáritott üvegedények tömegét, majd minden mintából analitikai mérlegen bemértem körülbelül 1 g-ot, ezután 130 °C-on szárítottam 1 órán keresztül. A kihűlt edények tömegét újra lemértem.

3.2.3 Nedvességtartalom [%] számítása

$$\text{Nedvességtartalom \%} = \frac{W2 - W3}{W2 - W1} * 100$$

W1: edény tömege [g]

W2: edény és minta tömege [g]

W3: szárítás után az edény és a minta tömege [g]

A teljes őrlemények és fehér lisztek nedvességtartalmát is meghatároztam és minden minta esetében két párhuzamos mérést végeztem.

3.3 β -glükán tartalom meghatározása

A mérés AACC 32-23 és AOAC 995.16 számú módszerek alapján, Megazyme kittel (Mixed-linkage beta-glucan - K-BGLU) történt. Az enzimes reakció színes terméket eredményez, így a minták β -glükán tartalma UV fotometriás méréssel kiszámolható.

3.3.1 A méréshez felhasznált vegyszerek:

- etanol
- nátrium-acetát - Reanal (24322-1-01-38)
- nátrium-foszfát - Molar Chemicals (81-101-190)

3.3.2 Alkalmazott eszközök/ berendezések

- 15 ml-es centrifugacsövek
- 1 és 5 ml-es pipetták, pipettahegyek
- üvegtölcsér
- üveg küvetta
- analitikai mérleg - Tecator 6110 Balance
- vízfürdő - Foss Shaking Water Bath 1024
- vortex - IKA Vortex 2
- hűtős centrifuga - Kendro Labofuge 400R (75008162)
- spektrofotométer - Zeiss Spekol Uv-Vis

3.3.3 A mérés menete

A teljes őrlemény mintákból centrifuga csövekbe bemértem 100 mg-ot. A mintákat 0,2 ml 50%-os etanollal nedvesítettem, majd hozzáadtam 4 ml 20 mM-os, 6,5-ös pH-jú nátrium-foszfát puffert és vortexeltem. Azonnal forró vízfürdőbe helyeztem 1 perc-re, majd vortexeltem és további 2 percre visszahelyeztem 100 °C-os vízbe, majd ismét vortexeltem. Ezt követően a mintákat 50 °C-on inkubáltam 5 percig. Az 5 perc lejárta után hozzáadtam 0,2 ml lichenase készítményt és vortexeltem, majd 1 órára visszahelyeztem az 50 °C-os vízfürdőbe, közben 4-5-ször vortexeltem. Az 1 óra után hozzáadtam 5 ml 200 mM-os 4-es pH-jú nátrium-acetát puffert, mixeltem, majd centrifugáltam 10 percig 4500 rpm-en, 25 °C-on. A mintákat szűrőpapír és tölsér segítségével szűrtem. A szűrletből 3 csőbe tettem 0,1 ml elegyet. A háromból két csőhöz hozzáadtam 0,1 ml β -glükózidázt, a harmadikhoz pedig 0,1 ml 50 mM-os 4-es pH-jú acetát puffert és inkubáltam 10 percig 50 °C-on. Ez idő alatt elkészítettem a standard és a vak mintát. A vak minta 0,1 ml desztillált vizet és 0,1 ml 50

mM-os nátrium-acetát puffert, a standard pedig 0,1 ml D-Gluc standardet és 0,1 ml 50 mM-os nátrium-acetát puffert tartalmaz. A 10 perc inkubálás után minden csőhöz (a vak és standard mintákhoz is) hozzáadtam 3 ml GOPOD reagenst és inkubáltam 20 percig 50 °C-on. Levettem a csöveket a vízfürdőről, vártam 6 percet, hogy szobahőre hűljenek és 1 órán belül megmértem az abszorbanciájukat 510 nm-en fotométer és üveg küvetta segítségével.

3.3.4 β -glükán tartalom [%] számítása

$$\text{béta - glükán } \left[\frac{W}{w} \% \right] = \Delta A * \frac{F}{W} * 8,46$$

ΔA : adott minta β glükózidázzal kezelt és az enzim nélküli elegyek abszorbancia különbsége

$$F = \frac{100}{100 \mu\text{g Glükóz standard abszorbanciája}}$$

W : Számított száraz anyag tartalom

A β -glükán tartalmat a minták teljes örleményéből mértem és minden minta esetében két párhuzamos mérést végeztem.

3.4 Arabinoxilánok meghatározása gázkromatográfiával

Az arabinoxilánok mennyiségi meghatározását és a molekula arabinóz/xilóz arányát Gebruers és munkatársai (2009) által kidolgozott módszer alapján végeztem (Gebruers et al., 2009). A vizsgálat oszlop előtti származékképzéssel és Perkin Elmer Clarus 500 gázkromatográf készüléken történt.

3.4.1 A méréshez felhasznált vegyszerek

- D-Arabinóz - Sigma-Aldrich [10850-25G]
- D-Galaktóz - Sigma-Aldrich [G0750-25G]
- D-Glükóz - Sigma-Aldrich [G7528-250G]
- D-Mannóz - Sigma-Aldrich [M6020-25G]
- D-Ribóz - Sigma-Aldrich [R1757-25G-A]
- D-Xilóz - Sigma-Aldrich [95729-25G]
- 1-Metil-imidazol - Sigma-Aldrich [336092-1L]
- Abszolút Etanol - Molar Chemicals [02910-101-340]
- Ammónia oldat (25%) - Molar Chemicals [00890-101-384]
- Brómfenol-kék - Sigma-Aldrich [B016-25G]
- Diklórmétán - Promochem [SO-4879-B010]

- Ecetsav (96%) - Molar Chemicals [02791-101-341]
- Ecetsavanhidrid - Sigma-Aldrich [33214-1L]
- Kálium-hidroxid (lemezes) -Molar Chemicals [04300-101-190]
- MilliQ ioncserélt víz
- Nátrium-borohidrát - Aldrich Chemistry [452882-25G]
- Nátrium-szulfát (vízmentes) - Molar Chemicals [07420-101-190]
- Trifluoecetsav (TFA) - Reanal Laborvegyszer [31940-0-70-62]
- Acetonitril (ACN) - Sigma-Aldrich [34851-2.5L-M]
- Metanol, absz. - VWR [20864.320]

3.4.2 Felhasznált berendezések/ eszközök

- Analitikai mérleg - Sartorius Ag Göttinger (15502434)
- Blokktermosztát - Stuart SBH130D/3 (R000100862)
- Termosztátos rázató - Eppendorf Thermomixer comfort
- Hűtős centrifuga - Kendro Labofuge 400R (75008162)
- Vortex - Snijders Dual press-to-mix 34525
- Gázkromatográf - Perkin Elmer Clarus 500
- 50 µl-es, 1 ml-es, 5 ml-es automatapipetták, illetve pipettahegyek
- 20, 50, 100, 200 ml-es főzőpoharak
- 50, 100, 250, 1000 ml-es mérőlombikok
- 4 és 12 ml-es hidrolizáló csövek teflon kupakkal
- 15 ml-es Falcon csövek, 2 ml-es Eppendorf csövek
- 2,5 ml-es fecskendők és 0,45 µm-es RC fecskendőszűrők
- Gáz- és folyadékkromatográfiához használatos fiolák, kupakok

3.4.3 Mintaelőkészítés menete

Vízoldható arabinoxilánok (WEAX) mintaelőkészítése:

- Extrakció: Bemértem $1000 \pm 0,99$ mg fehér liszt mintát 15 ml-es centrifuga csőbe és hozzáadtam 5 ml 7 °C-os MilliQ vizet. 30 percre hűtőbe tettem, 10 percenként vortexeltem, majd centrifugáltam 10 percig 4 °C-on 4000 g-n.
- Hidrolízis: A tiszta felülúszóból 1,25 ml-t pipettáztam 4 ml-es hidrolizáló csőbe, hozzáadtam 1,25 ml 4M-os TFA-t (trifluoecetsav) és vortexeltem. 60 percig hidrolizáltam 110 °C-on blokktermosztátban, 30 percnél vortexeltem.

Teljes arabinoxilán (TOTAX) tartalom mintaelőkészítése:

- Hidrolízis: Bemértem $35 \pm 0,25$ mg fehér liszt mintát 4 ml-es hidrolizáló csőbe. Hozzáadtam 5 ml 2 M-os TFA-t és vortexeltem. 60 percig hidrolizáltam $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on blokktermosztátban, 30 percnél vortexeltem.

A vízdoldható és teljes arabinoxilán tartalom mintaelőkészítése ezt követően megegyezik.

- Redukció: 1 ml hidrolizátumhoz hozzáadtam 1 ml ribóz standardet (elkészítését lásd lejjebb), majd hideg vízben 1 ml 25 %-os ammóniát adtam hozzá. Ezt követően $200\text{ }\mu\text{l}$ ammóniás NaBH_4 oldatot (elkészítését lásd lejjebb) adtam hozzá. 30 percre $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os szárítószekrénybe tettem. 30 perc lejárta után $2 \times 400\text{ }\mu\text{l}$ 96 %-os ecetsavat adtam minden csőhöz, majd vortexeltem.
- Acilezés: Egy másik 12 ml-es Falcon csőbe $0,25\text{ ml}$ redukált oldatot pipettáztam, hozzáadtam $0,25\text{ ml}$ N-metilimidazolt és $2,5\text{ ml}$ ecetsavanhidridet, majd 10 percig vízben tartottam amíg az acilezés lejátszódik. Ez után 1 ml abszolút etanolt, 5 ml MilliQ vizet és $0,25\text{ ml}$ brómfenolkéket pipettáztam hozzá. Ezt követően 3 ml 7,5 M-os KOH-ot adtam hozzá, körülbelül semleges pH-ig. 1 ml diklórmétánt (DCIM) pipettáztam hozzá, vortexeltem, majd a sárga szerves fázist nátrium-szulfátra pipettáztam. A mintákat szűkítőcsöves vialokba pipettáztam át, végül nem gyengített kupakkal zártam.

A mérésekhez ribóz standardet és monoszacharid keverék standardet használtam, valamint minden mérésorozatban belső anyagmintát is használtam.

Frissen elkészítendő oldatok:

- Keverék standard: Feloldottam 10 ml MilliQ vízben $10\text{-}10\text{ mg}$ arabinózt, xilózt, mannózt, glükózt és galaktózt.
- Ribóz standard: Feloldottam 10 mg ribózt 10 ml MilliQ vízben.
- Ammóniás NaBH_4 oldat: 200 mg NaBH_4 -ot oldottam 1 ml 2M ammóniában.

A ribóz standardnál és az ammóniás NaBH_4 oldatnál a mintaszámhoz szükséges oldatmennyiséghez képest 1,2-szörösével többet készítettem a pipetázási hiba miatt.

3.4.4 Eredmények értékelése

A hidrolizált monoszacharidok csúcsterületeiből és korrekciós faktor (KF) felhasználásával következtetni lehet az eredeti cukormennyiségre. A monoszacharidok jellemző KF értékeit a 3. táblázat tartalmazza.

Monoszacharid	Korrektíós faktor
Ribóz	0,92
Arabinóz	0,95
Xilóz	0,89
Mannóz	0,92
Glükóz	0,94
Galaktóz	0,94

3. táblázat: Monoszacharidok korrekciós faktora

Eredményfüggő válaszfaktor számítás:

$$RF = \frac{\frac{MS_{bemert}}{BS_{bemert}}}{\frac{MS_{csúcsterület}}{BS_{csúcsterület}}} * CF$$

MS koncentráció számítás:

$$MS\% = \frac{MS_{csúcsterület}}{BS_{csúcsterület}} * RF * \frac{BS_{bemert}}{Minta_{bemert}} * 100$$

AX tartalmak számítása:

$$[TOTAX][\%] = ([Arabinóz]_{TOTAX} + [Xilóz]_{TOTAX}) * 0,88$$

$$[WEAX][\%] = ([Arabinóz]_{WEAX} + [Xilóz]_{WEAX}) * 0,88$$

$$[WUAX][\%] = [TOTAX] - [WEAX]$$

A/X arányok számítása:

$$TOT A/X [-] = \frac{[Arabinóz]_{TOTAX}}{[Xilóz]_{TOTAX}}$$

$$WE A/X [-] = \frac{[Arabinóz]_{WEAX}}{[Xilóz]_{WEAX}}$$

Az arabinoxilán tartalmat a minták fehér liszt frakciójából mértem és minden minta esetében két párhuzamos mérést végeztem.

3.5 Reológiai vizsgálatok

3.5.1 Esésszám meghatározása

Mérés elve (MSZ ISO 3093:2010 szabvány alapján): forrásban levő vízfürdőben a liszt vizes szuszpenzióját elcsirizesítjük, majd mérjük a keményítő elfolyósodást, mely az α -amiláz enzim hatására következik be.

3.5.1.1 Felhasznált eszközök/ berendezések:

- analitikai mérleg - Tecator 6110 Balance
- esésszámmérő készülék a hozzá tartozó üveg csövekkel - Perten FN-1700

3.5.1.2 A mérés menete

Az esésszámmérő üvegcsöveibe bemértem a lisztminták nedvességtartalmának megfelelő mennyiségű lisztet, melyhez analitikai mérleget és papírcsónakot használtam. A bemérendő tömegeket a készülékhez mellékelt táblázatból kerestem ki. A bemért liszthez 25-25 ml desztillált vizet adtam, gumidugóval lezártam és negyvenszer összeráztam (szuszpendáltam), majd behelyeztem a csöveket a tartóelembe és a dugókat kicseréltem az ejtőelemekre. Ezt követően betettem a készülékbe a csöveket, ami 60 másodpercig mozgatta fel-le az ejtőelemeket, ezután a felső pozícióban elengedte azokat. Az ejtőelemek süllyedtek, majd a csövek aljához érve a készülék kiírja azt az időt, ami alatt leértek az ejtőelemek.

Az esésszámokat a minták fehér lisztjeiből határoztam meg, kétszer két párhuzamos méréssel.

3.5.2 A viszkozitási jellemzők meghatározása gyors viszkoanalizátorral (RVA)

A mérést az ICC Standard Method Nr. 162. szabvány alapján végeztem el. A módszerrel a minta keményítőtartalmából és összetételéből adódó viszkózus tulajdonságai határozhatók meg.

3.5.2.1 A méréshez alkalmazott eszközök/ berendezések

- analitikai mérleg - Tecator 6110 Balance
- RVA készülék - Rapid ViscoAnalyser RVA-4SA (Newport Scientific, Warriewood, Ausztrália)
- bemérő alumínium tégely és a hozzá tartozó keverő lapát
- diszpenzer
- spatula, vegyszeres kanál
- pipetta

3.5.2.2 A mérés menete

A lisztminták bemérését azok nedvességtartalmának figyelembevételével analitikai mérlegen az alábbi képletet felhasználva végeztem el:

$$M2 = \frac{(100 - 14) * M1}{100 - W1}$$

Ahol:

M1 – a bemérendő tömeg (3,5 g) [g]

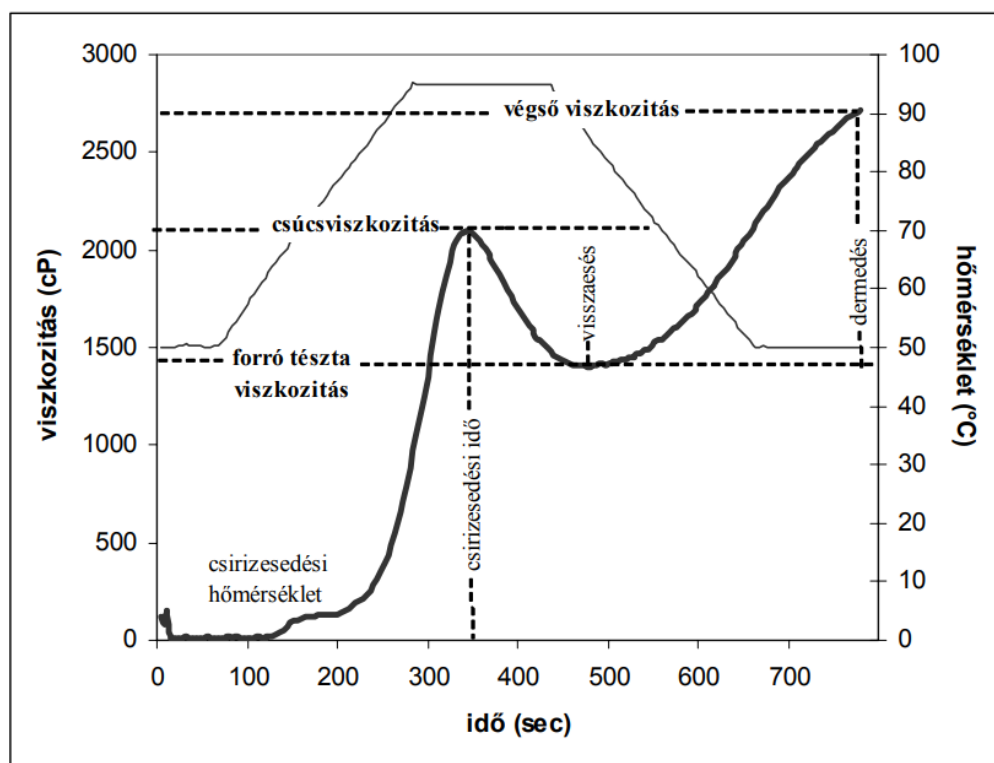
M2 – korrigált bemérendő tömeg [g]

W1 – a minta nedvességtartalma [%]

Először 25 ml vizet mértem az edénybe majd hozzáadtam a kimért mennyiségű lisztet. A keverőlapátot le-fel mozgatva homogenizáltam a szuszpenziót. A hengert a készülékbe helyeztem és elindítottam a mérési programot, amely 13 perc után automatikusan kirajzolta a lisztminta RVA görbáját, mely a 11. ábrán látható.

Az RVA görbe jellegzetes pontjai:

- Csirizesedési hőmérséklet [°C] („pasting temperature”): az a hőmérséklet, amelynél a keményítő szemcsék elkezdnek duzzadni és elkezdődik a gélesedés a vízfelvétel következtében.
- Csúcsviszkozitás [cP] („peak viscosity”): maximális viszkozitás a felfűtési szakaszban
- Csirizesedési idő [min] („peak time”): ekkor jelenik meg a csúcsviszkozitás
- Forró tészta viszkozitás [cP] („trough”): a csúcsviszkozitás utáni hőtartási szakaszban a lokális minimum
- Végso viszkozitás [cP] („final viscosity”): Viszkozitás a mérés végeztével
- Dermedés [cP] („setback”): a végso viszkozitás és a forró tészta viszkozitás értékének különbsége
- Visszaesés [cP] („breakdown”): a csúcsviszkozitás és a forró tészta viszkozitás értékének különbsége



11. ábra: RVA-görbe jellegzetes pontjai (Balet et al., 2019)

Az RVA-val megállapított viszkózus tulajdonságokat a minták fehér liszt frakciójából mértem, és minden esetben három párhuzamos mérést végeztem.

3.6 Eredmények értékelése

Az eredmények értékeléséhez felhasználtam hallgatótársaim (Kocsis Boglárka Katalin, Szántó Anna) által mért eredményeket is, melyek a következő, konvencionális körülmények között termesztett minták eredményeit jelenti: MV-MARTONGOLD, OBERKULMER-ROTKORN, FRANCKENKORN, MV-VITALGOLD, TSP17-20, TSP18-20, TSP20-20, TSP22-20, TSP23-20, TSP25-20, TSP26-20, TSP29-20, TSP30-20, TSP31-20, TSP32-20.

Az eredmények értékelését a minták átlag és szórás értékeinek figyelembevételével végeztem. A minták közötti különbségek vizsgálatára TIBCO Statistica™ 13.5.0 (TIBCO Software Inc., USA) szoftverben elvégzett varianciaanalízist és Fisher LSD post hoc tesztet végeztem $\alpha=0,05$ -ös szignifikancia szinten.

4 Eredmények és értékelésük

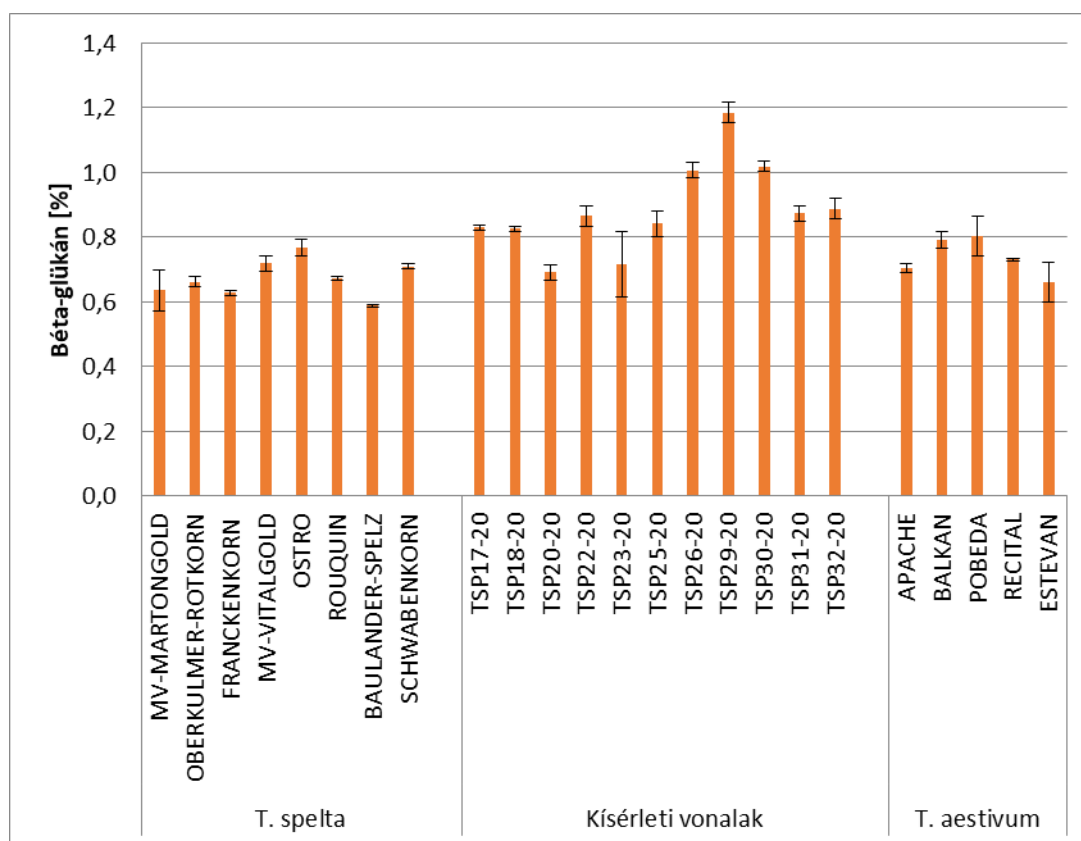
Az eredmények bemutatását minden mért paraméter esetében a két faj (*Triticum aestivum* és *Triticum spelta*) és az ezek keresztezéséből előállított kísérleti vonalak összehasonlításával kezdem (külön az organikus és külön a konvencionális termesztésnél), majd a két termesztési körülmény hatását vizsgálom az összes minta esetében. Az értékelés során a fajtajelöltek, kísérleti és keresztezési vonalak kifejezéseket a tönkölybúza és közönséges búza keresztezéseiből előállított búzamintákra értem.

4.1 Élelmi rost eredmények értékelése

4.1.1 β -glükán tartalom eredményei

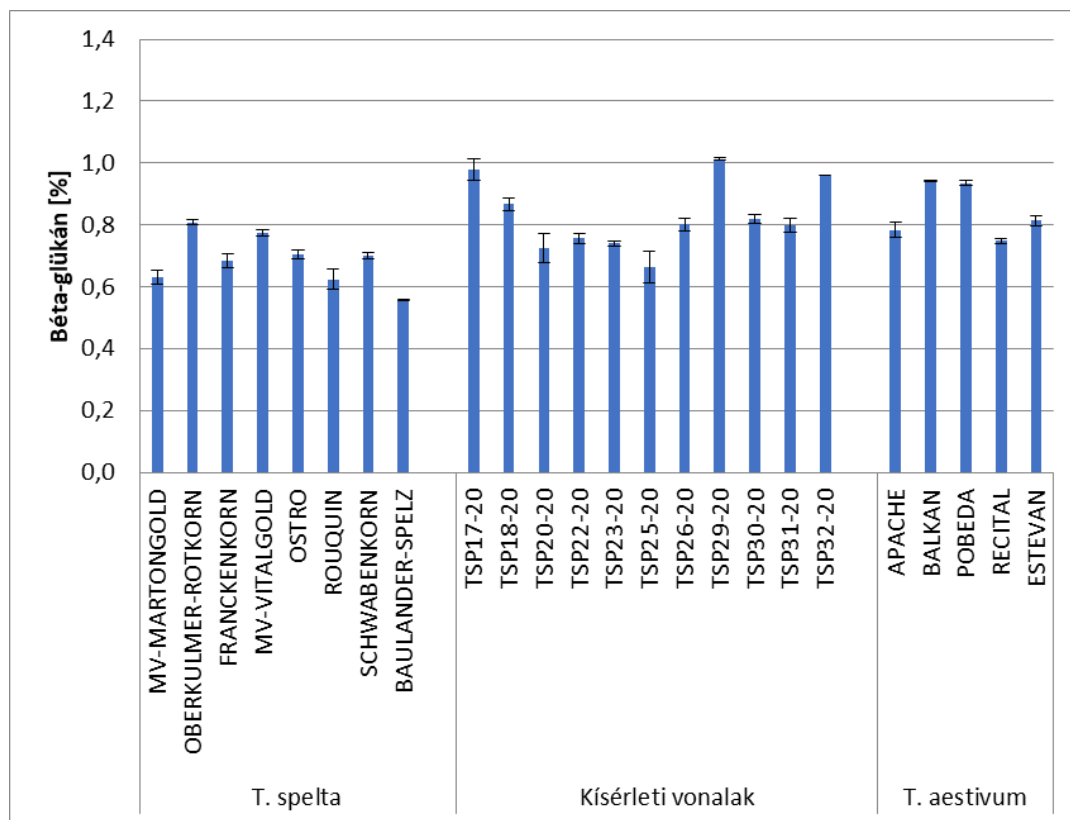
A minták teljes őrleményéből mértem a β -glükán tartalmat, mivel ezen összetevő főleg a héjban/héjközeli részekben található meg, így a β -glükán mennyiségéről pontos képet kaphatunk a minták teljes magjára, vagyis a növényre vonatkozóan. A konvencionális termesztésű őrlemények β -glükán értékei igen változatosak, főleg a keresztezési vonalak (12. ábra). A kísérleti vonalak átlagosan magasabb értéket mutatnak (0,88%), mint a tönkölybúza és közönséges búza fajták (M1. táblázat). A közönséges búzákra pedig átlagosan magasabb β -glükán tartalmat (0,74%) mértem, mint a tönköly minták β -glükán tartalmára (0,68%). A közönséges búzáknál a legmagasabb értéket (0,80%) a POBEDA-ra mértem, a legalacsonyabbat (0,66%) pedig az ESTEVAN búzára, köztük szignifikáns különbség van (M6. táblázat). A *Triticum spelta* minták közül a BAULANDER-SPELZ mutatta a legalacsonyabb β -glükán tartalmat (0,59%), a legmagasabbat pedig az OSTRO (0,77%). A fajtajelölteknél a TSP29-20 1,18%-os β -glükán tartalma szignifikánsan magasabb nemcsak a kísérleti vonalak között, hanem az egész mintasorozatra nézve. A 11 kísérleti vonalból 9-nél 0,8 % feletti értéket mértem, a tönköly és közönséges búza mintáknál egyikre sem kaptam ettől magasabb értéket, itt a genetikának nagy hatása lehet.

Irodalmi adatok alapján a közönséges ősibúza teljes őrleménye 0,5-0,95% β -glükánt, a tönkölybúza teljes őrleménye pedig 0,55-0,70% β -glükánt tartalmaz, ezek az eredmények jó egyezést mutatnak az általam mérttel. (Gebruers et al., 2008)



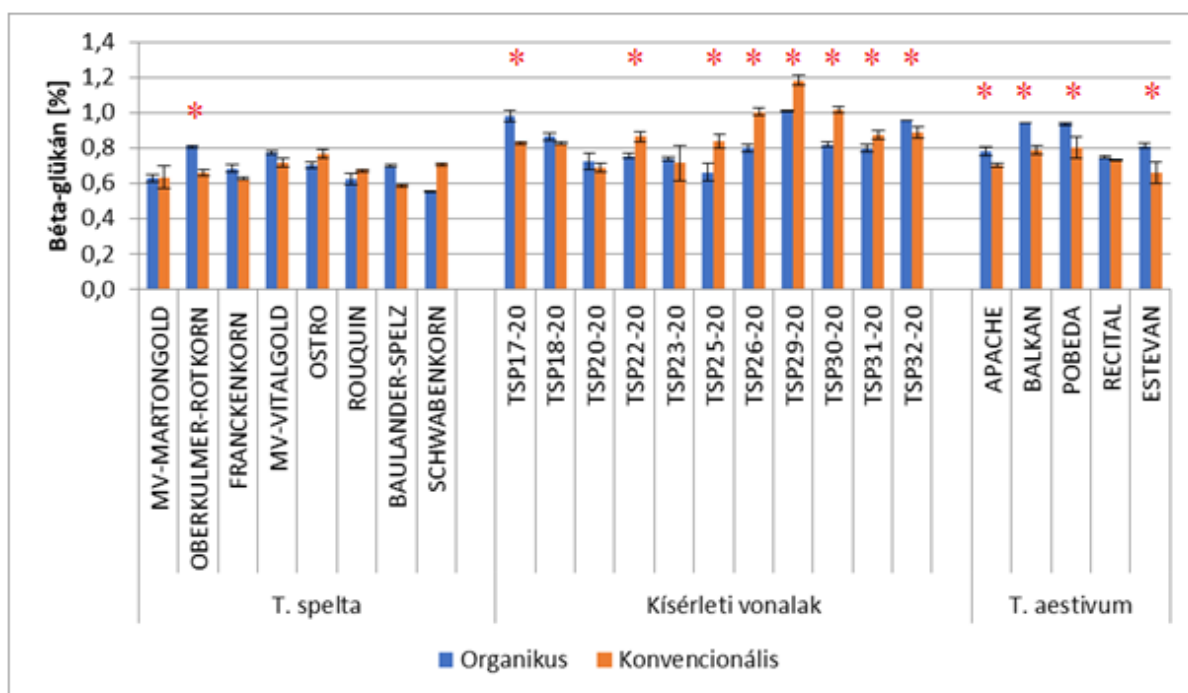
12. ábra: Konvencionális termesztésű búzák β -glükán értékei

Az organikus termesztésnél azt láthatjuk, hogy a kísérleti vonalak és a közönséges búzák átlagosan magasabb β -glükán tartalommal rendelkeznek, mint a tönkölybúzák (13. ábra). A *Triticum aestivum* organikus termesztésű mintáinak β -glükán tartalma 0,75% és 0,94% között alakul (M1. táblázat). A közönséges búza minták két magasabb értéke közel azonos, 0,93% és 0,94%, a POBEDA és a BALKAN esetében, ezek szignifikánsan különböznek a többi aestivumtól (M7. táblázat). A legalacsonyabb értéket a RECITAL búzára kaptuk. A *Triticum spelta* teljes örleményeinek 0,56% (BAULANDER-SPELZ) és 0,81% (OBERKULMER-ROTKORN) között változik a β -glükán tartalma. A BAULANDER-SPELZ fajta szignifikánsan eltér az összes többi mintától. Az OBERKULMER-ROTKORN a statisztikai vizsgálat szerint a tönköly fajták közül egy mintával alkot homológ csoportot, ami az MV-VITALGOLD, a többi speltától szignifikánsan eltérnek. A kísérleti vonalak mintái között 3 kiemelkedő van (TSP17-20, TSP29-20, TSP32-20), amik a teljes mintapopulációra nézve kiemelkedőnek számítanak. A fajtajelöltek közül a legalacsonyabb 0,66% (TSP25-20), a legmagasabb 1,01% (TSP29-20) β -glükán tartalommal rendelkeznek. A TSP25-20 β -glükán tartalma szignifikánsan eltér a többi keresztezési vonalétól, a TSP29-20 pedig csak a TSP17-20-szal alkot a vizsgálat szerint homológ csoportot az egész mintapopulációra nézve. A TSP18-20 kódszámmal ellátott minta szignifikánsan különbözik az összes többi mintától.



13. ábra: Organikus termesztésű búzák β -glükán értékei

Az organikus és konvencionális termesztési módot összehasonlítva az 14. ábrából is látszik, hogy jellemzően vannak különbségek a két termesztés között. Nagyrészt az organikus minták tartalmaznak több β -glükánt, de az ellenkező esetre is látunk példát. A *Triticum aestivum* mintánál mindegyiknél az organikus búza tartalma a magasabb, és 4 esetben szignifikáns hatása van a termesztési módnak (M8. táblázat). A 8 *Triticum spelta* minta közül 4-nél (OBERKULMER-ROTKORN, FRANCKENKORN, MV-VITALGOLD, BAULANDER-SPELZ) az organikus, 3-nál (OSTRO, ROUQUIN és SCHWABENKORN) a konvencionális termesztésre mértem magasabb értéket, egynél pedig ugyanannyit (MV-MARTONGOLD). Csak az OBERKULMER-ROTKORN-nál kaptam szignifikáns különbséget a két különböző termesztésű minta között. A kísérleti vonaloknál öt esetben (TSP17-20, TSP18-20, TSP20-20, TSP23-20, TSP32-20) az organikus búzák tartalmaznak több β -glükánt, 6-nál pedig a konvencionális. Szignifikáns különbség van az organikus és konvencionális termesztésű minta között a TSP17-, -22-, -25-, -26-, -29-, -30-, -31-, -32-20 keresztezési vonaloknál, az eltérések jól látszanak az ábrán is.



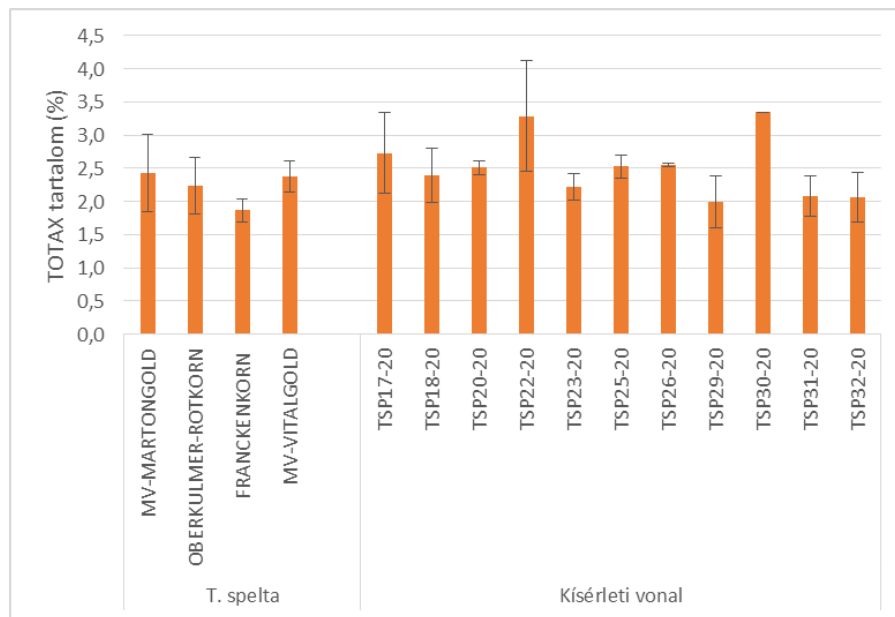
14. ábra: Organikus és konvencionális termesztésű búzák β -glükán értékei (*-gal jelölt minták: szignifikáns különbség a konvencionális és az organikus termesztés között)

4.1.2 Arabinoxilán tartalom eredményeinek értékelése

A rost összetevők közül a β -glükán értékeket a minták teljes őrleményéből vizsgáltam, viszont az arabinoxilán mennyiségét a fehér lisztből mértem, ugyanis egyrészt a sütőipari termékek fő alapanyaga a fehér liszt frakció, ami így alapvetően befolyásolhatja a reológiai viselkedést is. Másrészt ez a együttműködésen alapuló kutatómunka vezetőinek kompromisszumos döntése volt az óriási mintaszám és mérésigény racionalizálása érdekében. Azoknál a mintáknál, ahol jelentős eltéréseket és érdekes eredményeket látunk, a méréseket mindkét típusú őrleményből el fogjuk végezni. A TDK dolgozat elkészítéséig nem volt lehetőségem az összes minta AX mennyiségét meghatározni, ezért a kiértékelést a tönköly minták egy részének, illetve a kísérleti vonalak eredményeinek felhasználásával végzem.

4.1.2.1 A teljes arabinoxilán tartalom eredményei

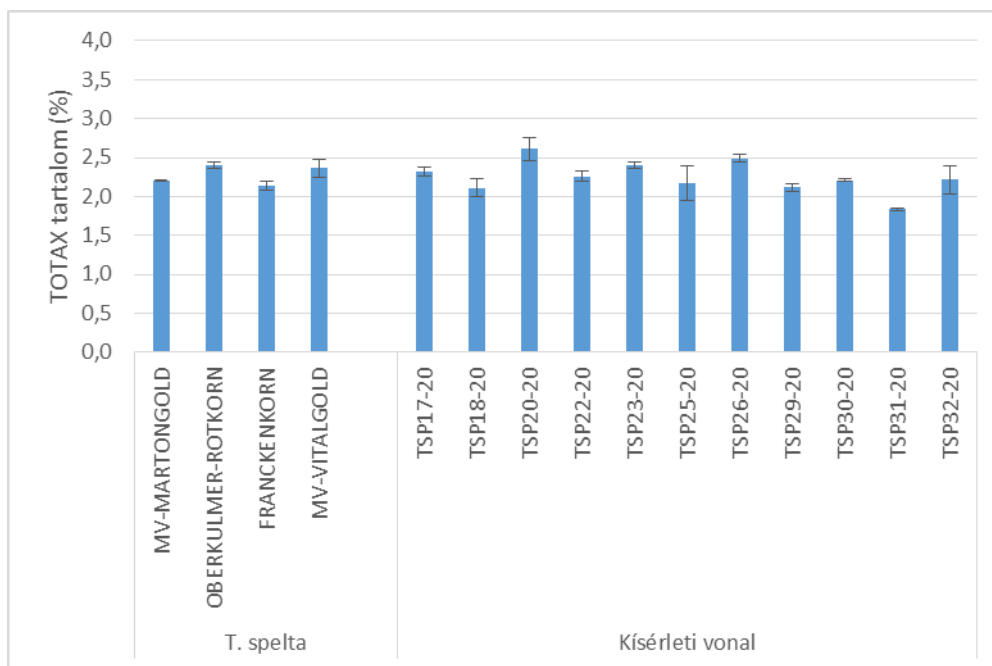
A TOTAX tartalom konvencionális tönkölynél 1,87% (FRANCKENKRON) és 2,43% (MV-MARTONGOLD) között alakul (M2. táblázat). A keresztezési vonalakra átlagosan magasabb értéket kaptam, mint a tönkölybúza mintákra (15. ábra). Kiemelkedik a TSP22-20 és TSP30-20 kódszámmal ellátott minta, melyekhez 3,29% és 3,34% TOTAX tartalom tartozik, ezek szignifikánsan különböznek az összes mintától (kivéve TSP17-20) (M9. táblázat). A fajtajelöltek között a legalacsonyabb értéket a TSP29-20-ra mértem, 1,99%-ot.



15. ábra: Konvencionális termesztésű búzák TOTAX tartalma

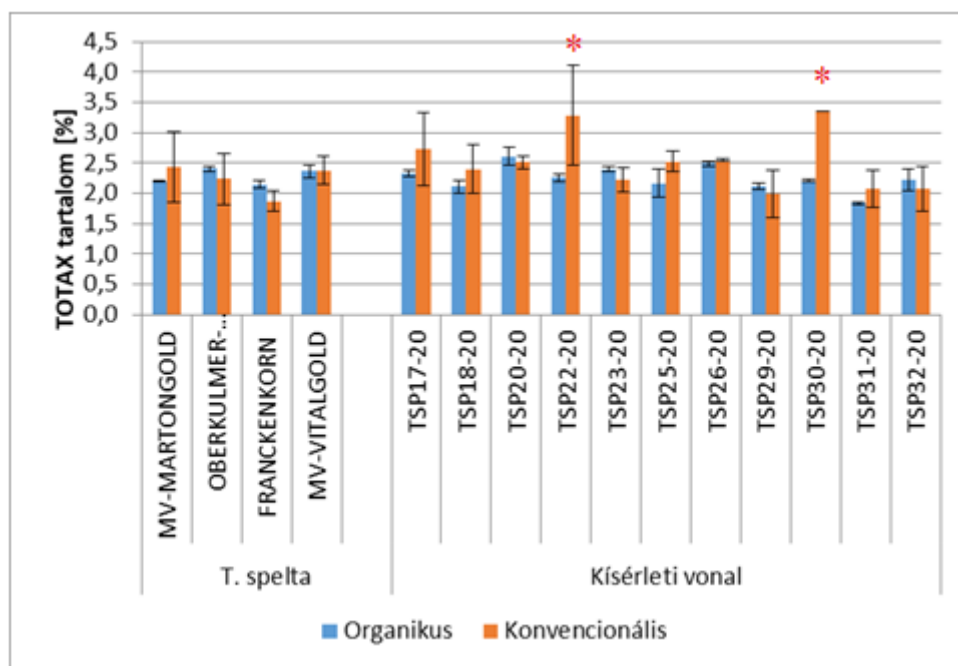
Az organikus termesztésű tönköly és kísérleti vonalak értékei hasonlóak (16. ábra). A tönköly fajták TOTAX tartalma 2,14% (FRANCKENKORN) és 2,40% (OBERKULMER-ROTKORN) között alakul (M2.táblázat). Az OBERKULMER-ROTKORN mintára szignifikánsan magasabb értéket mértünk, mint a FRANCKENKORN és az MV-MARTONGOLD fajtákra (M10. táblázat). A kísérleti vonalakra nagyon kiemelkedő érték nem látható, változatosan alakulnak a TOTAX tartalmak. A legalacsonyabb (1,84%) érték a TSP31-20-hoz, a legmagasabb (2,61%) a TSP20-20-hoz tartozik. A TSP31-20 kódszámú fajtajelöltre az egész mintapopulációt nézve szignifikánsan alacsony értéket kaptunk.

Irodalmi adatok 1,60-2,15%-os TOTAX tartalomról számoltak be fehér lisztekben, konvencionális tönkölybúzában, ami az általam megállapított eredményekkel egy nagyságrendbe esik (Gebruers et al., 2008).



16. ábra: Organikus termesztésű búzák TOTAX tartalma

Átlagosan mindkét termesztési mód esetében a kísérleti vonalak között nagyobb különbség figyelhető meg, mint a tönkölybúzáknál (17. ábra). A tönkölynél az MV-MARTONGOLD, az OBERKULMER-ROTKORN, és a FRANCKENKORN fajtáknál látható, de nem szignifikáns az eltérés az organikus és konvencionális minta között (M17. táblázat). Az MV-MARTONGOLD-nál a konvencionális mintára kaptam magasabb értéket, a másik kettőnél az organikusra. A kísérleti vonalak közül jelentős eltérést láthatunk a termesztési módok között TSP22-20 és a TSP30-20 kódszámú búzák esetében, a konvencionális mintánál mértem szignifikánsan magasabb értékeket. Kisebb különbség figyelhető meg továbbá a TSP17-20, a TSP18-20, a TSP23-20, a TSP25-20, a TSP31-20 és a TSP32-20 kísérleti vonalaknál, azonban szignifikáns eltérés itt nincs az organikus és konvencionális minták között. A TSP 23-20 és a TSP32-20-nál az organikus, a többinél a konvencionális termesztésre kaptam magasabb értéket.

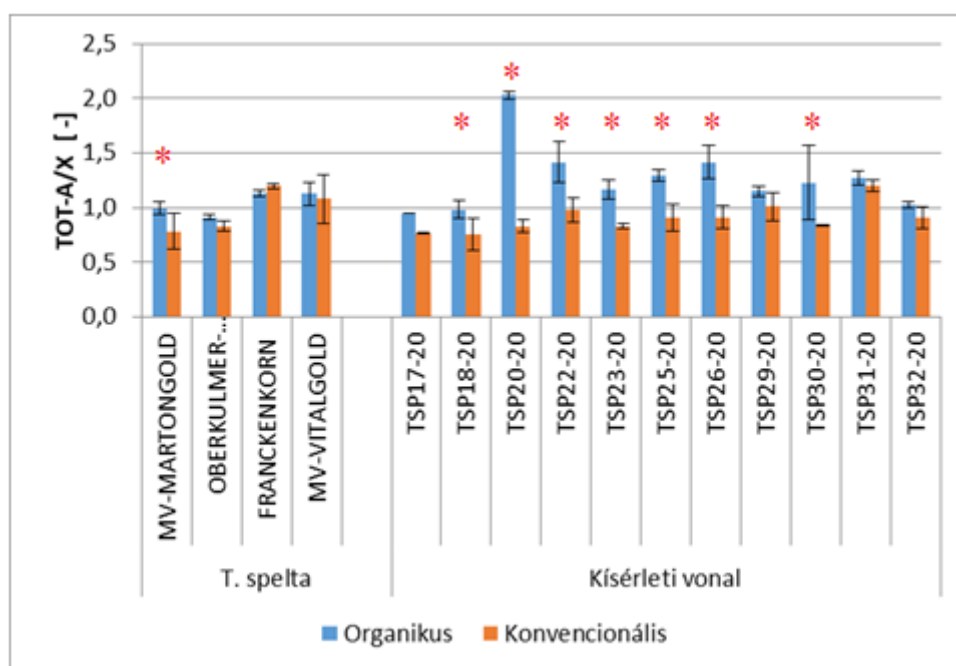


17. ábra: Organikus és konvencionális termesztésű búzák TOTAX tartalma (*-gal jelölt minták: szignifikáns különbség a konvencionális és az organikus termesztés között)

A teljes arabinoxilánokra megállapítható arabinóz/xilóz arány jellemzően magasabb a tönköly fajtáknál, mint a kísérleti vonalaknál konvencionális esetben (18. ábra). A konvencionális tönköly fajtáknál a FRANCKENKORN (1,19) és az MV-VITALGOLD (1,08) mintákhoz szignifikánsan magasabb érték tartozik, mint a másik kettőhöz (M2. táblázat, M13. táblázat). A legkisebb arabinóz/xilóz arányt az MV-MARTONGOLD-nál mértem (0,78). A kísérleti vonalaknál a TSP31-20-ra kaptam a legmagasabb (1,20) és a TSP17- és -18-20-ra a legalacsonyabb (0,76) értéket. A TSP31-20 szignifikánsan különbözik a többi kísérleti vonaltól. Megjegyzendő, hogy az A/X arány általában 1 alatti, vagy legfeljebb 1 körüli értéket vehet fel a molekula szerkezetéből és szubsztituáltságából fakadóan. Ettől való magasabb eltérés mindenképpen érdekes, aminek részletesebb vizsgálatára a jövőben érdemes kitérni. Az irodalomban a tönkölybúza teljes arabinóz/xilóz arányára 0,55-0,6, aminél jellemzően magasabb értékeket állapítottunk meg (Gebruers et al., 2008).

Organikus termesztés esetén a fajtajelöltekre átlagosan magasabb arabinóz/xilóz arányt mértünk, mint a fajtákra (18. ábra). A fajtáknál itt is az MV-VITALGOLD (1,12) és a FRANCKENKORN (1,13) mintákra kaptam magasabb értéket, azonban szignifikánsan csak az OBERKULMER-ROTKORN-tól térnek el (M14. táblázat). A kísérleti vonalaknál szignifikánsan magasabb értéket kaptunk (2,03) a TSP20-20-as mintára, mint a többi fajtajelöltre. A legalacsonyabb arabinóz/xilóz arány a TSP17-20-hoz tartozik (0,95). A többi kísérleti vonal értékei e kettő között alakulnak.

A két termesztést összehasonlítva látható, hogy jellemzően az organikus termesztésűeknek nagyobb az arabinóz/xilóz aránya, mint a konvencionális mintáknak (18. ábra). A 4 fajtánál nagyobb eltérés az MV-MARTONGOLD-nál van a két különböző termesztésű minta között. A FRANCKENKORN fajtánál kivételesen a konvencionális termesztésű minta magasabb értéket mutat, mint az organikus. Az MV-MARTONGOLD-nál szignifikáns különbség van az organikus és konvencionális termesztésű minta arabinóz/xilóz aránya között (M19. táblázat). A keresztezési vonalaknál kiugróan nagy eltérés látható az organikus és konvencionális termesztés között a TSP20-20-as búzánál, a többi fajtajelölnél is megfigyelhetők eltérések. A termesztésnek szignifikáns hatása van a TSP18-, -20-, -22-, -23-, -25-, -26-, és -30-20 kódszámmal ellátott búzáknál.



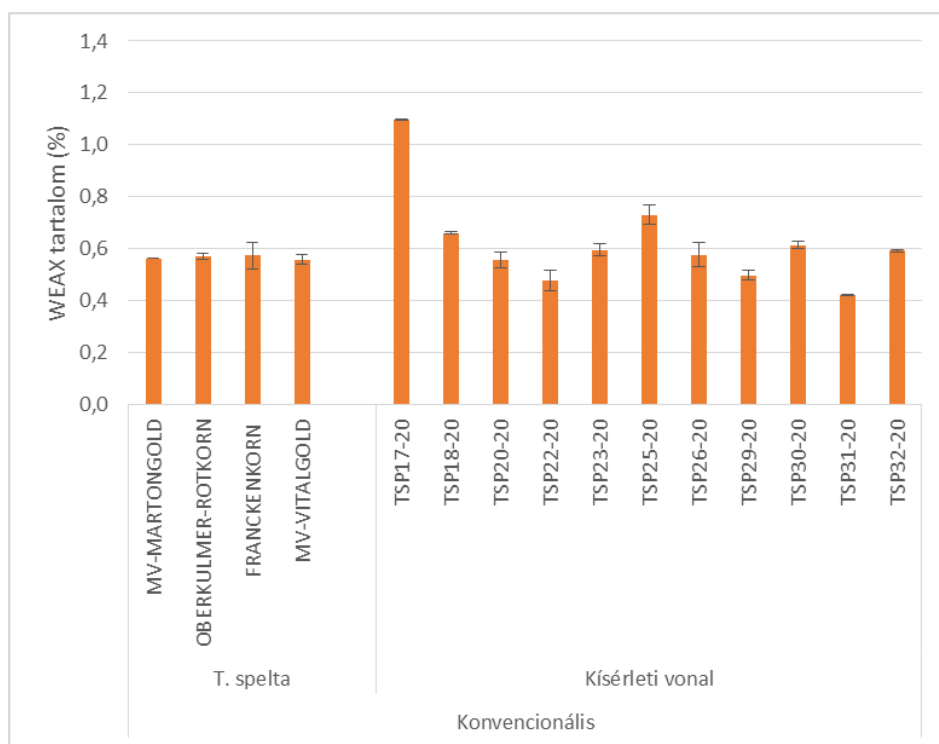
18. ábra: Organikus és konvencionális termesztésű búzák TOT-A/X tartalma (*-gal jelölt minták: szignifikáns különbség a konvencionális és az organikus termesztés között)

4.1.2.2 A vízdíható arabinoxilán tartalom eredményei

A vízdíható arabinoxilán tartalomnál konvencionális termesztés esetén az ábrát megfigyelve azt látjuk, hogy amíg a fajtákra hasonló értékeket mértünk, addig a keresztezési vonalak eredményei változatosak (19. ábra). A 4 tönköly fajta WEAX tartalma 0,56% (MV-MARTONGOLD, MV-VITALGOLD) és 0,57% (FRANCKENKORN, OBERKULMER-ROTKORN), a statisztikai vizsgálat szerint egy homológ csoportba tartoznak (M11. táblázat). A kísérleti vonalaknál kitűnik a TSP17-20 (1,10%), ugyanis értéke szignifikánsan magasabb az összes többi mintánál. A TSP18-20 és TSP25-20 egymástól és az összes többi mintától is

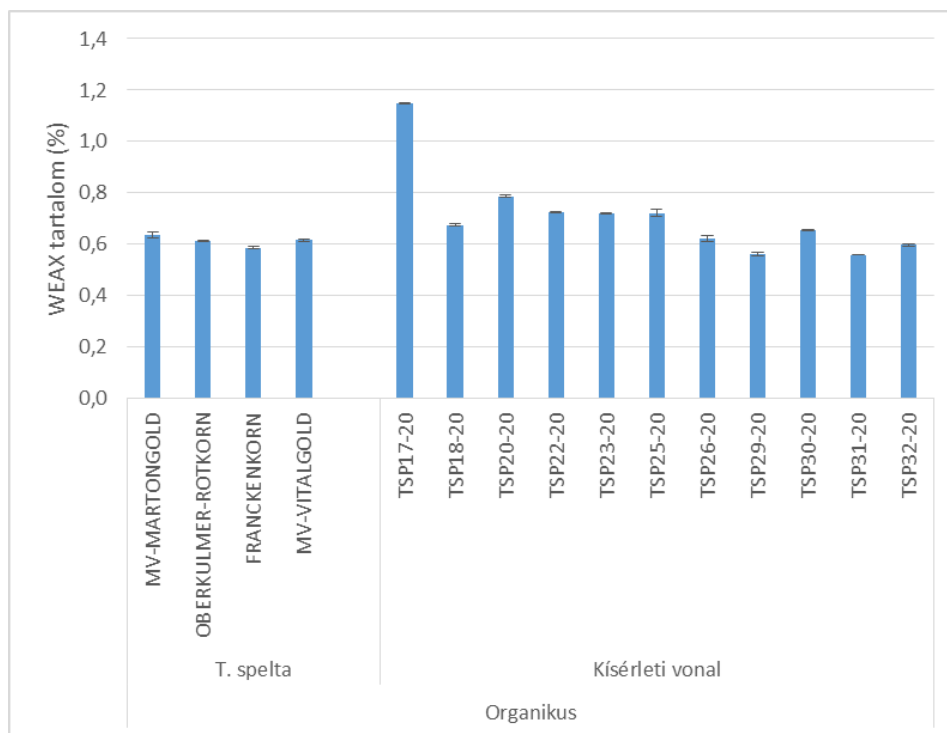
szignifikánsan eltérnek. A legkisebb értéket (0,42%) a TSP31-20 kódszámú mintára kaptam, ez a kísérleti vonal szignifikánsan különbözik a többi mintától.

Az irodalom alapján a fehér lisztek WEAX tartalma konvencionális tönkölybúza esetében 0,30% és 0,45% között alakul, eredményeim ettől magasabbak (Gebruers et al., 2008).



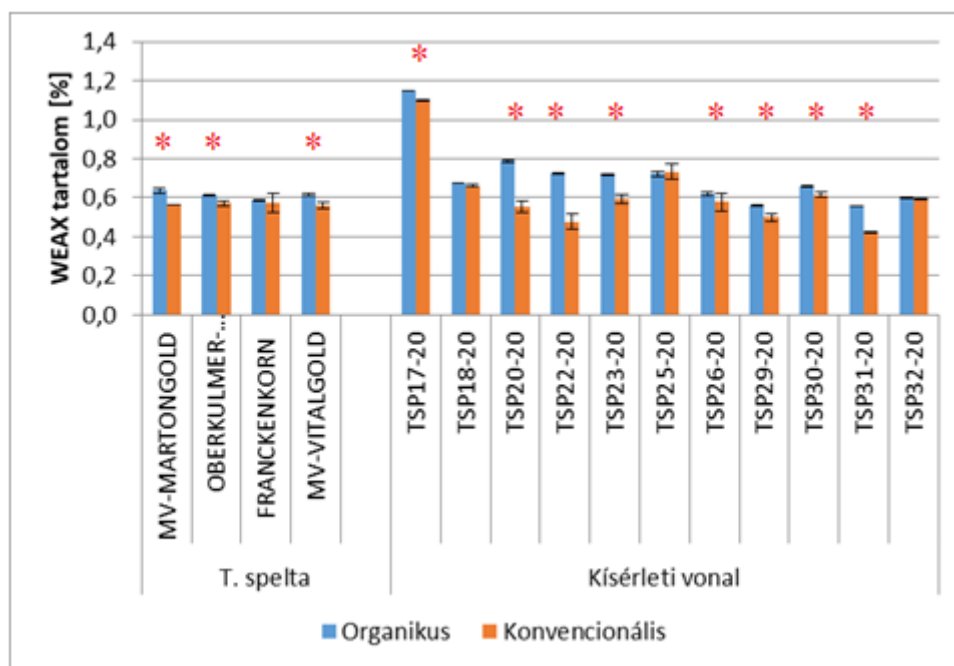
19. ábra: Konvencionális termesztésű búzák WEAX tartalma

Az organikus tönköly fajtákat egymáshoz viszonyítva hasonló értékeket kaptunk. A legalacsonyabb értéket, 0,59%-ot mértem a FRANCKENKORN mintára, míg a legmagasabbat, 0,64%-ot az MV-MARTONGOLD-ra állapítottam meg. Szignifikánsan eltérnek egymástól és a másik két fajtától is (20. ábra, M2. táblázat, M12.táblázat). A kísérleti vonalaknál itt is a TSP17-20-as minta a kiugró, WEAX tartalma 1,15%, szignifikánsan magasabb ez az érték az összes többi mintára kapottól. A többi fajtajelöltre mért eredmény 0,56% (TSP29-, és -31-20) és 0,79% (TSP20-20) között alakul. A keresztezési vonalak változatosságát mutatja, hogy jellemzően nem alkotnak homológ csoportokat (M12. táblázat).



20. ábra: Organikus termesztésű búzák WEAX tartalma

Átlagosan a keresztezési vonalaknál nagyobb eltérés figyelhető meg, mint a fajtáknál a két termesztési mód között (21. ábra). A tönköly fajtáknál mind a négy esetben az organikus termesztett mintákra kaptam magasabb értéket és a kísérleti vonalaknál is ezt láthatjuk. A 4 fajtánál a FRANCKENKORN kivételével mindhárom tönkölybúza esetében szignifikáns eltérés van az organikus és konvencionális termesztésű minta között (M18. táblázat). Nagyobb eltérést a két különböző termesztésű fajtajelöltekénél a TSP20-20, a TSP22-20, a TSP23-20, TSP31-20 kódszámmal ellátott mintáknál látható, azonban a 11 keresztezési vonal közül 8 esetben szignifikáns különbség van az organikus és konvencionális minták között, a TSP18-, -25-, és -32-20-nál nincs.



21. ábra: Organikus és konvencionális termesztésű búzák WEAX tartalma (*-gal jelölt minták: szignifikáns különbség a konvencionális és az organikus termesztés között)

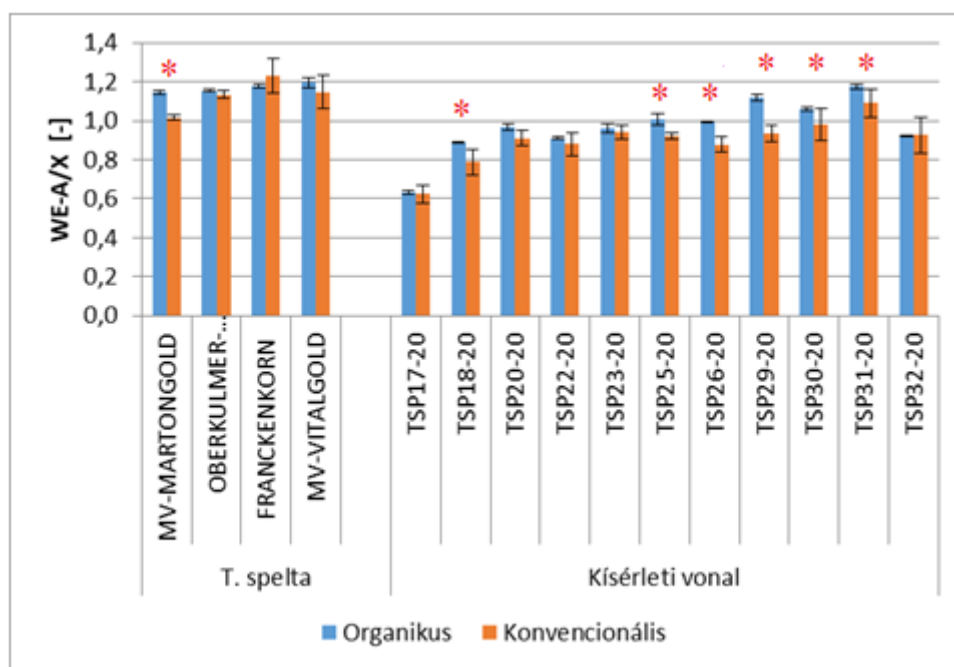
A vízdoldható molekulák arabinóz/xilóz aránya esetében azt láthatjuk, hogy mindkét termesztés esetén a fajták értékei magasabbak, mint a kísérleti vonalaké (22. ábra).

A konvencionális termesztésű tönköly fajták közül a FRANCKENKORN-ra mértem a legmagasabb (1,23) és az MV-MARTONGOLD-ra a legalacsonyabb (1,02) értéket (M2. táblázat). Az MV-MARTONGOLD-nak a többi fajtától szignifikánsan alacsonyabb az arabinóz/xilóz aránya (M15. táblázat). A kísérleti vonalaknál a TSP31-20-nál 1,09-et kaptam, ami a legmagasabb, a TSP17-20-nál 0,62-t, ami legalacsonyabb érték, szignifikánsan eltérnek a többi kísérleti vonaltól. Az irodalomban 0,45-0,55 WE-A/X értékekről számoltak be tönkölybúza esetében, ami a teljes A/X-hez hasonlóan jellemzően alacsonyabb, mint az általunk megállapított arány (Gebruers et al., 2008).

Az organikus tönkölybúzák egymáshoz képest hasonlóak, 1,15 (MV-MARTONGOLD) és 1,20 (MV-VITALGOLD) között alakul a vízdoldható arabinóz/xilóz arányuk (M2. táblázat). Az MV-VITALGOLD és a FRANCKENKORN a vizsgálat szerint egy homológ csoportba tartoznak és szignifikánsan magasabb értéket kaptunk, mint az MV-MARTONGOLD-ra (M16. táblázat). A kísérleti vonalakra 0,63 (TSP17-20) és 1,17 (TSP31-20) közötti értékeket kaptunk. A TSP17-20 és a TSP31-20 is szignifikánsan eltér a többi keresztezési vonaltól.

A két termesztési módot összehasonlítva az látjuk, hogy jellemzően az organikus termesztésű mintákra kaptam magasabb értékeket (22. ábra). A fajtáknál ugyanúgy, mint a

TOT-A/X-nál a FRANCKENKORN esetében a konvencionális termesztésű fajtánál mértem magasabb értéket. Az MV-MARTONGOLD-nál látható a legnagyobb különbség a két különböző termesztésű minta között, ez az eltérés szignifikáns (M20. táblázat). A kísérleti vonalaknál a TSP18-, -25-, -26-, -29-, -30-, -31-20-nál figyelhető meg nagyobb eltérés, ezen búzák organikus és konvencionális termesztésű mintái a vizsgálat szerint nem tartoznak egy homológ csoportba (M20. táblázat).



22. ábra: Organikus és konvencionális termesztésű búzák WE-A/X tartalma (*-gal jelölt minták: szignifikáns különbség a konvencionális és az organikus termesztés között)

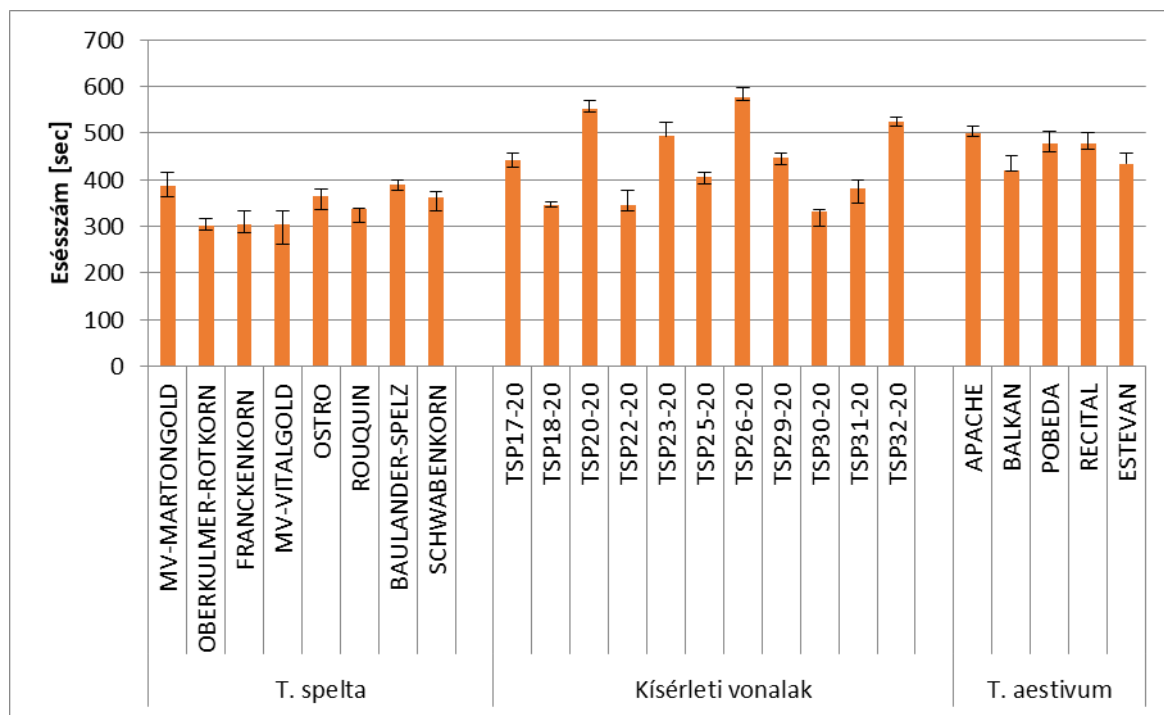
4.2 Reológiai vizsgálatok értékelése

A minták reológiai jellemzésére alkalmas módszerek közül dolgozatomban a viszkózus tulajdonságaik jellemzésével foglalkoztam. Ez esetben is a – a már említett megfontolások alapján – fehér lisztek vizsgálatát végeztem csak. Az organikus termesztésű tönköly minták közül 4 fajtának a mérésére nem volt lehetőségem, mert a termesztési kísérlet sikertelensége miatt nem kaptunk kellő mennyiségű fehér lisztet.

4.2.1 Esésszám mérés eredményei

Az esésszám egy ejtőtestes viszkoziméterben mért érték, mely alapvetően függ a keményítő állapotától (bontottságától) és összetételétől (láncok aránya, sérülés). Mivel a keményítő bontás elsődleges okozója az α -amiláz által katalizált folyamat, annak aktivitásával hozzák összefüggésbe – részben helyesen, részben helytelenül. Ennek részleteire itt nem térek

ki, nem célja a dolgozatnak. Mindenesetre kritika nélkül a különböző keményítő összetételű minták esésszámának összehasonlítása csak korlátozottan lehetséges. A mintáimra kapott eredmények igen változatosak, nagyobb különbségek a keresztezési vonalak között látszódnak (23. ábra).

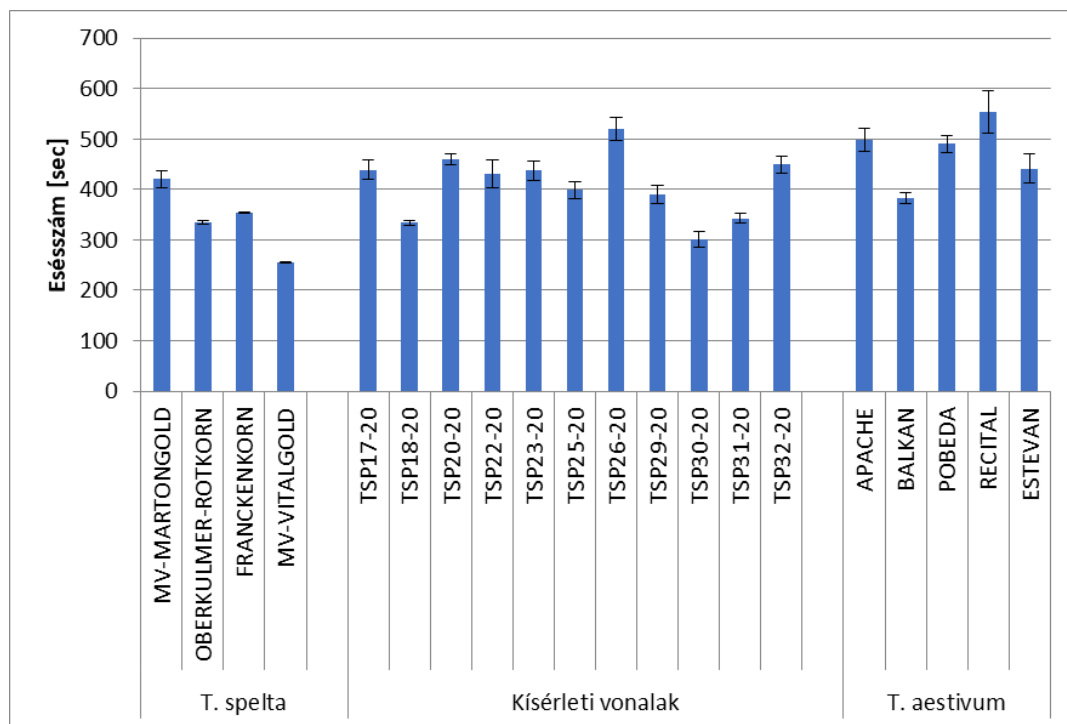


23. ábra: Konvencionális termesztésű búzák esésszám értékei

A konvencionális termesztésű búzáknál azt láthatjuk, hogy a közönséges búzáknál jellemzően magasabb értéket kaptam a tönkölyhöz képest (23. ábra). A keresztezési vonalak között pedig vannak olyanok, amikre a közönséges búzáknál is magasabb értéket kaptam. A közönséges búzák esésszámai hasonlóak egymáshoz, 420 a legalacsonyabb és 501 a legmagasabb érték (M3. táblázat). Az ábrából is jól látszik, hogy a BALKAN és az APACHE fajtákhoz tartozik ez a két adat. A BALKAN és az ESTEVAN, valamint a POBEDA, a RECITAL és az APACHE egy-egy homológ csoportba tartoznak (M21. táblázat). A tönkölynél az esésszám 301 (OBERKULMER-ROTKORN) és 390 másodperc (BAULANDER-SPELZ) között változik. Az OSTRO, ROUQUIN, BAULANDER-SPELZ, SCHWABENKORN nagyobb értéket mutatnak az MV-MARTONGOLD, OBERKULMER-ROTKORN, FRANCKENKORN és MV-VITALGOLD tönkölybúzáknál. A keresztezési vonalak esésszáma 332 (TSP30-20) és 578 (TSP26-20) között alakul. Az ábrából jól kitűnik, hogy a 11 kísérleti vonalból 3-ra (TSP20-20, TSP26-20, TSP32-20) magasabb értéket kaptam, mint a közönséges búza legmagasabb esésszáma és 5-re (TSP18-20, TSP22-20, TSP25-20, TSP30-20, TSP31-20) alacsonyabbat, mint a *Triticum aestivum* legalacsonyabb értéke. A

legmagasabb esésszámú tönköly fajtához képest 6 kísérleti vonalnál (TSP17-20, TSP20-20, TSP23-20, TSP26-20, TSP29-20, TSP32-20) nagyobb esésszámot mértem, a legalacsonyabb esésszámú tönkölynél pedig nincs alacsonyabb érték a kísérleti vonalak között.

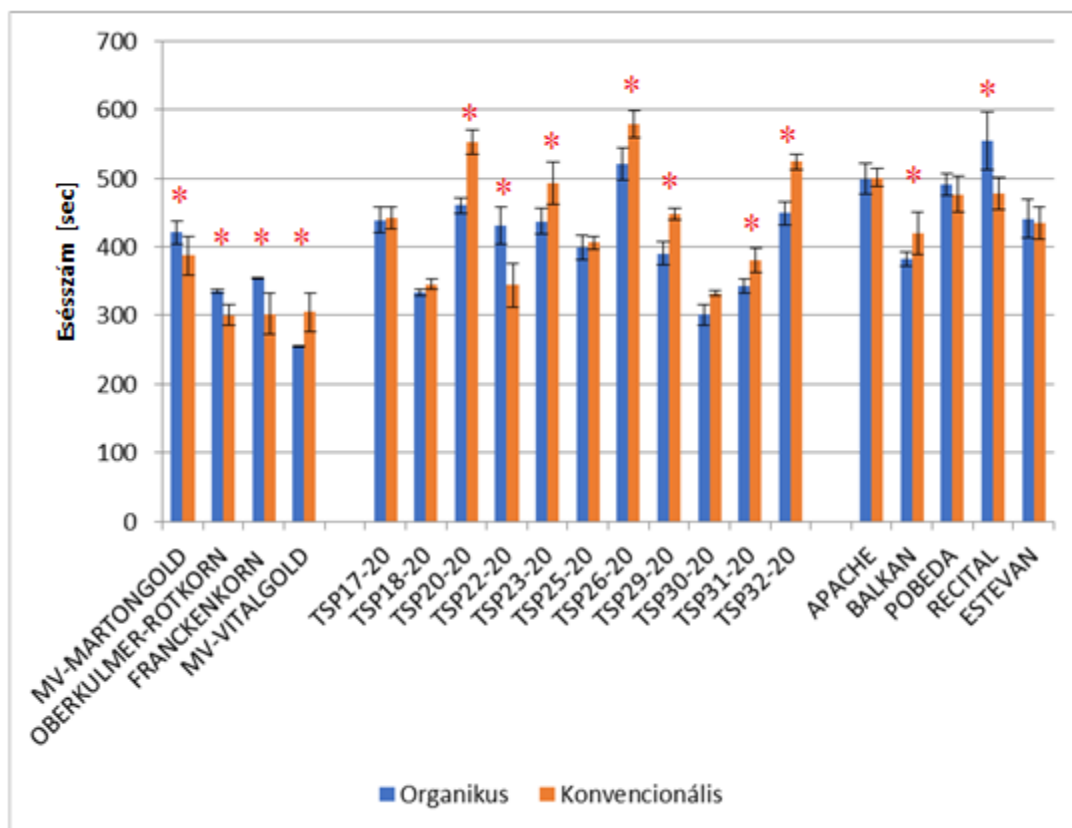
Az irodalomban leírtak alapján a tönkölybúzánál átlagosan 307 és 340 között alakultak az esésszámok, eredményeim hasonlóak, de mértem magasabb értékeket is. A közönséges búza esésszáma az irodalom alapján átlagosan 316, az általunk kapott esésszám eredmény átlagosan 462 másodperc.



24. ábra: Organikus termesztésű búzák esésszám értékei

Az organikus termesztésű búzáknál átlagosan magasabb értékeket kaptam a közönséges búza fajtáknál, mint a tönkölybúzánál vagy a kísérleti vonalaknál (24. ábra). A kísérleti vonalak esésszámai átlagosan magasabbak mint a tönkölybúza fajtáé. A *Triticum aestivum* értékei 382 és 554 között alakulnak, a legalacsonyabbat a BALKAN fajta, a legmagasabbat a RECITAL mutatja, mindkettő szignifikánsan különbözik a többi közönséges búza fajtától (M22. táblázat). A RECITAL-nál az egész mintapopulációt nézve szignifikánsan magasabb esésszámot mértünk. A *Triticum spelta* fajták közül a legalacsonyabb esésszámot az MV-VITALGOLD-ra kaptuk, 255 másodperc, az MV-MARTONGOLD esésszámára 421 másodpercet mértünk, ami a legmagasabb a tönköly fajták közül. Az MV-VITALGOLD szignifikánsan eltér a mintapopuláció többi mintájától. A kísérleti vonalak esésszámai elég változatosak. Egy kiemelkedő értéket látunk az ábrán, mely szignifikánsan eltér a kísérleti

vonalakról, ez a TSP26-20 mintához tartozik, esésszáma 521 másodperc. A legalacsonyabb érték 301, amit a TSP30-20 kódszámú fajtajelölre kaptunk, szignifikánsan is különbözik a többi búzától. A többi keresztezett minta e két érték között alakul. Az irodalomban sem a közönséges búza, sem a tönköly esetében nem találtam adatokat az organikus termesztéssel kapcsolatban az esésszáma vonatkozólag.



25. ábra: Organikus és konvencionális termesztésű búzák esésszám értékei (*-gal jelölt minták: szignifikáns különbség a konvencionális és az organikus termesztés között)

A két különböző termesztési módú mintákat megjelenítő ábrán szembevetendő, hogy míg a fajták esetében rend szerint az organikus termesztésű búzák mutatnak magasabb értéket, addig a keresztezési vonalaknál jellemzően a konvencionálisak (25. ábra). A közönséges búzáknál az 5 fajta közül 4-nél (APACHE, POBEDA, RECITAL, ESTEVAN) az organikus termesztésre kaptunk magasabb értéket, a BALKAN-nál a konvencionálisra. A legnagyobb különbség a RECITAL fajtánál van a két termesztési mód között, valamint a BALKAN-nál is viszonylag nagy az eltérés, mindkét fajtánál szignifikáns a különbség az organikus és konvencionális minta között (M23. táblázat). A tönkölybúzáknál az MV-VITALGOLD kivételével mindenhol az organikus termesztésű minta mutat magasabb értéket. Az organikus és konvencionális termesztés közötti eltérések minden tönköly fajta esetében szembevetendő és

szignifikáns. A fajtajelölteknel megfigyelhető, hogy 1 kivételt leszámítva mindegyiknél a konvencionális termesztésű mutat magasabb esésszámot. A TSP22-20-nál az organikus kísérleti vonalnál mértünk nagyobb értéket. A 11 kísérleti vonal közül 7-nél (TSP20-, -22-, -23-, -26-, -29-, -31-, -32-20) a statisztikai értékeléssel szignifikáns különbséget kaptunk, melyek jól megfigyelhetők a diagramon.

Az általam végzett esésszám mérések alapján látható különbség az organikus és konvencionális termesztésű búzák között, az irodalomban nem találtam eredményeket az organikus termesztéssel kapcsolatban, így összehasonlítani azzal nincs lehetőségem. Mivel az esésszám nagyban függhet a termesztés körülményektől, a minta állapotától, ezért az organikus mintákra vonatkozó mérési eredmények, továbbá a közönséges agrotechnikával termesztett mintákhoz képesti különbségek azonosítása nagymértékben hozzájárul a tönkölybúza minőségi értékeléséhez. A felfedezhető eltérések alapján lehet hatása a termesztési módnak az esésszámmra, ami viszont a technológiai tulajdonságokra, a gabona felhasználhatóságára is nagy hatással van.

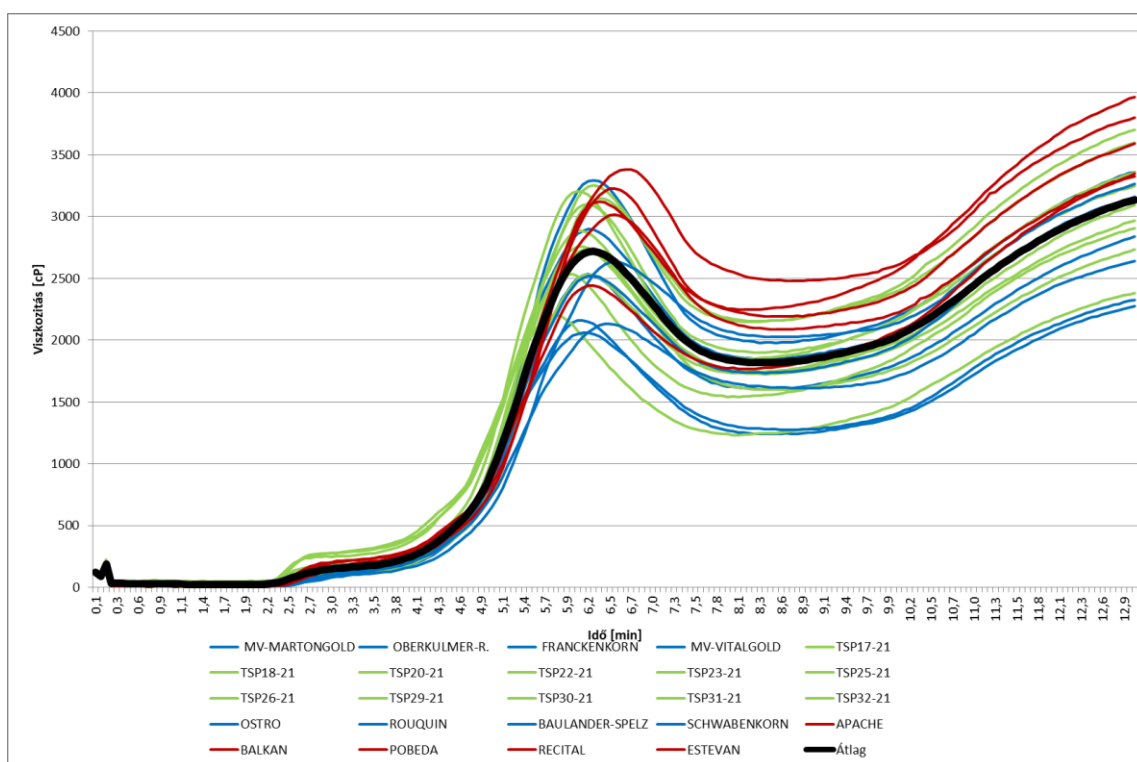
4.2.2 Viszkózus viselkedés vizsgálata gyors viszkoanalizátorral

Az RVA mérés elsősorban a keményítő tulajdonságról ad információt, viszont az esésszámmal képest nem egy állandó hőmérsékleten kapott statikus állapotról kapunk információt, hanem egy hőmérséklet program szerint leírt folyamatot jellemez. A gélesedési viselkedés és az ennek hatására kialakuló viszkozitási értékek főként a keményítő szerkezettel vannak összefüggésben. Az értékelést a mérés során kapott görbék lefutásának összehasonlításával kezdem, a konvencionális és organikus mintáknál, itt a fajták és a kísérleti vonalak közti eltérésekről vagy hasonlóságokról kaphatunk információt. Majd a nevezetes viszkozitásértékek és csirizesedési hőmérséklet diagramok jellemzésével a minták közti különbségeket és a termesztési mód hatását is értékelem.

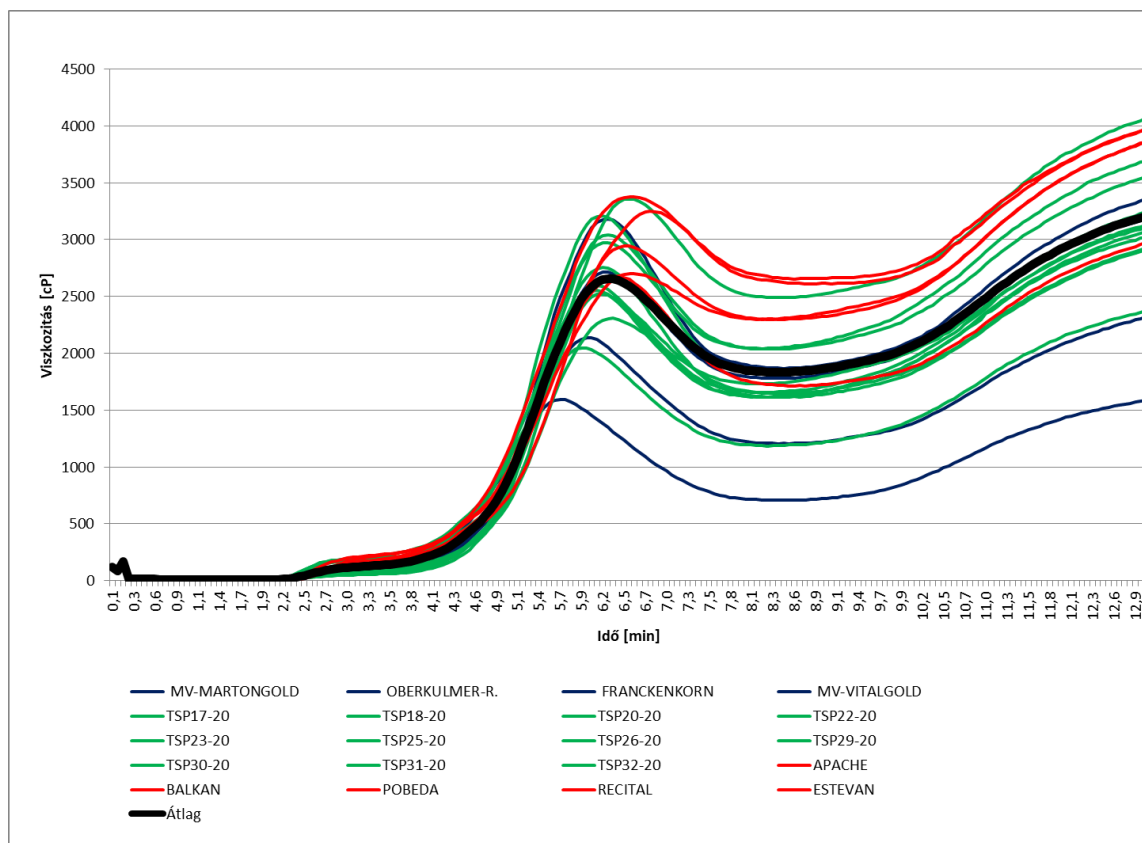
A konvencionális minták görbéit megfigyelve jól látható, hogy a tönköly, a közönséges búza és a vonalak jelentősen eltérnek egymástól (26. ábra). A csúcsviszkozitás eléréséig viszonylag együtt futnak a minták, de időbeli különbségek vannak, ami erősen faj- illetve fajtafüggő is. A csúcsviszkozitás elérését követően a visszaesés során a görbék meredeksége nagymértékben különbözik, a legmeredekebbeknek a kísérleti vonalak tekinthetők. A minimum pont elérése után viszont a minták párhuzamosan haladnak, de nagyon széles viszkozitás értékek között futnak. A közönséges búza görbéi jellemzően az összes mintára megállapított átlag fölött, míg a tönköly fajták az átlag alatt futnak. Szépen kirajzolódik, hogy a keresztezési vonalak az átlag körül, vagyis az aestivum és a tönköly

minták között mozognak. A közönséges búza görbéi közül a RECITAL jelentősen eltér a többitől, görbéje az átlag alatt fut, a legmagasabban pedig a POBEDA mintáé fut, közönséges búzákat összevetve. A tönkölybúzák közül a két átlagtól magasabban futó görbe a FRANCKENKORN és az MV-MARTONGOLD-hoz tartozik. A keresztezési vonalak közül kettő (TSP29-20 és TSP32-20) alacsonyabban halad, mint a többi fajtajelölt.

Az organikus termesztésű mintáknál is hasonló megállapítások tehetők, ugyanis a csúcsviszkozitás eléréséig a görbék együtt futnak, azonban csúcsviszkozitás értékekben és a csirizsedési időkből is nagy különbségek vannak (27.ábra). Ezután a forró tézsza viszkozitásig a mintákra megállapított viszkozitás értékek eltérő meredekséggel csökkennek, majd párhuzamosan haladnak. A két faj fajtái egyértelműen elkülöníthetők egymástól, míg a vonalak ezek között helyezkednek el. Az aestivumok közül a legalacsonyabban a BALKAN görbéje fut, azonban még ez is az átlag körül van. A speltáknál átlag felett a FRANCKENKORN görbéje halad. A fajtajelöltek közül alacsonyabban fut a TSP29-20, a TSP17-20 pedig magasabban halad a többi keresztezési vonalhoz képest. A viszkozitás alakulásánál is az figyelhető meg, hogy a fajtának, a genetikai háttérnek sokkal nagyobb lehet a hatása, mint az általunk vizsgált termesztési körülményeknek.

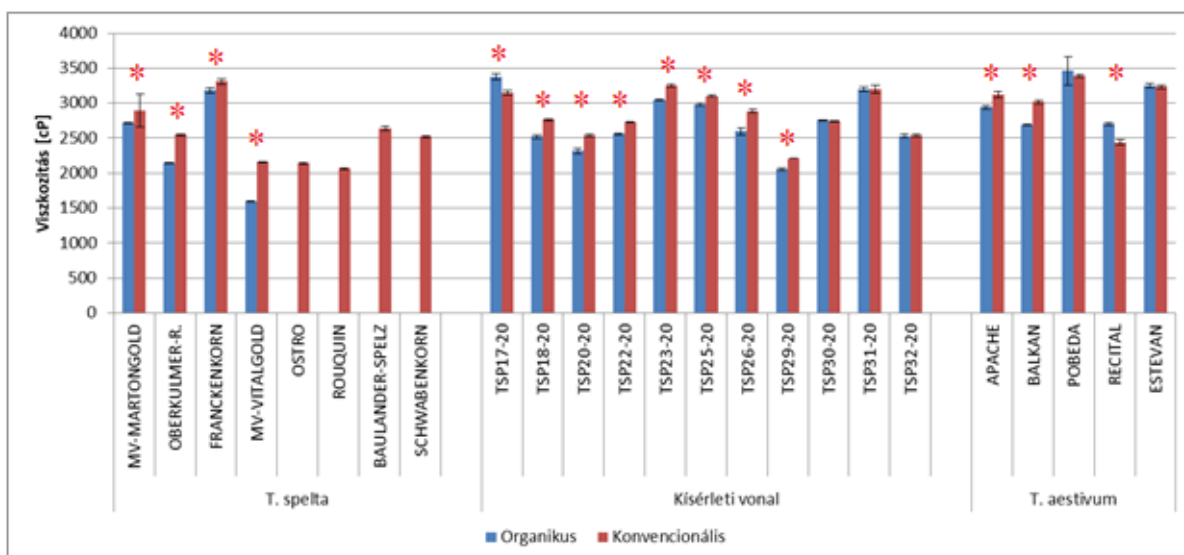


26. ábra: Konvencionális termesztésű búzák RVA görbéi (kék - *Triticum spelta*, zöld - kísérleti vonalak, bordó - *Triticum aestivum*, fekete – az összes konvencionális minta átlaga)



27. ábra: Organikus termesztésű búzák RVA görbéi (kék - *Triticum spelta*, zöld - kísérleti vonalak, piros - *Triticum aestivum*, fekete – az összes organikus minta átlaga)

A konvencionális termesztésű közönséges búzák csúcsviszkozitása 2440 cP és 3387cP között alakul, köztük szignifikáns különbség van (M4. táblázat, M24. táblázat). A legalacsonyabb érték a RECITAL-hoz, a legmagasabb a POBEDA-hoz tartozik (28. ábra). Ehhez képest a konvencionális tönköly fajtákra jellemzően alacsonyabb értéket kaptam. A tönkölyök csúcsviszkozitás értékei 2063 cP és 3309 cP tartományba esnek. A legmagasabb érték a FRANCKENKORN-hoz, a legalacsonyabb a ROUQUIN tönkölybúzához tartozik. A FRANCKENKORN, a BAULANDER-SPELZ, és az MV-MARTONGOLD a vizsgálat szerint nem alkot homológ csoportot egyik tönkölybúza fajtával sem. Átlagosan a kísérleti vonalakra kapott értékek a tönköly és a közönséges búza között vannak. Itt a 2213cP érték, ami a legalacsonyabb a kísérleti vonalak között a TSP29-20-hoz tartozik, a legmagasabb 3252 cP pedig a TSP23-20-hoz. A TSP29-20 szignifikánsan különbözik a kísérleti vonalaktól, a TSP23-20 pedig csak a TSP31-20 mintával alkot homológ csoportot a fajtajelöltek közül. A csúcsviszkozitás értékeket csak a közönséges búza esetében van lehetőségem összevetni irodalmi adatokkal. 2792-3143 cP közötti csúcsviszkozitás értékekről számoltak be, ami jó egyezést mutat az általam mért eredményekkel (Bánfalvi et al., 2020).

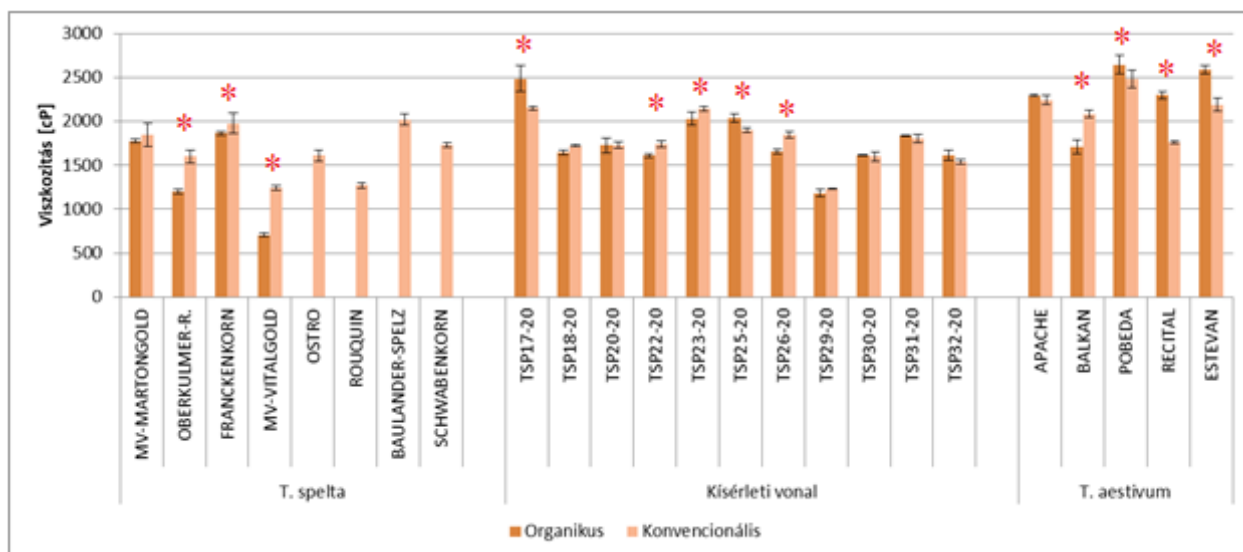


28. ábra: Csúcsviszkozitás értékek összehasonlítása (*-gal jelölt minták: szignifikáns különbség a konvencionális és az organikus termesztés között)

Az organikus *Triticum aestivum*-oknál 2686 cP és 3461 cP közötti viszkozitást mértünk (M4. táblázat). A legmagasabb érték itt is a POBEDA-hoz, a legalacsonyabb pedig a BALKAN-hoz tartozik (28. ábra). A BALKAN és a RECITAL egy homológ csoportba tartozik, a többi 3 fajta szignifikánsan különbözik egymástól (M25. táblázat). Mint ahogy a konvencionális mintáknál, itt szintén átlagosan alacsonyabb értéket mértünk a tönkölynél, mint a közönséges búzáknál, a kísérleti vonalak átlagos viszkozitás értékei pedig a kettő között alakultak. Az organikus tönkölybúzáknál az MV-VITALGOLD viszkozitása a legkisebb, ami 1597 cP-ű, a FRANCKENKORN viszkozitása pedig 3183 cP-ű, ez a legmagasabb érték ez esetben. A 4 tönköly fajta szignifikánsan különbözik egymástól. A kísérleti vonalak viszkozitása 2056 cP és 3378 cP között alakul. A TSP29-20 mutatja itt is a legkisebb viszkozitást, mint konvencionális termesztésnél, viszont a legmagasabb értéket ez esetben a TSP17-20 veszi fel, szignifikánsan eltérnek a többi kísérleti vonaltól. A TSP20-20 szignifikánsan különbözik az egész mintapopulációtól.

Két termesztési mód között jellemzően van eltérés (28. ábra). A *Triticum aestivum*-nál az APACHE, a BALKAN és a RECITAL fajtáknál látható látványos különbség, ugyanis szignifikáns az eltérés az organikus és konvencionális minta között (M32. táblázat). Amíg a RECITAL-nál az organikus termesztésének nagyobb a viszkozitása, addig a másik kettőnél a konvencionálisnak. A speltáknál mind a 4 esetben felfedezhető szignifikáns eltérés a két különböző termesztés között és itt mindegyik esetben a konvencionális termesztésűeknél mértünk magasabb értéket. A kísérleti vonalak között 3 kivétellel (TSP30-20, TSP31-20 és TSP32-20) minden esetben fel lehet fedezni különbséget, melyet a statisztika is alátámaszt. A

8 eltérést mutató minta között van egy, a TSP17-20 kódszámmal ellátott, aminél az organikus termesztésű mutat magasabb viszkozitást, a többi 7 kísérleti vonal esetében a konvencionálisnál mértünk magasabb értéket.



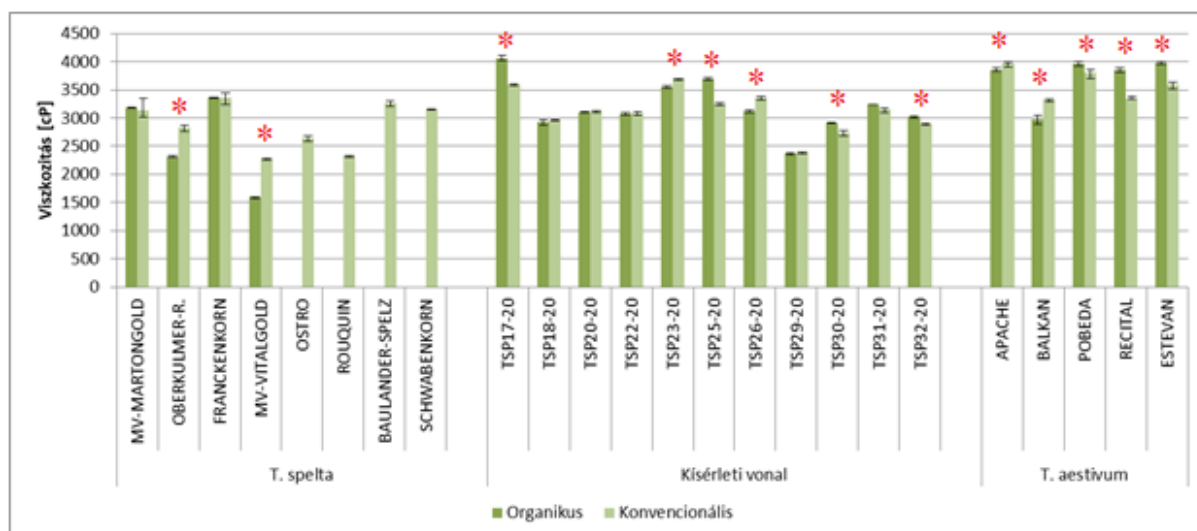
29. ábra: Forró tészta viszkozitás értékek összehasonlítása (*-gal jelölt minták: szignifikáns különbség a konvencionális és az organikus termesztés között)

A csúcviszkozítások elérését követően, tehát miután a keményítőszemcsék felrepednek, a minták viszkozitása csökken, létrejön egy minimum, amit a forró tészta viszkozitásnak nevezünk.

Az öt konvencionális közönséges búza közül a RECITAL-hoz tartozik a szignifikánsan alacsonyabb érték (1762 cP) és a POBEDA-nál tapasztalható szignifikánsan magasabb forró tészta viszkozitás a közönséges búza mintákat összevetve (2478 cP) (M26. táblázat). A konvencionális termesztésű tönkölybúzákra és a kísérleti vonalakra is jellemzően alacsonyabb értéket kaptunk, mint közönséges búzáknál (29. ábra). A tönköly fajták forró tészta viszkozitása 1238 cP és 2020 cP között alakul (M4. táblázat). A legalacsonyabb érték az MV-VITALGOLD fajtához, a legmagasabb pedig a BAULANDER-SPELZ tönkölyhöz tartozik. Az MV-VITALGOLD a ROUQUIN-el egy homológ csoportba tartozik, a BAULANDER-SPELZ pedig szignifikánsan eltér a többi fajtától. A kísérleti vonalakhoz átlagosan valamivel magasabb értékek tartoznak, mint a tönkölybúzákhöz. A keresztezési vonalakra 1232 cP (TSP29-20) és 2149 cP (TSP17-20) közötti viszkozitást mértünk, szignifikáns különbségek megfigyelhetők náluk is. Ebben az esetben is csak a közönséges búzára kapott eredményeket tudom összehasonlítani az irodalmi adatokkal, mely 2082 cP és 2525 cP csúcviszkozitás értékekről számol be (Bánfalvi et al., 2020).

Az organikus termesztésnél a tendencia megegyezik a konvencionálissal, a közönséges búzákra átlagosan magasabb értékeket kaptunk, mint a tönkölyre és a kísérleti vonalakra, valamint a kísérleti vonalakra átlagosan magasabb viszkozitást mértünk, mint a tönkölyökre (29. ábra). A *Triticum aestivum*-nál ez esetben is a POBEDA mutatta a legnagyobb forró tészta viszkozitást (2645 cP), a legalacsonyabbat (1710 cP) viszont a BALKAN fajtára kaptuk (M4. táblázat). A BALKAN szignifikánsan eltér a többi közönséges búza fajtától (M27. táblázat). Az organikus *Triticum spelta*-k 704 cP (MV-VITALGOLD) és 1866 cP (FRANCKENKORN) között alakulnak. Az MV-VITALGOLD-hoz szignifikánsan alacsonyabb érték tartozik, mint a többi tönkölyhöz. A kísérleti vonalaknál látható egy kiemelkedő érték, ami a TSP17-20-as mintához tartozik, 2486 cP a forró tészta viszkozitása, statisztikai értékeléssel is szignifikáns különbség figyelhető meg a fajtajelöltekhez képest. A keresztezési vonalak között organikus termesztésnél is a TSP29-20-as kódszámú minta mutatja a szignifikánsan alacsonyabb értéket (1183 cP).

A két termesztési mód között a fajtánál jellemzőbben nagyobb eltérés figyelhető meg mint a kísérleti vonalaknál (29. ábra). A közönséges búzáknál jelentősebb eltérés az organikus és konvencionális minta között BALKAN, a RECITAL és az ESTEVAN fajtánál van. A BALKAN-nál a konvencionális mutat magasabb értéket, míg a másik kettőnél az organikus termesztésű. Szignifikáns különbséget azonban az organikus és konvencionális termesztés között 4 közönséges búza fajtánál (POBEDA, BALKAN, RECITAL, ESTEVAN) tapasztaltunk (M33. táblázat). A 4 tönköly közül az OBERKULMER-ROTKORN-nál és az MV-VITALGOLD-nál látható jelentős eltérés, mindkét fajtánál a konvencionális termesztésű mutat nagyobb forró tészta viszkozitást. A statisztikai értékelés azonban a FRANCKENKORN-nál is kimutatott szignifikáns különbséget a két termesztési mód között. A kísérleti vonalaknál jelentős eltérés a TSP17-20-nál figyelhető meg és az organikus mintánál mértünk magasabb értéket. Kisebb eltérés látható még a TSP22-20, TSP23-20, TSP25-20, és TSP26-20-nál is, és a TSP25-20 kísérleti vonalnál az organikusra kaptunk magasabb értéket, a másik háromnál a konvencionálisra. Mindegyik kísérleti vonalnál, ahol eltérést figyeltünk meg a két termesztési módú minta között, a statisztika alapján szignifikáns különbség van a kétféle termesztés mintái között.



30. ábra: Végső viszkozitás értékek összehasonlítása (*-gal jelölt minták: szignifikáns különbség a konvencionális és az organikus termesztés között)

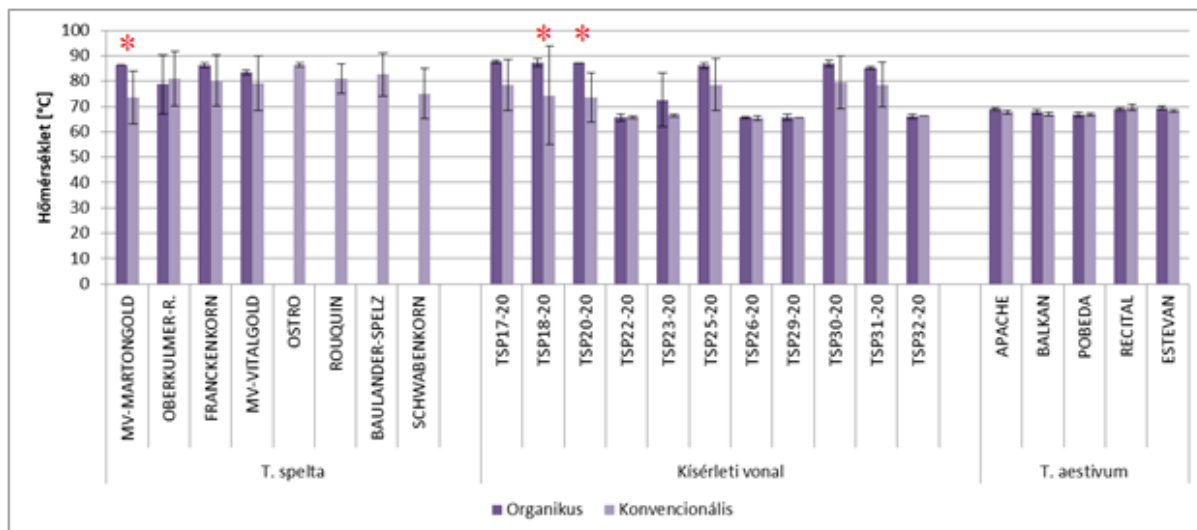
A végső viszkozitás értékek tendenciája megegyezik az előző kettő viszkozitás érték tendenciájával. Összehasonlítva a két fajt és a kísérleti vonalakat, azt látjuk, hogy a közönséges búzák átlagosan magasabb viszkozitással rendelkeznek, mint a tönkölyök és a kísérleti vonalak, valamint átlagosan a kísérleti vonalakra is nagyobb értékeket mértünk, mint a tönkölyöknél (30. ábra).

A konvencionális termesztésű közönséges búzák végső viszkozitása 3326 cP (BALKAN) és 3967 cP (APACHE) között alakul (M4. táblázat). A BALKAN és a RECITAL viszkozitása szignifikánsan megegyezik egymással (M28. táblázat). Az ESTEVAN, a POBEDA és az APACHE értékei szignifikánsan különböznek. A tönkölyök között nagyobb elérések láthatóak, mint a közönséges búzák konvencionális mintái között. A legmagasabb végső viszkozitással a FRANCKENKORN (3358 cP), a legalacsonyabbal pedig az MV-VITALGOLD (2273 cP) rendelkezik. Az MV-VITALGOLD a ROUQUIN-el homológ csoportot alkot, a FRANCKENKORN pedig az összes tönkölybúza fajtától szignifikánsan különbözik. A kísérleti vonalak is igen változatosak, 2381 cP (TSP29-20) és 3701 cP (TSP23-20) érték között mozognak, jellemzően szignifikáns különbség van köztük. Az általam mért közönséges búza minták végső viszkozitásának értékei alacsonyabbak, mint az irodalomban fellelhető adatok (4101- 4589 cP) (Bánfalvi et al., 2020).

Az organikus közönséges búzák értékei hasonlóak, 3900 cP körül mozognak. Az 5 minta közül 1-nek, ami a BALKAN, szignifikánsan alacsonyabb a végső viszkozitása (2969 cP) a többihez képest (M29. táblázat). A POBEDA és az ESTEVAN, valamint az APACHE és a RECITAL két különböző homológ csoportba tartoznak. A tönkölyök közül az MV-VITALGOLD-nál (1587 cP) mértük a legalacsonyabb értéket és a FRANCKENKORN-nál a

legmagasabbat (3355 cP). A 4 tönkölyfajta szignifikánsan eltér egymástól. A kísérleti vonaloknál kiemelkedik a TSP17-20 (4065 cP) viszkozitása, a TSP29-20-as minta pedig a legalacsonyabb (2370 cP) viszkozitást mutatja, szignifikánsan különböznek a többitől. A TSP23-, -25-, -31-20 kísérleti vonalak nem alkotnak homológ csoportot egyik mintával sem (M29. táblázat).

A két termesztést összehasonlítva az figyelhető meg, hogy a közönséges búzáknál és a keresztezési vonaloknál az organikus termesztésű minták átlagosan magasabb végső viszkozitással rendelkeznek, mint a konvencionális. A tönkölynél pedig átlagosan a konvencionálisra magasabb értéket kaptunk, mint az organikusra (30. ábra). A közönséges búza 5 mintája közül 4-nél jelentős eltérés látható a két különböző termesztés között, azonban mindegyiknél kimutatott szignifikáns eltérést a statisztika (M34. táblázat). A POBEDA, RECITAL, ESTEVAN fajtáknál az organikus termesztés, a BALKAN és az APACHE mintáknál a konvencionális mutat magasabb értéket. A tönkölybúzáknál az OBERKULMER-ROTKORN és az MV-VITALGOLD-nál van nagyobb eltérés a két termesztési mód között, mindkét fajtánál a konvencionálisra mértük a szignifikánsan magasabb végső viszkozitást. A kísérleti vonalak közül a TSP17-20, a TSP25-20, a TSP30-20, a TSP32-20, és a TSP32-20 esetében az organikusra, a TSP23-20 és a TSP26-20 esetében a konvencionálisra kaptunk szignifikánsan magasabb értéket. A többi kísérleti vonaloknál hasonló eredményeket mértünk a két különböző termesztés között.



31. ábra: Csirizedési hőmérséklet értékek összehasonlítása (*-gal jelölt minták: szignifikáns különbség a konvencionális és az organikus termesztés között)

A csirizedési hőmérséklet tönkölybúzáknál magasabb, mint közönséges búzáknál, a kísérleti vonalaké pedig átlagosan kettő között vannak (31. ábra).

A konvencionális közönséges búzák csirízesedési hőmérsékletei között nincsenek nagy és szignifikáns különbségek, 67 °C és 70 °C között mozognak (M5. táblázat, M30. táblázat). A tönkölynél már láthatók nagyobb eltérések, azonban ezek sem szignifikánsak. A legalacsonyabb 73,4 °C (MV-MARTONGOLD), a legmagasabb pedig 86,4 °C (OSTRO). A kísérleti vonalak csirízesedési hőmérsékletére kapjuk a legváltozatosabb képet. A 11 mintát összevetve, 6 kiemelkedően magas, 5 pedig alacsonyabb. A csirízesedési hőmérsékletük 65,4 °C (TSP26-20) és 79,6 °C (TSP30-20) között alakul. Az irodalom közönséges búza esetében 65-85 °C, tönkölybúza esetében magasabb, 87-93 °C közötti csirízesedési hőmérsékletéről számol be. Az általam mért eredmények közönséges búzáknál összhangban vannak az irodalmi adatokkal, a tönkölybúzáknál viszont alacsonyabb értékeket kaptunk (Bánfalvi et al., 2020; Escarnot et al., 2012).

Az organikus termesztésű közönséges búzák között sincs nagy eltérés, 67 °C és 70 °C között mozognak, egy homológ csoportba tartoznak (M31. táblázat). A 4 tönköly fajta közül az OBERKULMER ROTKORN-ra kaptuk a legalacsonyabb értéket, ami 78,8 °C. A legmagasabb érték pedig 86,4 °C, a FRANCKENKORN és az MV-MARTONGOLD fajtákra is ezt kaptuk, ők a statisztikai értékelés alapján is szignifikánsan megegyeznek. A kísérleti vonalak csirízesedési hőmérséklete 65,6 °C (TSP22-20) és 87,8 °C (TSP17-20) között mozog. Az alacsonyabb értékű és a magasabb értékű minták egy-egy homológ csoportba tartoznak, azonban a TSP23-20 nem mutat szignifikáns egyezést egyik kísérleti vonallal sem.

A két termesztési módot összehasonlítva, jellemzően az organikus minták csirízesedési hőmérséklete magasabb, mint a konvencionálisé (31. ábra). A közönséges búzák között különbségek nem fedezhetők fel, amit a statisztika is alátámaszt, hiszen egy homológ csoportba tartoznak (M35. táblázat). A 4 tönköly fajta közül az MV-MARTONGOLD, a FRANCKENKORN és az MV-VITALGOLD-nál láthatóak eltérések az organikus és konvencionális termesztés között és az organikus termesztésre kaptunk magasabb értékeket. A tönkölyöknél egyedül az MV-MARTONGOLD minták között van szignifikáns különbség. A kísérleti vonalaknál jelentős különbség látható a TSP17-,18-, 20-, 23-, 25-, 30-, és 31-20-as mintáknál az organikus és konvencionális termesztés között, és mindegyik minta esetében az organikus értéke a magasabb, azonban szignifikáns eltérés csak a TSP18-20 és TSP20-20 keresztezési vonalak mintái között van. Megfigyelhető, hogy a minták szórása elég nagy főként a konvencionális tönköly és a konvencionális kísérleti vonalak esetében.

4.2.3 A reológiai eredmények összegző értékelése

Az esésszám és az RVA-val megállapított viszkozitás értékek között több esetben is találunk összefüggést, de az eredmények egyértelmű tendenciát nem mindig mutatnak. Az esésszám és az RVA-nál a csúcsviszkozitási értékek esetében is elmondható, hogy a tönkölybúzára megállapított értékek átlagosan alacsonyabbak, mint a közönséges búzánál. Fajon belül viszont az esésszámnál megfigyelt tendencia nem követi a csúcsviszkozitás értékeket, ami alól az MV-VTALGOLD a kivétel, ugyanis mindkét esetben ez a minta jellemezhető a legalacsonyabb értékkel a tönkölyök és egyébként az összes búza közül is. A keresztezési vonalak pedig a tönköly minták és a közönséges búza fajták közötti értéket vesznek fel, és mindkét módszernél megfigyelhetünk olyan vonalat, ami meghaladja még a közönséges búza értékeit is. Azonban itt sem figyelhetünk meg egyértelmű tendenciát az esésszám és a csúcsviszkozitás között. Példa erre, hogy míg az első esetben a legnagyobb értéket a TSP26-20, a legkisebbet a TSP30-20 mutatja, addig az csúcsviszkozitási értékeknél a TSP17-20 és a TSP29-20 rendelkezik a legmagasabb és legalacsonyabb értékekkel. Ahogy a rost értékeknél, úgy a viszkozitás tulajdonságokban sem tapasztalható túl nagy eltérés a konvencionális és organikus termesztési mód között. Viszont mindkét módszernél a legnagyobb hatása a termesztésnek a vonalakra volt, és mind az esésszámnál, mind a csúcsviszkozitásnál a konvencionális körülmények között termesztett növények mutatnak magasabb értékeket. A közönséges búzára nem figyelhető meg tendencia, míg a tönkölyöknél érdekes módon az organikus mintáknak van magasabb esésszám értékük, míg a csúcsviszkozitás a konvencionális termesztés esetében magasabb.

Az RVA-val megállapított többi viszkozitás érték jól követi a csúcsviszkozitásnál megállapított tendenciákat a fajta és vonalak közötti különbségekben, így az esésszámmal való összevetéskor teljesen hasonló összefüggéseket figyelhetünk meg. A termesztési mód vizsgálatánál viszont azt lehet megállapítani, hogy a közönséges búza esetében a forró tészta és végső viszkozításra nagyobb hatással van a termesztés, mint az esésszámra és a csúcsviszkozításra. A keresztezési vonalagnál pedig pont fordított hatás figyelhető meg, vagyis a termesztésnek kisebb hatása van (kevesebb esetben szignifikáns a különbség a konvencionális és organikus termesztésű minták között) a forró tészta viszkozításra és a végső viszkozításra, mind az esésszámnál és a csúcsviszkozitásnál.

5 Eredményekből levonható következtetések

A két faj és a keresztezési vonalak élelmi rost összetételi és reológiai (viszkózus) tulajdonságai közötti különbségek, valamint a termesztési mód hatásának vizsgálata során eltérő eredményekről számolhatunk be.

A β -glükán mennyisége a két faj esetében hasonlóan alakult, bár a közönséges búzára jellemzőbben magasabb értékeket kaptunk. A keresztezési vonalak eredményei változatosak, vannak köztük olyanok, amelyeknek magasabb a β -glükán tartalma, mint a fajtáké, ezért alkalmasak lehetnek további szelekcióra. A termesztési módnak ennél a rost komponensnél főként a közönséges búzánál és fajtajelölteknél van szignifikáns hatása, viszont más tendenciát mutatnak. Az aestivumnál az organikus mintákra, a keresztezési vonalaknál pedig jellemzően a konvencionális termesztésre kaptunk magasabb értékeket, ami arra enged következtetni, hogy a genetikai háttér befolyásolja a búza alkalmazkodását a termesztési körülményekhez. A másik élelmi rost összetevő, az arabinoxilán estében, mind a TOTAX-nál, mind a WEAX-nál a kísérleti vonalakra jellemzően magasabb értékeket mértünk, mint a tönkölybúza fajtákra. A termesztésnek a búza arabinoxilán tartalmára főként WEAX-nál van szignifikáns hatása és jellemzően az organikus termesztésű minták mutatnak magasabb értéket. Az az ellentét, hogy a β -glükán tartalomra a konvencionális termesztésű mintáknál, az arabinoxilán tartalomra pedig az organikus körülmények között termesztett búzáknál kaptunk magasabb értéket adódhat akár abból is, hogy az organikus termesztés a szemfejlődés során jobban próbára teszi a magot, így a bonyolultabb rostkomponens szintetizálódik. Ez természetesen a vizsgált mintapopulációra levont elsődleges következtetés, aminek egyértelmű vizsgálatára az évjáratfüggő körülmények változását is figyelembe kell venni, vagyis több évjáraton is megvizsgálni a tapasztalt jelenségeket.

Az esésszám értékeknél megállapított tendenciák, összefüggések vizsgálatához jelenleg hiányoznak a gabonák betakarítási körülményeire vonatkozó információk. A minták termesztési körülményei a konvencionális és organikus termesztésnél megegyeznek, azonban arról, hogy ugyanabban az időben volt-e a betakarítás minden mintánál, nincs információnk. Ez az esésszám értékeknél azért lehet kritikus, mert a növényt ért csapadék alapvetően meghatározza az enzimek aktivitását, így az α -amilázét is, ami eltérő keményítő bontottságot eredményezhet a mintákban. Ezért a mintákra megállapított értékek a genetikai és a termesztés közbeni környezeti tényezők mellett az aratáskor fennálló hatások is erősen befolyásolják. Eredményeimből egyértelműen látszik, ahogy a többi paraméternél is, hogy a faj és fajtahatás, illetve a vonalak genetikai változékonysága nagyobb, mint az organikus és

konvencionális termesztés közötti különbség. Vagyis feltételezhető, hogy az esésszám értékekben megállapított különbségek magyarázatában az eltérő keményítő szerkezetet, az enzimes állapot eltérését kell keresni. Vagyis a közönséges búza keményítő struktúrája eredményezheti a magasabb esésszám értékeket, ami a vonalak esetében is megfigyelhető.

Az RVA paramétereknél a viszkozitás értékeknél szintén látható a már megfigyelt tendencia, vagyis a közönséges búzákra magasabb értékeket kaptam, mint a tönkölybúzákra, a keresztezési vonalak eredményei pedig a kettő között alakulnak. Ez a különbség egyrészt a különböző keményítő szerkezetből adódhat. A csúcsviszkozitás a keményítő duzzadásával arányos, így az ebből adódó eltérések a csúcsviszkozításra kihatnak. A csúcsviszkozitás értékek közötti jelentős különbségek azonban nem csak a keményítővel, hanem a rostokkal, azok mennyiségével és minőségével is összefüggésben állhatnak. A közönséges búza mintáim arabinoxilán tartalmáról még nincs információ, viszont a tönköly és a vonalak közötti viszkozitás értékek közötti különbségek összefüggésben állnak azok AX tartalmával. A keményítő amilóz/amilopektin aránya hatással lehet a csúcsviszkozitás után, vagyis a keményítő szemcsék maximális duzzadása utáni szétesés mértékére, a keményítő láncok változására, ami a forró tészta viszkozitás értékek közötti különbségekben mutatkozhat meg. Végül pedig a hűtési szakaszban kialakuló viszkozitás növekedésére és a csúcsviszkozitás értékekre a keményítő szerkezet mellett a rostok mennyisége is hatással lehet, ugyanis szintén látható összefüggés az AX tartalom és a viszkozitás értékek között.

6 Összefoglalás

Munkám során organikus és modern agrotechnika alkalmazásával termesztett tönkölybúza, közönséges búza és az ezek keresztezéséből előállított keresztezési vonalak tanulmányozásába kapcsolódtam be. Célom a termesztési körülmény hatásának vizsgálata a búzák élelmi rost összetételi és reológiai (viszkózus) tulajdonságaira, valamint a fajok, fajták és vonalak közötti különbségek vizsgálata. Ennek megvalósításához 8 tönkölybúza fajta, 5 közönséges búza és 11 kísérleti vonal mintáival végeztem méréseket. A rostok közül a β -glükán mennyiségét és az arabinoxilán tartalmat határoztam meg. A minták reológiai tulajdonságai közül az α -amiláz aktivitással összefüggésbe hozható, és a keményítő bontottságot jellemző esésszámot, és a minták komplex viszkozitását vizsgáltam. A két faj és a vonalak közötti különbségek jellemzésére, valamint a termesztési mód hatásának vizsgálatára statisztikai módszereket alkalmaztam.

Összességében elmondható, hogy jelentkeztek eltérések az organikus és konvencionális minták között, ami főként a keresztezési vonalakban mutatkozott meg. Ez arra utalhat, hogy a még nem stabil genetikai háttérrel rendelkező vonalak esetében a termesztési körülményeknek nagyobb a hatása, mint a stabilabb tönköly és közönséges búza fajták esetében.

Továbbá eredményeim rámutattak, hogy a fajok és fajták közötti különbség nagyobb mértékű, mint a termesztési mód hatása. Mindegyik paraméter esetében a közönséges búza fajtákra előnyösebb értékeket állapítottam meg (magasabb rost tartalom és magasabb esésszám, viszkozitás értékek), mint a tönkölybúzára, azonban a különbségek nem olyan mértékűek, ami miatt a tönkölybúza jelentősen háttérbe szorulna a felhasználhatóságot tekintve. A keresztezési vonalak pedig jól követik a szülői tulajdonságokat, néhol még meg is előzik, ami a további szelekció fontos alapja.

A fajok, fajták és keresztezési vonalak közötti eltérések, és a termesztés hatására tett megállapítások megerősítéséhez különböző évjáratokon végzett mérések szükségesek, ami a munkám továbblépését jelenti. Továbbá érdemes lenne tanulmányozni minden vizsgált paramétert a búza teljes őrlemény és fehér liszt frakcióinál is, valamint a tönkölybúza felhasználhatóságának, a vonalak stabilitásának vizsgálatához elengedhetetlen a sütőipari tesztek bevonása, ami a kutatócsoporton belül már folyamatban van.

Irodalomjegyzék

- (EU) 2021/1165, 2021. A BIZOTTSÁG (EU) 2021/1165 VÉGREHAJTÁSI RENDELETE (2021. július 15.) bizonyos termékek és anyagok ökológiai termelésben való használatának engedélyezéséről és ezek jegyzékének összeállításáról 13–48.
- Anjum, F.M. and Walker, C.E. (1991), Review on the significance of starch and protein to wheat kernel hardness. *J. Sci. Food Agric.*, 56: 1-13. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740560102>
- Abdel-Aal, E.S.M., Rabalski, I., 2008. Effect of baking on nutritional properties of starch in organic spelt whole grain products. *Food Chem.* 111, 150–156. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.03.050>
- Arendt, E.K., Zannini, E., 2013. Wheat and other Triticum grains, *Cereal Grains for the Food and Beverage Industries*. <https://doi.org/10.1533/9780857098924.1>
- Arzani, A., Ashraf, M., 2017. Cultivated Ancient Wheats (*Triticum* spp.): A Potential Source of Health-Beneficial Food Products. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 16, 477–488. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12262>
- Balet, S., Guelpa, A., Fox, G., Manley, M., 2019. Rapid Visco Analyser (RVA) as a Tool for Measuring Starch-Related Physiochemical Properties in Cereals: a Review. *Food Anal. Methods* 12, 2344–2360. <https://doi.org/10.1007/s12161-019-01581-w>
- Bánfalvi, Á., Németh, R., Bagdi, A., Gergely, S., Rakszegi, M., Bedő, Z., Láng, L., Vida, G., Tömösközi, S., 2020. A novel approach to the characterization of old wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties by complex rheological analysis. *J. Sci. Food Agric.* 100, 4409–4417. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10479>
- Békés, F., Schoenlechner, R., Tömösközi, S., 2017. Ancient Wheats and Pseudocereals for Possible use in Cereal-Grain Dietary Intolerances, Second Edi. ed, *Cereal Grains: Assessing and Managing Quality: Second Edition*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100719-8.00014-0>
- Biel, W., Stankowski, S., Jaroszewska, A., Pużyński, S., Boško, P., 2016. The influence of selected agronomic factors on the chemical composition of spelt wheat (*Triticum aestivum* ssp. *spelta* L.) grain. *J. Integr. Agric.* 15, 1763–1769. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(15\)61211-4](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(15)61211-4)
- Bojňanská, T., Frančáková, H., 2002. The use of spelt wheat (*Triticum spelta* L.) for baking applications. *Rostl. Vyroba* 48, 141–147. <https://doi.org/10.17221/4212-pse>
- Bojnaňská, T., Šmítalová, J., Vollmannová, A., 2016. Effect of the addition of hydrocolloids on the rheological and baking properties of the products with added spelt flour (*Triticum spelta* L.). *Potravinárstvo* 10, 157–163. <https://doi.org/10.5219/555>
- Bonnand-Ducasse, M., Della Valle, G., Lefebvre, J., Saulnier, L., 2010. Effect of wheat dietary fibres on bread dough development and rheological properties. *J. Cereal Sci.* 52, 200–206. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2010.05.006>
- Brouns, F., Hemery, Y., Price, R., Anson, N.M., 2012. Wheat Aleurone: Separation, Composition, Health Aspects, and Potential Food Use. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 52, 553–568. <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.589540>
- Channell, G.A., Adams, G.G., Lu, Y.D., Gillis, R.B., Dinu, V., Grundy, M.M.L., Bajka, B., Butterworth, P.J., Ellis, P.R., Mackie, A., Ballance, S., Harding, S.E., 2018. Use of the Extended Fujita method for representing the molecular weight and molecular weight distributions of native and processed oat beta-glucans. *Sci. Rep.* 8, 6–13. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-29997-0>

- Chaudhary, N., Yadav, A., 2020. Organic Agriculture: Conventional farming vs organic farming 0–4.
- Dencic, S., DePauw, R., Kobiljski, B., Momcilovic, V., 2013. Hagberg falling number and rheological properties of wheat cultivars in wet and dry preharvest periods. *Plant Prod. Sci.* 16, 342–351. <https://doi.org/10.1626/pps.16.342>
- Dr. Berényi, J., n.d. Organikus növénynevelés és organikus vetőmag termesztés 543–554.
- Escarnot, E., Aguedo, M., Agneessens, R., Wathélet, B., Paquot, M., 2011. Extraction and characterization of water-extractable and water-unextractable arabinoxylans from spelt bran: Study of the hydrolysis conditions for monosaccharides analysis. *J. Cereal Sci.* 53, 45–52. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2010.09.002>
- Escarnot, E., Dornez, E., Verspreet, J., Agneessens, R., Courtin, C.M., 2015. Quantification and visualization of dietary fibre components in spelt and wheat kernels. *J. Cereal Sci.* 62, 124–133. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2015.01.003>
- Escarnot, E., Jacquemin, J.M., Agneessens, R., Paquot, M., 2012. Comparative study of the content and profiles of macronutrients in spelt and wheat, a review. *Comp. study content profiles Macronutr. spelt wheat, a Rev.* 16, 243–256.
- Gebruers, K., Courtin, C.M., Delcour, J.A., 2009. Quantification of arabinoxylans and their degree of branching using gas chromatography. *Heal. Methods Anal. Bioact. Components Small Grain Cereal.* 177–189. <https://doi.org/10.1016/B978-1-891127-70-0.50017-0>
- Gebruers, K., Dornez, E., Boros, D., Fraś, A., Dynkowska, W., Bedo, Z., Rakszegi, M., Delcour, J.A., Courtin, C.M., 2008. Variation in the content of dietary fiber and components thereof in wheats in the healthgrain diversity screen. *J. Agric. Food Chem.* 56, 9740–9749. <https://doi.org/10.1021/jf800975w>
- Ie, P.S., Petros, D., Stinner, D.H., Phelan, P.L., Hamaker, B., Koelling, K.W., Vodovotz, Y., 2012. Comparison of the gelatinization behavior of organic and conventional spelt starches assessed by thermal and rheological analyses. *J. Agric. Food Chem.* 60, 9229–9235. <https://doi.org/10.1021/jf301171j>
- Ioelovich, M., 2013. Plant Biomass as a Renewable Source of Biofuels and Biochemicals 1–58.
- Kohajdová, Z., Karovičová, J., 2007. Effect of Incorporation of Spelt Flour on the Dough 4, 36–45.
- Kulathunga, J., Reuhs, B.L., Zwinger, S., Simsek, S., 2021. Comparative study on kernel quality and chemical composition of ancient and modern wheat species: Einkorn, emmer, spelt and hard red spring wheat. *Foods* 10. <https://doi.org/10.3390/foods10040761>
- Kwiatkowski, C.A., Haliniarz, M., Tomczyńska-Mleko, M., Mleko, S., Kawecka-Radomska, M., 2015. The content of dietary fiber, amino acids, dihydroxyphenols and some macro- and micronutrients in grain of conventionally and organically grown common wheat, spelt wheat and proso millet. *Agric. Food Sci.* 24, 195–205. <https://doi.org/10.23986/afsci.50953>
- Lacko-Bartošová, M., Korczyk-Szabó, J., 2011. Indirect Baking Quality and Rheological Properties of Spelt Wheat (*Triticum Spelta* L.). *Res. J. Agric. Sci.* 43, 73–78.
- Lafiandra, D., Riccardi, G., Shewry, P.R., 2014. Improving cereal grain carbohydrates for diet and health. *J. Cereal Sci.* 59, 312–326. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2014.01.001>
- Nikafshar, S., Zabihi, O., Hamidi, S., Moradi, Y., Barzegar, S., Ahmadi, M., Naebe, M., 2017. A renewable bio-based epoxy resin with improved mechanical performance that can compete with DGEBA. *RSC Adv.* 7, 8694–8701. <https://doi.org/10.1039/c6ra27283e>

- Oláh, J., Palkó, G., Rása, G., 2012. Cellulóztartalmú hulladékok és energianövények rothasztása 38–43.
- Petrenko, V., Prysiashniuk, O., Sheiko, T., Khudolii, L., 2018. Evaluation of three wheat species (.
- Poltoretskyi, S., Hospodarenko, H., Liubych, V., Poltoretska, N., Demydas, H., 2018. Impact of provincial water management on environment and social welfare in West of Zayanderood Basin, Iran. *Ukr. J. Ecol.* 8, 41–50. <https://doi.org/10.15421/2018>
- Rieder, A., Holtekjølén, A.K., Sahlstrøm, S., Moldestad, A., 2012. Effect of barley and oat flour types and sourdoughs on dough rheology and bread quality of composite wheat bread. *J. Cereal Sci.* 55, 44–52. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2011.10.003>
- Sanyang, M.L., Sapuan, S.M., R.A., I., Jumaidin, R., 2018. Sugar Palm Starch-Based Composites for Packaging Applications 1–290. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-67319-6>
- Saulnier, L., Sado, P.E., Branlard, G., Charmet, G., Guillon, F., 2007. Wheat arabinoxylans: Exploiting variation in amount and composition to develop enhanced varieties. *J. Cereal Sci.* 46, 261–281. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2007.06.014>
- Singh, R.P., Kent-Jones, D.W., 2021. Cereal Processing. *Cereal Process.* <https://doi.org/10.3362/9781780443966>
- Szegedi Tudományegyetem, 2014. A növénytermesztési technológiák élelmiszerbiztonsági kérdései 1–106.
- Szendí, S., Körmendi, B., Nagy, A., Csiki, Z., Tömösközi, S., 2012. Gabonafélék komponenseivel végzett vizsgálatok és kísérletek. *Magy. Gasztroenterológia* 1. Különsz, 3–8.
- Török, K., Szentmiklóssy, M., Tremmel-Bede, K., Rakszegi, M., Tömösközi, S., 2019. Possibilities and barriers in fibre-targeted breeding: Characterisation of arabinoxylans in wheat varieties and their breeding lines. *J. Cereal Sci.* 86, 117–123. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2019.01.012>
- Wang, J., Baranski, M., Korkut, R., Kalee, H.A., Wood, L., Bilsborrow, P., Janovska, D., Leifert, A., Winter, S., Willson, A., Barkla, B., Leifert, C., Rempelos, L., Volakakis, N., 2021. Performance of modern and traditional spelt wheat (*Triticum spelta*) varieties in rain-fed and irrigated, organic and conventional production systems in a semi-arid environment; results from exploratory field experiments in Crete, Greece. *Agronomy* 11. <https://doi.org/10.3390/agronomy11050890>
- Wilson, J.D., Bechtel, D.B., Wilson, G.W.T., Seib, P.A., 2008. Bread quality of spelt wheat and its starch. *Cereal Chem.* 85, 629–638. <https://doi.org/10.1094/CCEM-85-5-0629>

Mellékletek

M1. táblázat: Organikus és konvencionális búzák β -glükán eredményei

Term. mód	Faj	Minta neve	Átlag (sz.a.)	Szórás	Minták átlaga
Organikus	T. spelta	MV-MARTONGOLD	0,63	0,02	0,69
		OBERKULMER-ROTKORN	0,81	0,01	
		FRANCKENKORN	0,68	0,02	
		MV-VITALGOLD	0,77	0,01	
		OSTRO	0,70	0,02	
		ROUQUIN	0,62	0,03	
		SCHWABENKORN	0,70	0,01	
		BAULANDER-SPELZ	0,56	0,00	
	Érleleti vonal	TSP17-20	0,98	0,03	0,83
		TSP18-20	0,87	0,02	
		TSP20-20	0,72	0,05	
		TSP22-20	0,76	0,02	
		TSP23-20	0,74	0,01	
		TSP25-20	0,66	0,05	
		TSP26-20	0,80	0,02	
		TSP29-20	1,01	0,00	
		TSP30-20	0,82	0,01	
		TSP31-20	0,80	0,02	
		TSP32-20	0,96	0,00	
	T. aestivum	APACHE	0,78	0,02	0,84
		BALKAN	0,94	0,00	
		POBEDA	0,93	0,01	
		RECITAL	0,75	0,01	
		ESTEVAN	0,81	0,02	
Konvencionális	T. spelta	MV-MARTONGOLD	0,63	0,06	0,67
		OBERKULMER-ROTKORN	0,66	0,02	
		FRANCKENKORN	0,63	0,01	
		MV-VITALGOLD	0,72	0,02	
		OSTRO	0,77	0,03	
		ROUQUIN	0,67	0,01	
		BAULANDER-SPELZ	0,59	0,01	
		SCHWABENKORN	0,71	0,01	
	Érleleti vonal	TSP17-20	0,83	0,01	0,88
		TSP18-20	0,83	0,01	
		TSP20-20	0,69	0,02	
		TSP22-20	0,86	0,03	
		TSP23-20	0,72	0,10	
		TSP25-20	0,84	0,04	
		TSP26-20	1,01	0,02	
		TSP29-20	1,18	0,03	
		TSP30-20	1,02	0,02	
		TSP31-20	0,87	0,02	
		TSP32-20	0,89	0,03	
	T. aestivum	APACHE	0,70	0,01	0,74
		BALKAN	0,79	0,03	
		POBEDA	0,80	0,06	
		RECITAL	0,73	0,00	
		ESTEVAN	0,66	0,06	

M2. táblázat: Organikus és konvencionális búzák arabinoxilán eredményei

Faj	Term. mód		Minta neve	TOTAX átlag	TOTAX szórás	TOT-A/X átlag	TOT-A/X szórás	WEAX átlag	WEAX szórás	WE-A/X átlag	WE-A/X szórás
T. spelta	Organikus	T. spelta	MV-MARTONGOLD	2,20	0,01	0,99	0,06	0,64	0,01	1,15	0,01
			OBERKULMER-ROTKORN	2,40	0,04	0,91	0,03	0,61	0,00	1,15	0,01
			FRANCKENKORN	2,14	0,06	1,13	0,03	0,59	0,01	1,18	0,01
			MV-VITALGOLD	2,36	0,11	1,12	0,10	0,62	0,00	1,20	0,02
		Kísérleti vonal	TSP17-20	2,32	0,05	0,95	0,00	1,15	0,00	0,63	0,01
			TSP18-20	2,11	0,11	0,98	0,08	0,67	0,00	0,89	0,00
			TSP20-20	2,61	0,15	2,03	0,04	0,79	0,00	0,97	0,02
			TSP22-20	2,26	0,07	1,42	0,19	0,72	0,00	0,91	0,01
			TSP23-20	2,39	0,04	1,17	0,09	0,72	0,00	0,96	0,02
			TSP25-20	2,17	0,22	1,29	0,05	0,72	0,01	1,01	0,03
			TSP26-20	2,49	0,05	1,41	0,15	0,62	0,01	1,00	0,00
			TSP29-20	2,12	0,05	1,15	0,05	0,56	0,01	1,12	0,02
			TSP30-20	2,21	0,02	1,23	0,34	0,66	0,00	1,06	0,01
			TSP31-20	1,84	0,02	1,27	0,07	0,56	0,00	1,17	0,01
			TSP32-20	2,22	0,18	1,02	0,03	0,60	0,00	0,92	0,00
	Konvencionális	T. spelta	MV-MARTONGOLD	2,43	0,58	0,78	0,16	0,56	0,00	1,02	0,01
			OBERKULMER-ROTKORN	2,24	0,43	0,83	0,05	0,57	0,01	1,13	0,02
			FRANCKENKORN	1,87	0,17	1,19	0,02	0,57	0,05	1,23	0,09
			MV-VITALGOLD	2,38	0,23	1,08	0,22	0,56	0,02	1,15	0,09
		Kísérleti vonal	TSP17-20	2,73	0,61	0,76	0,01	1,10	0,00	0,62	0,05
			TSP18-20	2,40	0,40	0,76	0,15	0,66	0,00	0,79	0,07
			TSP20-20	2,51	0,11	0,83	0,06	0,56	0,03	0,91	0,04
			TSP22-20	3,29	0,83	0,97	0,11	0,48	0,04	0,88	0,06
			TSP23-20	2,22	0,20	0,83	0,03	0,60	0,02	0,94	0,04
			TSP25-20	2,53	0,17	0,90	0,12	0,73	0,04	0,92	0,02
			TSP26-20	2,55	0,02	0,91	0,11	0,58	0,05	0,88	0,04
			TSP29-20	1,99	0,39	1,01	0,13	0,50	0,02	0,94	0,04
			TSP30-20	3,34	0,00	0,84	0,00	0,61	0,01	0,98	0,08
			TSP31-20	2,08	0,31	1,20	0,05	0,42	0,00	1,09	0,07
			TSP32-20	2,07	0,37	0,91	0,10	0,59	0,01	0,93	0,09

M3. táblázat: Organikus és konvencionális búzák esésszám eredményei

Term. mód	Faj	Minta neve	Átlag (sz.a.)	Szórás	Minták átlaga
Organikus	T. spelta	MV-MARTONGOLD	421	16,97	341
		OBERKULMER-ROTKORN	335	2,83	
		FRANCKENKORN	354	1,41	
		MV-VITALGOLD	255	1,41	
	Kísérleti vonalak	TSP17-20	439	18,38	409
		TSP18-20	334	4,95	
		TSP20-20	460	11,31	
		TSP22-20	431	26,87	
		TSP23-20	437	18,38	
		TSP25-20	399	17,68	
		TSP26-20	521	23,33	
		TSP29-20	390	16,97	
		TSP30-20	301	15,56	
		TSP31-20	343	9,90	
		TSP32-20	449	16,97	
	T. aestivum	APACHE	499	22,79	473
		BALKAN	382	10,61	
		POBEDA	490	16,13	
		RECITAL	554	42,41	
		ESTEVAN	441	28,43	
Konvencionális	T. spelta	MV-MARTONGOLD	387	27,45	344
		OBERKULMER-ROTKORN	301	14,50	
		FRANCKENKORN	303	29,78	
		MV-VITALGOLD	305	27,50	
		OSTRO	365	14,43	
		ROUQUIN	336	3,46	
		BAULANDER-SPELZ	390	7,51	
		SCHWABENKORN	363	10,75	
	Kísérleti vonalak	TSP17-20	442	15,70	440
		TSP18-20	346	7,33	
		TSP20-20	552	17,17	
		TSP22-20	345	31,83	
		TSP23-20	493	31,00	
		TSP25-20	406	9,13	
		TSP26-20	578	19,62	
		TSP29-20	448	8,26	
		TSP30-20	332	3,20	
		TSP31-20	381	17,98	
		TSP32-20	524	11,24	
	T. aestivum	APACHE	501	13,18	462
		BALKAN	420	30,61	
		POBEDA	476	26,44	
		RECITAL	477	23,57	
		ESTEVAN	435	22,90	

M4. táblázat: Organikus és konvencionális búzák csúcsviszkozitás, forró tészta viszkozitás és végső viszkozitás eredményei

Term.mód	Faj	Név	Csúcsviszkozítás (cP)			Forró tészta viszkozitás (cP)			Végső viszkozítás (cP)		
			Átlag	Szórás	Relatív szórás	Átlag	Szórás	Relatív szórás	Átlag	Szórás	Relatív szórás
Organikus	T. spelta	MV-MARTONGOLD	2717,0	6,6	0,2	1775,3	19,9	1,1	3187,3	9,3	0,3
		OBERKULMER-R.	2140,3	8,1	0,4	1201,7	29,3	2,4	2316,0	15,5	0,7
		FRANCKENKORN	3183,0	39,4	1,2	1866,0	21,9	1,2	3355,0	12,8	0,4
		MV-VITALGOLD	1597,3	6,7	0,4	704,0	19,5	2,8	1586,7	14,2	0,9
	Kísérleti vonal	TSP17-20	3378,3	43,7	1,3	2486,3	148,5	6,0	4064,7	51,9	1,3
		TSP18-20	2521,0	28,8	1,1	1644,3	28,7	1,7	2923,0	45,9	1,6
		TSP20-20	2319,3	35,8	1,5	1728,0	86,3	5,0	3101,3	13,9	0,4
		TSP22-20	2558,3	17,2	0,7	1612,3	21,4	1,3	3068,3	19,5	0,6
		TSP23-20	3047,7	4,0	0,1	2031,0	78,5	3,9	3552,0	22,6	0,6
		TSP25-20	2980,7	16,2	0,5	2040,0	47,7	2,3	3692,0	19,5	0,5
		TSP26-20	2595,7	45,5	1,8	1653,7	28,9	1,7	3125,3	22,2	0,7
		TSP29-20	2055,7	16,7	0,8	1183,3	42,5	3,6	2369,7	16,8	0,7
		TSP30-20	2752,3	4,9	0,2	1611,0	6,0	0,4	2912,0	14,2	0,5
		TSP31-20	3199,0	27,8	0,9	1836,7	5,0	0,3	3239,3	5,1	0,2
		TSP32-20	2531,7	30,5	1,2	1612,3	60,0	3,7	3021,0	15,7	0,5
	T. aestivum	APACHE	2943,0	25,0	0,8	2295,3	7,4	0,3	3857,3	30,7	0,8
		BALKAN	2686,0	6,2	0,2	1710,0	80,3	4,7	2969,3	74,8	2,5
		POBEDA	3461,0	203,5	5,9	2645,0	107,9	4,1	3960,7	42,2	1,1
		RECITAL	2706,0	15,7	0,6	2296,7	38,8	1,7	3857,7	39,6	1,0
		ESTEVAN	3251,3	28,0	0,9	2591,0	49,9	1,9	3973,7	25,0	0,6
Konvencionális	T. spelta	MV-MARTONGOLD	2900,0	235,6	8,1	1844,0	133,4	7,2	3141,7	208,3	6,6
		OBERKULMER-R.	2544,7	10,3	0,4	1597,7	76,2	4,8	2840,7	30,9	1,1
		FRANCKENKORN	3309,0	43,5	1,3	1975,7	115,4	5,8	3357,7	84,7	2,5
		MV-VITALGOLD	2161,7	6,7	0,3	1237,7	26,1	2,1	2272,7	12,7	0,6
		OSTRO	2138,0	8,9	0,4	1608,3	60,1	3,7	2640,0	34,2	1,3
		ROUQUIN	2063,3	9,3	0,5	1271,3	32,3	2,5	2325,7	13,9	0,6
		BAULANDER-SPELZ	2636,7	30,9	1,2	2020,3	63,8	3,2	3263,7	31,1	1,0
		SCHWABENKORN	2521,3	11,4	0,5	1732,7	25,4	1,5	3161,0	5,2	0,2
	Kísérleti vonal	TSP17-20	3147,3	27,2	0,9	2149,3	19,6	0,9	3595,7	15,2	0,4
		TSP18-20	2762,0	15,7	0,6	1723,7	9,3	0,5	2963,0	7,8	0,3
		TSP20-20	2537,0	17,1	0,7	1729,7	32,8	1,9	3131,3	3,2	0,1
		TSP22-20	2732,3	5,8	0,2	1742,3	39,7	2,3	3092,7	25,5	0,8
		TSP23-20	3252,3	19,0	0,6	2145,7	27,0	1,3	3701,0	5,6	0,2
		TSP25-20	3099,7	13,4	0,4	1896,0	24,6	1,3	3247,0	18,7	0,6
		TSP26-20	2886,7	21,4	0,7	1847,3	33,3	1,8	3355,3	24,6	0,7
		TSP29-20	2212,7	5,1	0,2	1231,7	10,2	0,8	2380,7	21,8	0,9
		TSP30-20	2742,0	8,5	0,3	1597,7	53,0	3,3	2732,7	41,8	1,5
		TSP31-20	3203,7	58,6	1,8	1801,7	45,8	2,5	3143,0	36,6	1,2
		TSP32-20	2536,0	17,7	0,7	1538,7	22,8	1,5	2902,7	7,6	0,3
	T. aestivum	APACHE	3123,3	47,2	1,5	2243,3	54,0	2,4	3966,7	22,8	0,6
		BALKAN	3018,7	22,7	0,8	2083,7	46,5	2,2	3326,3	10,2	0,3
		POBEDA	3387,3	17,5	0,5	2477,7	100,0	4,0	3797,3	53,5	1,4
		RECITAL	2440,3	40,3	1,7	1762,3	13,1	0,7	3346,0	42,0	1,3
		ESTEVAN	3236,3	24,7	0,8	2187,7	73,7	3,4	3590,0	41,2	1,1

M5. táblázat: Organikus és konvencionális búzák csirizedési idő és csirizedési hőmérséklet eredményei

Term.mód	Faj	Név	Csirizedési idő (min)			Csirizedési hőmérséklet (°C)		
			Átlag	Szórás	Relatív szórás	Átlag	Szórás	Relatív szórás
Organikus	T. spelta	MV-MARTONGOLD	6,2	0,0	0,6	86,4	0,0	0,0
		OBERKULMER-R.	6,0	0,1	1,1	78,8	11,7	14,8
		FRANCKENKORN	6,2	0,0	0,6	86,4	0,8	1,0
		MV-VITALGOLD	5,7	0,1	1,2	83,4	1,0	1,2
	Kísérleti vonal	TSP17-20	6,5	0,2	2,7	87,8	0,5	0,5
		TSP18-20	6,2	0,0	0,6	87,2	1,6	1,9
		TSP20-20	6,3	0,1	1,6	87,2	0,1	0,1
		TSP22-20	6,1	0,0	0,6	65,6	1,3	2,0
		TSP23-20	6,3	0,1	1,1	72,6	10,5	14,4
		TSP25-20	6,2	0,1	1,2	86,1	1,0	1,1
		TSP26-20	6,1	0,0	0,0	65,7	0,4	0,6
		TSP29-20	5,9	0,1	1,1	65,7	1,2	1,8
		TSP30-20	6,2	0,0	0,0	86,9	1,3	1,5
		TSP31-20	6,2	0,0	0,6	85,3	0,5	0,6
		TSP32-20	6,2	0,1	1,6	66,2	0,8	1,1
	T. aestivum	APACHE	6,5	0,0	0,6	68,9	0,5	0,8
		BALKAN	6,4	0,1	1,2	68,0	0,9	1,3
		POBEDA	6,6	0,3	5,2	67,0	0,9	1,3
		RECITAL	6,6	0,1	1,0	68,8	0,5	0,7
		ESTEVAN	6,8	0,1	1,0	69,5	0,9	1,3
Konvencionális	T. spelta	MV-MARTONGOLD	6,2	0,0	0,6	73,4	10,5	14,2
		OBERKULMER-R.	6,2	0,1	2,2	81,0	10,8	13,3
		FRANCKENKORN	6,2	0,1	1,6	80,2	10,0	12,5
		MV-VITALGOLD	6,1	0,0	0,6	79,3	10,8	13,6
		OSTRO	6,4	0,1	1,6	86,4	0,8	1,0
		ROUQUIN	6,2	0,0	0,6	80,9	5,9	7,3
		BAULANDER-SPELZ	6,5	0,1	1,0	82,6	8,6	10,4
		SCHWABENKORN	6,2	0,1	1,2	75,0	9,9	13,2
	Kísérleti vonal	TSP17-20	6,4	0,0	0,6	78,5	10,0	12,8
		TSP18-20	6,1	0,0	0,6	74,3	19,4	26,1
		TSP20-20	6,2	0,1	1,2	73,5	9,8	13,3
		TSP22-20	6,2	0,1	1,1	65,8	0,5	0,7
		TSP23-20	6,3	0,0	0,0	66,6	0,5	0,7
		TSP25-20	6,2	0,0	0,0	78,6	10,2	13,0
		TSP26-20	6,1	0,0	0,6	65,4	0,9	1,3
		TSP29-20	5,8	0,1	1,3	65,5	0,0	0,0
		TSP30-20	6,2	0,1	1,1	79,6	10,4	13,1
		TSP31-20	6,1	0,1	1,1	78,6	8,7	11,1
		TSP32-20	6,0	0,0	0,6	66,2	0,1	0,1
	T. aestivum	APACHE	6,3	0,1	1,1	67,8	0,8	1,2
		BALKAN	6,5	0,0	0,6	67,0	0,8	1,2
		POBEDA	6,6	0,1	1,2	66,8	0,5	0,8
		RECITAL	6,2	0,0	0,6	69,7	1,3	1,8
		ESTEVAN	6,5	0,1	1,6	68,1	0,5	0,8

M6. táblázat: Konvencionális búzák β -glükán tartalom értékeinek Fisher LSD vizsgálattal kapott homológ csoportjai (az adott oszlopban csillaggal jelölt minták között nincs szignifikáns különbség, $\alpha=0,05$)

Minta	β -glükán (%)	Homológ csoportok															
BAULANDER-SPELZ	0,59	**															
FRANCKENKORN	0,63	**	**														
MV-MARTONGOLD	0,63	**	**	**													
OBERKULMER-R.	0,66	**	**	**	**												
ESTEVAN	0,66		**	**	**												
ROUQUIN	0,67		**	**	**												
TSP20-20	0,69		**	**	**												
APACHE	0,70			**	**	**											
SCHWABENKORN	0,71			**	**	**											
TSP23-20	0,72				**	**											
MV-VITALGOLD	0,72				**	**	**										
RECITAL	0,73				**	**	**	**									
OSTRO	0,77					**	**	**	**								
BALKAN	0,79						**	**	**	**							
POBEDA	0,80							**	**	**	**						
TSP18-20	0,83								**	**	**	**					
TSP17-20	0,83								**	**	**	**					
TSP25-20	0,84									**	**	**					
TSP22-20	0,86										**	**					
TSP31-20	0,87										**	**					
TSP32-20	0,89											**					
TSP26-20	1,01													**			
TSP30-20	1,02													**			
TSP29-20	1,18														**		

M7. táblázat: Organikus búzák β -glükán tartalom értékeinek Fisher LSD vizsgálattal kapott homológ csoportjai (az adott oszlopban csillaggal jelölt minták között nincs szignifikáns különbség, $\alpha=0,05$)

Minta	β -glükán (%)	Homológ csoportok															
BAULANDER-SPELZ	0,56	**															
ROUQUIN	0,62		**														
MV-MARTONGOLD	0,63		**														
TSP25-20	0,66		**	**													
FRANCKENKORN	0,68			**	**												
SCHWABENKORN	0,70			**	**	**											
OSTRO	0,70			**	**	**	**										
TSP20-20	0,72				**	**	**	**									
TSP23-20	0,74					**	**	**	**								
RECITAL	0,75						**	**	**								
TSP22-20	0,76							**	**	**							
MV-VITALGOLD	0,77								**	**	**						
APACHE	0,78								**	**	**	**					
TSP31-20	0,80									**	**	**					
TSP26-20	0,80										**	**					
OBERKULMER-R.	0,81										**	**					
ESTEVAN	0,81										**	**					
TSP30-20	0,82											**					
TSP18-20	0,87													**			
POBEDA	0,93															**	
BALKAN	0,94															**	
TSP32-20	0,96															**	
TSP17-20	0,98															**	**
TSP29-20	1,01																**

M8. táblázat: Organikus és konvencionális búzák β -glükán tartalom értékeinek Fisher LSD vizsgálattal kapott homológ csoportjai (az adott oszlopban csillaggal jelölt minták között nincs szignifikáns különbség, $\alpha=0,05$)

Termesztés i mód	Minta	β-glükán (%)	Homológ csoportok																									
O	BAULANDER-SPELZ	0,56	**																									
K	BAULANDER-SPELZ	0,59	**	**																								
O	ROUQUIN	0,62		**	**																							
K	FRANCKENKORN	0,63		**	**	**																						
O	MV-MARTONGOLD	0,63		**	**	**	**																					
K	MV-MARTONGOLD	0,63		**	**	**	**																					
K	OBERKULMER-R.	0,66			**	**	**	**																				
K	ESTEVAN	0,66			**	**	**	**																				
O	TSP25-20	0,66			**	**	**	**																				
K	ROUQUIN	0,67			**	**	**	**	**																			
O	FRANCKENKORN	0,68				**	**	**	**	**																		
K	TSP20-20	0,69					**	**	**	**	**																	
O	SCHWABENKORN	0,70					**	**	**	**	**	**																
K	APACHE	0,70					**	**	**	**	**	**																
O	OSTRO	0,70					**	**	**	**	**	**																
K	SCHWABENKORN	0,71					**	**	**	**	**	**	**															
K	TSP23-20	0,72					**	**	**	**	**	**	**	**														
K	MV-VITALGOLD	0,72					**	**	**	**	**	**	**	**														
O	TSP20-20	0,72						**	**	**	**	**	**	**	**													
K	RECITAL	0,73						**	**	**	**	**	**	**	**	**												
O	TSP23-20	0,74						**	**	**	**	**	**	**	**	**												
O	RECITAL	0,75							**	**	**	**	**	**	**	**	**											
O	TSP22-20	0,76								**	**	**	**	**	**	**	**											
K	OSTRO	0,77									**	**	**	**	**	**	**	**										
O	MV-VITALGOLD	0,77										**	**	**	**	**	**	**	**									
O	APACHE	0,78										**	**	**	**	**	**	**	**									
K	BALKAN	0,79											**	**	**	**	**	**	**									
O	TSP31-20	0,80												**	**	**	**	**	**									
O	TSP26-20	0,80													**	**	**	**	**	**								
K	POBEDA	0,80													**	**	**	**	**	**								
O	OBERKULMER-R.	0,81													**	**	**	**	**	**	**							
O	ESTEVAN	0,81													**	**	**	**	**	**								
O	TSP30-20	0,82													**	**	**	**	**	**								
K	TSP18-20	0,83													**	**	**	**	**	**								
K	TSP17-20	0,83													**	**	**	**	**	**								
K	TSP25-20	0,84														**	**	**	**	**								
K	TSP22-20	0,86															**	**	**	**								
O	TSP18-20	0,87																**	**	**	**							
K	TSP31-20	0,87																	**	**	**							
K	TSP32-20	0,89																		**	**							
O	POBEDA	0,93																			**	**	*					
O	BALKAN	0,94																				**	*	*				
O	TSP32-20	0,96																						**	*	*		
O	TSP17-20	0,98																							**	*	*	
K	TSP26-20	1,01																								*	*	
O	TSP29-20	1,01																								*	*	
K	TSP30-20	1,02																								*	*	
K	TSP29-20	1,18																								*	*	

M9. táblázat: Konvencionális búzák TOTAX tartalom értékeinek Fisher LSD vizsgálattal kapott homológ csoportjai (az adott oszlopban csillaggal jelölt minták között nincs szignifikáns különbség, $\alpha=0,05$)

Minta	TOTAX (%)	Homológ csoportok			
FRANCKENKORN	1,87	****			
TSP29-20	1,99	****	****		
TSP32-20	2,07	****	****		
TSP31-20	2,08	****	****	****	
TSP23-20	2,22	****	****	****	
OBERKULMER-R.	2,24	****	****	****	
MV-VITALGOLD	2,38	****	****	****	
TSP18-20	2,40	****	****	****	
MV-MARTONGOLD	2,43	****	****	****	
TSP20-20	2,51	****	****	****	
TSP25-20	2,53		****	****	
TSP26-20	2,55		****	****	
TSP17-20	2,73			****	****
TSP22-20	3,29				****
TSP30-20	3,34				****

M10. táblázat: Organikus búzák TOTAX tartalom értékeinek Fisher LSD vizsgálattal kapott homológ csoportjai (az adott oszlopban csillaggal jelölt minták között nincs szignifikáns különbség, $\alpha=0,05$)

Minta	TOTAX (%)	Homológ csoportok							
TSP31-20	1,84	****							
TSP18-20	2,11	****							
TSP29-20	2,12	****							
FRANCKENKORN	2,14	****							
TSP25-20	2,17	****	****						
MV-MARTONGOLD	2,20	****	****	****					
TSP30-20	2,21	****	****	****					
TSP32-20	2,22	****	****	****					
TSP22-20	2,26	****	****	****	****				
TSP17-20	2,32		****	****	****				
MV-VITALGOLD	2,36			****	****	****			
TSP23-20	2,39				****	****			
OBERKULMER-R.	2,40				****	****			
TSP26-20	2,49					****	****		
TSP20-20	2,61							****	

M11. táblázat: Konvencionális búzák WEAX tartalom értékeinek Fisher LSD vizsgálattal kapott homológ csoportjai (az adott oszlopban csillaggal jelölt minták között nincs szignifikáns különbség, $\alpha=0,05$)

Minta	WEAX (%)	Homológ csoportok							
TSP31-20	0,42	****							
TSP22-20	0,48	****							
TSP29-20	0,50	****							
TSP20-20	0,56		****						
MV-VITALGOLD	0,56		****						
MV-MARTONGOLD	0,56		****						
OBERKULMER-R.	0,57		****	****					
FRANCKENKORN	0,57		****	****					
TSP26-20	0,58		****	****					
TSP32-20	0,59		****	****					
TSP23-20	0,60		****	****					
TSP30-20	0,61			****					
TSP18-20	0,66					****			
TSP25-20	0,73						****		
TSP17-20	1,10							****	

M12. táblázat: Organikus búzák WEAX tartalom értékeinek Fisher LSD vizsgálattal kapott homológ csoportjai (az adott oszlopban csillaggal jelölt minták között nincs szignifikáns különbség, $\alpha=0,05$)

Minta	WEAX (%)	Homológ csoportok							
TSP31-20	0,56	****							
TSP29-20	0,56	****							
FRANCKENKORN	0,59	****							
TSP32-20	0,60	****							
OBERKULMER-R.	0,61		****						
MV-VITALGOLD	0,62		****						
TSP26-20	0,62		****						
MV-MARTONGOLD	0,64			****					
TSP30-20	0,66				****				
TSP18-20	0,67					****			
TSP23-20	0,72						****		
TSP25-20	0,72						****		
TSP22-20	0,72						****		
TSP20-20	0,79							****	
TSP17-20	1,15								****

M13. táblázat: Konvencionális búzák TOT-A/X értékeinek Fisher LSD vizsgálattal kapott homológ csoportjai (az adott oszlopban csillaggal jelölt minták között nincs szignifikáns különbség, $\alpha=0,05$)

Minta	TOT-A/X	Homológ csoportok					
TSP18-20	0,76	****					
TSP17-20	0,76	****					
MV-MARTONGOLD	0,78	****					
OBERKULMER-R.	0,83	****	****				
TSP20-20	0,83	****	****	****			
TSP23-20	0,83	****	****	****			
TSP30-20	0,84	****	****	****			
TSP25-20	0,90	****	****	****	****		
TSP32-20	0,91	****	****	****	****		
TSP26-20	0,91	****	****	****	****		
TSP22-20	0,97		****	****	****		
TSP29-20	1,01			****	****		
MV-VITALGOLD	1,08				****	****	
FRANCKENKORN	1,19						****
TSP31-20	1,20						****

M14. táblázat: Organikus búzák TOT-A/X értékeinek Fisher LSD vizsgálattal kapott homológ csoportjai (az adott oszlopban csillaggal jelölt minták között nincs szignifikáns különbség, $\alpha=0,05$)

Minta	TOT-A/X	Homológ csoportok					
OBERKULMER-R.	0,91	****					
TSP17-20	0,95	****	****				
TSP18-20	0,98	****	****	****			
MV-MARTONGOLD	0,99	****	****	****			
TSP32-20	1,02	****	****	****			
MV-VITALGOLD	1,12		****	****	****		
FRANCKENKORN	1,13		****	****	****		
TSP29-20	1,15			****	****		
TSP23-20	1,17			****	****		
TSP30-20	1,23				****	****	
TSP31-20	1,27				****	****	
TSP25-20	1,29				****	****	
TSP26-20	1,41					****	
TSP22-20	1,42					****	
TSP20-20	2,03						****

M15. táblázat: Konvencionális búzák WE-A/X értékeinek Fisher LSD vizsgálattal kapott homológ csoportjai (az adott oszlopban csillaggal jelölt minták között nincs szignifikáns különbség, $\alpha=0,05$)

Minta	WE-A/X	Homológ csoportok									
TSP17-20	0,62	****									
TSP18-20	0,79	****									
TSP26-20	0,88	****	****								
TSP22-20	0,88	****	****								
TSP20-20	0,91		****	****							
TSP25-20	0,92		****	****	****						
TSP32-20	0,93		****	****	****						
TSP29-20	0,94		****	****	****						
TSP23-20	0,94		****	****	****						
TSP30-20	0,98			****	****						
MV-MARTONGOLD	1,02					****	****				
TSP31-20	1,09						****	****			
OBERKULMER-R.	1,13							****			
MV-VITALGOLD	1,15							****	****		
FRANCKENKORN	1,23								****		

M16. táblázat: Organikus búzák WE-A/X értékeinek Fisher LSD vizsgálattal kapott homológ csoportjai (az adott oszlopban csillaggal jelölt minták között nincs szignifikáns különbség, $\alpha=0,05$)

Minta	WE-A/X	Homológ csoportok									
TSP17-20	0,63	****									
TSP18-20	0,89	****									
TSP22-20	0,91	****	****								
TSP32-20	0,92		****								
TSP23-20	0,96			****							
TSP20-20	0,97			****							
TSP26-20	1,00				****						
TSP25-20	1,01				****						
TSP30-20	1,06					****					
TSP29-20	1,12						****				
MV-MARTONGOLD	1,15							****			
OBERKULMER-R.	1,15							****	****		
TSP31-20	1,17								****	****	
FRANCKENKORN	1,18								****	****	
MV-VITALGOLD	1,20									****	

M17. táblázat: Organikus és konvencionális búzák TOTAX tartalom értékeinek Fisher LSD vizsgálattal kapott homológ csoportjai (az adott oszlopban csillaggal jelölt minták között nincs szignifikáns különbség, $\alpha=0,05$)

Termesztési mód	Minta	TOTAX (%)	Homológ csoportok							
O	TSP31-20	1,84	****							
K	FRANCKENKORN	1,87	****	****						
K	TSP29-20	1,99	****	****	****					
K	TSP32-20	2,07	****	****	****	****				
K	TSP31-20	2,08	****	****	****	****				
O	TSP18-20	2,11	****	****	****	****	****			
O	TSP29-20	2,12	****	****	****	****	****			
O	FRANCKENKORN	2,14	****	****	****	****	****			
O	TSP25-20	2,17	****	****	****	****	****	****		
O	MV-MARTONGOLD	2,20	****	****	****	****	****	****		
O	TSP30-20	2,21	****	****	****	****	****	****		
O	TSP32-20	2,22	****	****	****	****	****	****		
K	TSP23-20	2,22	****	****	****	****	****	****		
K	OBERKULMER-R.	2,24	****	****	****	****	****	****		
O	TSP22-20	2,26	****	****	****	****	****	****		
O	TSP17-20	2,32		****	****	****	****	****	****	
O	MV-VITALGOLD	2,36			****	****	****	****	****	
K	MV-VITALGOLD	2,38			****	****	****	****	****	
O	TSP23-20	2,39			****	****	****	****	****	
K	TSP18-20	2,40			****	****	****	****	****	
O	OBERKULMER-R.	2,40			****	****	****	****	****	
K	MV-MARTONGOLD	2,43			****	****	****	****	****	
O	TSP26-20	2,49				****	****	****	****	
K	TSP20-20	2,51				****	****	****	****	
K	TSP25-20	2,53				****	****	****	****	
K	TSP26-20	2,55					****	****	****	
O	TSP20-20	2,61						****	****	
K	TSP17-20	2,73							****	
K	TSP22-20	3,29								****
K	TSP30-20	3,34								****

M18. táblázat: Organikus és konvencionális búzák WEAX tartalom értékeinek Fisher LSD vizsgálattal kapott homológ csoportjai (az adott oszlopban csillaggal jelölt minták között nincs szignifikáns különbség, $\alpha=0,05$)

Termesztési mód	Minta	WEAX (%)	Homológ csoportok														
K	TSP31-20	0,42	****														
K	TSP22-20	0,48	****														
K	TSP29-20	0,50	****														
K	TSP20-20	0,56		****													
O	TSP31-20	0,56		****													
K	MV-VITALGOLD	0,56		****													
O	TSP29-20	0,56		****													
K	MV-MARTONGOLD	0,56		****	****												
K	OBERKULMER-R.	0,57		****	****	****											
K	FRANCKENKORN	0,57		****	****	****											
K	TSP26-20	0,58		****	****	****											
O	FRANCKENKORN	0,59		****	****	****	****										
K	TSP32-20	0,59			****	****	****	****									
K	TSP23-20	0,60				****	****	****									
O	TSP32-20	0,60				****	****	****									
O	OBERKULMER-R.	0,61					****	****	****								
K	TSP30-20	0,61					****	****	****								
O	MV-VITALGOLD	0,62					****	****	****								
O	TSP26-20	0,62						****	****								
O	MV-MARTONGOLD	0,64							****	****							
O	TSP30-20	0,66							****	****							
K	TSP18-20	0,66							****	****							
O	TSP18-20	0,67								****							
O	TSP23-20	0,72									****						
O	TSP25-20	0,72										****					
O	TSP22-20	0,72											****				
K	TSP25-20	0,73												****			
O	TSP20-20	0,79												****			
K	TSP17-20	1,10													****		
O	TSP17-20	1,15														****	

M19. táblázat: Organikus és konvencionális búzák TOT-A/X értékeinek Fisher LSD vizsgálattal kapott homológ csoportjai (az adott oszlopban csillaggal jelölt minták között nincs szignifikáns különbség, $\alpha=0,05$)

Termesztési mód	Minta	TOT-A/X	Homológ csoportok															
K	TSP18-20	0,76	****															
K	TSP17-20	0,76	****	****														
K	MV-MARTONGOLD	0,78	****	****														
K	OBERKULMER-R.	0,83	****	****	****													
K	TSP20-20	0,83	****	****	****													
K	TSP23-20	0,83	****	****	****													
K	TSP30-20	0,84	****	****	****													
K	TSP25-20	0,90	****	****	****	****												
K	TSP32-20	0,91	****	****	****	****												
O	OBERKULMER-R.	0,91	****	****	****	****												
K	TSP26-20	0,91	****	****	****	****												
O	TSP17-20	0,95		****	****	****	****											
K	TSP22-20	0,97			****	****	****	****										
O	TSP18-20	0,98			****	****	****	****										
O	MV-MARTONGOLD	0,99			****	****	****	****	****									
K	TSP29-20	1,01			****	****	****	****	****	****								
O	TSP32-20	1,02				****	****	****	****	****	****							
K	MV-VITALGOLD	1,08				****	****	****	****	****	****	****						
O	MV-VITALGOLD	1,12					****	****	****	****	****	****	****					
O	FRANCKENKORN	1,13					****	****	****	****	****	****	****					
O	TSP29-20	1,15						****	****	****	****	****	****					
O	TSP23-20	1,17							****	****	****	****	****					
K	FRANCKENKORN	1,19								****	****	****	****					
K	TSP31-20	1,20									****	****	****					
O	TSP30-20	1,23										****	****	****				
O	TSP31-20	1,27											****	****	****			
O	TSP25-20	1,29												****	****	****		
O	TSP26-20	1,41													****	****		
O	TSP22-20	1,42														****		
O	TSP20-20	2,03															****	

M20. táblázat: Organikus és konvencionális búzák WE-A/X értékeinek Fisher LSD vizsgálattal kapott homológ csoportjai (az adott oszlopban csillaggal jelölt minták között nincs szignifikáns különbség, $\alpha=0,05$)

Termesztési mód	Minta	WE-A/X	Homológ csoportok													
K	TSP17-20	0,62	****													
O	TSP17-20	0,63	****													
K	TSP18-20	0,79		****												
K	TSP26-20	0,88			****											
K	TSP22-20	0,88			****											
O	TSP18-20	0,89			****	****										
O	TSP22-20	0,91			****	****	****									
K	TSP20-20	0,91			****	****	****									
O	TSP32-20	0,92			****	****	****									
K	TSP25-20	0,92			****	****	****									
K	TSP32-20	0,93			****	****	****	****								
K	TSP29-20	0,94			****	****	****	****	****							
K	TSP23-20	0,94			****	****	****	****	****							
O	TSP23-20	0,96				****	****	****	****	****						
O	TSP20-20	0,97					****	****	****	****						
K	TSP30-20	0,98					****	****	****	****						
O	TSP26-20	1,00						****	****	****	****					
O	TSP25-20	1,01							****	****	****					
K	MV-MARTONGOLD	1,02								****	****					
O	TSP30-20	1,06									****	****				
K	TSP31-20	1,09										****	****			
O	TSP29-20	1,12											****	****	****	
K	OBERKULMER-R.	1,13											****	****	****	
O	MV-MARTONGOLD	1,15											****	****	****	
K	MV-VITALGOLD	1,15											****	****	****	
O	OBERKULMER-R.	1,15											****	****	****	
O	TSP31-20	1,17												****	****	****
O	FRANCKENKORN	1,18												****	****	****
O	MV-VITALGOLD	1,20													****	****
K	FRANCKENKORN	1,23														****

M21. táblázat: Konvencionális búzák esésszám értékeinek Fisher LSD vizsgálatával kapott homológ csoportjai (az adott oszlopban csillaggal jelölt minták között nincs szignifikáns különbség, $\alpha=0,05$)

Minta	Esésszám (sec)	Homológ csoportok												
OBERKULMER-R.	300,8	****												
FRANCKENKORN	302,5	****												
MV-VITALGOLD	304,8	****	****											
TSP30-20	332,3	****	****	****										
ROUQUIN	336,0		****	****										
TSP22-20	344,8			****										
TSP18-20	345,5			****										
SCHWABENKORN	362,8			****	****									
OSTRO	364,5			****	****									
TSP31-20	381,0				****	****								
MV-MARTONGOLD	387,0				****	****								
BAULANDER-SPELZ	390,3				****	****	****							
TSP25-20	406,0					****	****	****						
BALKAN	420,0						****	****	****					
ESTEVAN	434,5							****	****					
TSP17-20	441,5								****					
TSP29-20	447,8								****	****				
POBEDA	476,3									****	****			
RECITAL	477,3									****	****			
TSP23-20	492,8										****	****		
APACHE	500,5											****	****	
TSP32-20	523,8												****	****
TSP20-20	552,3													****
TSP26-20	577,8													****

M22. táblázat: Organikus búzák esésszám értékeinek Fisher LSD vizsgálattal kapott homológ csoportjai (az adott oszlopban csillaggal jelölt minták között nincs szignifikáns különbség, $\alpha=0,05$)

Minta	Esésszám (sec)	Homológ csoportok											
MV-VITALGOLD	255,0	****											
TSP30-20	301,0		****										
TSP18-20	333,5			****									
OBERKULMER-R.	335,0			****									
TSP31-20	343,0			****									
FRANCKENKORN	354,0			****	****								
BALKAN	382,0				****	****							
TSP29-20	390,0					****	****						
TSP25-20	398,5					****	****						
MV-MARTONGOLD	421,0						****	****					
TSP22-20	431,0							****	****				
TSP23-20	437,0							****	****				
TSP17-20	439,0							****	****				
ESTEVAN	441,0							****	****				
TSP32-20	449,0							****	****				
TSP20-20	460,0								****	****			
POBEDA	490,3									****	****		
APACHE	499,0										****		
TSP26-20	520,5										****		
RECITAL	554,3												****

M23. táblázat: Organikus és konvencionális búzák esésszám értékeinek Fisher LSD vizsgálatlaltal kapott homológ csoportjai (az adott oszlopban csillaggal jelölt minták között nincs szignifikáns különbség, $\alpha=0,05$)

Termesztési mód	Minta	Esésszám (sec)	Homológ csoportok																	
O	MV-VITALGOLD	255,0	**																	
K	OBERKULMER-R.	300,8		**																
O	TSP30-20	301,0		**	**															
K	FRANCKENKORN	302,5		**	**	**														
K	MV-VITALGOLD	304,8		**	**	**	**													
K	TSP30-20	332,3			**	**	**	**	*											
O	TSP18-20	333,5				**	**	**	**	*										
O	OBERKULMER-R.	335,0					**	**	**	*										
K	ROUQUIN	336,0					**	**	**	*										
O	TSP31-20	343,0						**	**	*										
K	TSP22-20	344,8						**	**	*										
K	TSP18-20	345,5						**	**	*										
O	FRANCKENKORN	354,0						**	**	**	*									
K	SCHWABENKORN	362,8						**	**	**	**	*								
K	OSTRO	364,5							**	**	**	*								
K	TSP31-20	381,0							**	**	**	*								
O	BALKAN	382,0							**	**	**	*								
K	MV-MARTONGOLD	387,0								**	**	*								
O	TSP29-20	390,0								**	**	**	*							
K	BAULANDER-SPELZ	390,3								**	**	**	*							
O	TSP25-20	398,5									**	**	*							
K	TSP25-20	406,0									**	**	**	*						
K	BALKAN	420,0									**	**	**	*						
O	MV-MARTONGOLD	421,0									**	**	**	*						
O	TSP22-20	431,0										**	**	**	*					
K	ESTEVAN	434,5										**	**	**	*					
O	TSP23-20	437,0										**	**	**	*					
O	TSP17-20	439,0										**	**	*						
O	ESTEVAN	441,0										**	**	*						
K	TSP17-20	441,5										**	**	*						
K	TSP29-20	447,8										**	**	**	*					
O	TSP32-20	449,0										**	**	**	*					
O	TSP20-20	460,0											**	**	**	*				
K	POBEDA	476,3												**	**	**	*			
K	RECITAL	477,3												**	**	**	*			
O	POBEDA	490,3													**	**	**	*		
K	TSP23-20	492,8													**	**	**	*		
O	APACHE	499,0													**	**	**	*		
K	APACHE	500,5													**	**	**	*		
O	TSP26-20	520,5														**	**	*		
K	TSP32-20	523,8															**	**	*	
K	TSP20-20	552,3																**	**	*
O	RECITAL	554,3																**	**	*
K	TSP26-20	577,8																	**	*

M24. táblázat: Konvencionális búzák csúcsviszkozitás értékeinek Fisher LSD vizsgálatával kapott homológ csoportjai (az adott oszlopban csillaggal jelölt minták között nincs szignifikáns különbség, $\alpha=0,05$)

Minta	Csúcsviszkozítás (cP)	Homológ csoportok												
ROUQUIN	2063,3	****												
OSTRO	2138,0	****	****											
MV-VITALGOLD	2161,7		****											
TSP29-20	2212,7		****											
RECITAL	2440,3			****										
SCHWABENKORN	2521,3			****	****									
TSP32-20	2536,0				****									
TSP20-20	2537,0				****									
OBERKULMER-R.	2544,7				****									
BAULANDER-SPELZ	2636,7					****								
TSP22-20	2732,3					****								
TSP30-20	2742,0					****								
TSP18-20	2762,0					****								
TSP26-20	2886,7						****							
MV-MARTONGOLD	2900,0						****							
BALKAN	3018,7							****						
TSP25-20	3099,7							****	****					
APACHE	3123,3								****	****				
TSP17-20	3147,3								****	****				
TSP31-20	3203,7									****	****			
ESTEVAN	3236,3											****	****	
TSP23-20	3252,3											****	****	
FRANCKENKORN	3309,0												****	****
POBEDA	3387,3													****

M25. táblázat: Organikus búzák csúcsviszkózitás értékeinek Fisher LSD vizsgálattal kapott homológ csoportjai (az adott oszlopban csillaggal jelölt minták között nincs szignifikáns különbség, $\alpha=0,05$)

Minta	Csúcsviszkózitás (cP)	Homológ csoportok									
MV-VITALGOLD	1597,3	****									
TSP29-20	2055,7	****									
OBERKULMER-R.	2140,3	****									
TSP20-20	2319,3		****								
TSP18-20	2521,0			****							
TSP32-20	2531,7			****							
TSP22-20	2558,3			****							
TSP26-20	2595,7			****							
BALKAN	2686,0				****						
RECITAL	2706,0				****						
MV-MARTONGOLD	2717,0				****						
TSP30-20	2752,3				****						
APACHE	2943,0					****					
TSP25-20	2980,7					****	****				
TSP23-20	3047,7						****				
FRANCKENKORN	3183,0							****			
TSP31-20	3199,0							****			
ESTEVAN	3251,3							****			
TSP17-20	3378,3								****		
POBEDA	3461,0								****		

M26. táblázat: Konvencionális búzák forró tészta viszkozitás értékeinek Fisher LSD vizsgálatból kapott homológ csoportjai (az adott oszlopban csillaggal jelölt minták között nincs szignifikáns különbség, $\alpha=0,05$)

Minta	Forró tészta viszkozitás (cP)	Homológ csoportok											
TSP29-20	1231,7	****											
MV-VITALGOLD	1237,7	****											
ROUQUIN	1271,3	****											
TSP32-20	1538,7	****											
OBERKULMER-R.	1597,7	****											
TSP30-20	1597,7	****											
OSTRO	1608,3	****											
TSP18-20	1723,7		****										
TSP20-20	1729,7		****										
SCHWABENKORN	1732,7		****										
TSP22-20	1742,3		****										
RECITAL	1762,3		****	****									
TSP31-20	1801,7		****	****									
MV-MARTONGOLD	1844,0			****	****								
TSP26-20	1847,3			****	****								
TSP25-20	1896,0				****	****							
FRANCKENKORN	1975,7					****	****						
BAULANDER-SPELZ	2020,3						****	****					
BALKAN	2083,7							****	****				
TSP23-20	2145,7								****	****			
TSP17-20	2149,3								****	****	****		
ESTEVAN	2187,7									****	****		
APACHE	2243,3											****	
POBEDA	2477,7												****

M27. táblázat: Organikus búzák forró tészta viszkozitás értékeinek Fisher LSD vizsgálattal kapott homológ csoportjai (az adott oszlopban csillaggal jelölt minták között nincs szignifikáns különbség, $\alpha=0,05$)

Minta	Forró tészta viszkozitás (cP)	Homológ csoportok									
MV-VITALGOLD	704,0	****									
TSP29-20	1183,3	****									
OBERKULMER-R.	1201,7	****									
TSP30-20	1611,0		****								
TSP22-20	1612,3		****								
TSP32-20	1612,3		****								
TSP18-20	1644,3		****	****							
TSP26-20	1653,7		****	****							
BALKAN	1710,0			****	****						
TSP20-20	1728,0			****	****						
MV-MARTONGOLD	1775,3				****	****					
TSP31-20	1836,7					****					
FRANCKENKORN	1866,0					****					
TSP23-20	2031,0						****				
TSP25-20	2040,0						****				
APACHE	2295,3							****			
RECITAL	2296,7							****			
TSP17-20	2486,3								****		
ESTEVAN	2591,0										****
POBEDA	2645,0										****

M28. táblázat: Konvencionális búzák végső viszkozitás értékeinek Fisher LSD vizsgálattal kapott homológ csoportjai (az adott oszlopban csillaggal jelölt minták között nincs szignifikáns különbség, $\alpha=0,05$)

Minta	Végső viszkozitás (cP)	Homológ csoportok															
MV-VITALGOLD	2272,7	***															
ROUQUIN	2325,7	***	***														
TSP29-20	2380,7		***														
OSTRO	2640,0			***													
TSP30-20	2732,7				***												
OBERKULMER-R.	2840,7					***											
TSP32-20	2902,7					***	***										
TSP18-20	2963,0						***										
TSP22-20	3092,7							***									
TSP20-20	3131,3								***								
MV-MARTONGOLD	3141,7								***								
TSP31-20	3143,0								***								
SCHWABENKORN	3161,0								***	***							
TSP25-20	3247,0								***	***							
BAULANDER-SPELZ	3263,7									***	***						
BALKAN	3326,3									***	***	***					
RECITAL	3346,0										***	***					
TSP26-20	3355,3											***					
FRANCKENKORN	3357,7												***				
ESTEVAN	3590,0													***			
TSP17-20	3595,7													***			
TSP23-20	3701,0														***		
POBEDA	3797,3															***	
APACHE	3966,7																***

M29. táblázat: Organikus búzák végső viszkozitás értékeinek Fisher LSD vizsgálattal kapott homológ csoportjai (az adott oszlopban csillaggal jelölt minták között nincs szignifikáns különbség, $\alpha=0,05$)

Minta	Végső viszkozitás (cP)	Homológ csoportok															
MV-VITALGOLD	1586,7	***															
OBERKULMER-R.	2316,0		***														
TSP29-20	2369,7			***													
TSP30-20	2912,0				***												
TSP18-20	2923,0				***	***											
BALKAN	2969,3					***											
TSP32-20	3021,0					***											
TSP22-20	3068,3					***	***										
TSP20-20	3101,3						***	***									
TSP26-20	3125,3							***									
MV-MARTONGOLD	3187,3								***								
TSP31-20	3239,3									***							
FRANCKENKORN	3355,0										***						
TSP23-20	3552,0											***					
TSP25-20	3692,0												***				
APACHE	3857,3													***			
RECITAL	3857,7														***		
POBEDA	3960,7															***	
ESTEVAN	3973,7															***	
TSP17-20	4064,7																***

M30. táblázat: Konvencionális búzák csirizesedési hőmérséklet értékeinek Fisher LSD vizsgálattal kapott homológ csoportjai (az adott oszlopban csillaggal jelölt minták között nincs szignifikáns különbség, $\alpha=0,05$)

Minta	Csirizesedési hőmérséklet (°C)	Homológ csoportok									
TSP26-20	65,37	****									
TSP29-20	65,48	****	****								
TSP22-20	65,75	****	****	****							
TSP32-20	66,23	****	****	****							
TSP23-20	66,55	****	****	****	****						
POBEDA	66,75	****	****	****	****	****					
BALKAN	66,98	****	****	****	****	****					
APACHE	67,75	****	****	****	****	****	****				
ESTEVAN	68,08	****	****	****	****	****	****	****			
RECITAL	69,67	****	****	****	****	****	****	****	****		
MV-MARTONGOLD	73,43	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
TSP20-20	73,47	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
TSP18-20	74,32	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
SCHWABENKORN	75,03	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
TSP17-20	78,52		****	****	****	****	****	****	****	****	****
TSP25-20	78,57			****	****	****	****	****	****	****	****
TSP31-20	78,62			****	****	****	****	****	****	****	****
MV-VITALGOLD	79,33				****	****	****	****	****	****	****
TSP30-20	79,62					****	****	****	****	****	****
FRANCKENKORN	80,22						****	****	****	****	****
ROUQUIN	80,93							****	****	****	****
OBERKULMER-R.	81,02							****	****	****	****
BAULANDER-SPELZ	82,63								****	****	****
OSTRO	86,40										****

M31. táblázat: Organikus búzák csirizedési hőmérséklet értékeinek Fisher LSD vizsgálattal kapott homológ csoportjai (az adott oszlopban csillaggal jelölt minták között nincs szignifikáns különbség, $\alpha=0,05$)

Minta	Csirizedési hőmérséklet (°C)	Homológ csoportok			
TSP22-20	65,63	****			
TSP26-20	65,67	****			
TSP29-20	65,72	****			
TSP32-20	66,17	****			
POBEDA	66,97	****	****		
BALKAN	68,03	****	****		
RECITAL	68,82	****	****		
APACHE	68,88	****	****		
ESTEVAN	69,48	****	****		
TSP23-20	72,63	****			
OBERKULMER-R.	78,80		****		
MV-VITALGOLD	83,37		****	****	
TSP31-20	85,25			****	
TSP25-20	86,12			****	
MV-MARTONGOLD	86,37			****	
FRANCKENKORN	86,37			****	
TSP30-20	86,85			****	
TSP20-20	87,18			****	
TSP18-20	87,20			****	
TSP17-20	87,75			****	

M32. táblázat: Organikus és konvencionális búzák csúcsviszkozitás értékeinek Fisher LSD vizsgálattal kapott homológ csoportjai (az adott oszlopban csillaggal jelölt minták között nincs szignifikáns különbség, $\alpha=0,05$)

Termesztési mód	Minta	Csúcsviszkozítás (cP)	Homológ csoportok																	
O	MV-VITALGOLD	1597,3	**																	
O	TSP29-20	2055,7	**																	
K	ROUQUIN	2063,3	**																	
K	OSTRO	2138,0	**	**																
O	OBERKULMER-R.	2140,3	**	**																
K	MV-VITALGOLD	2161,7		**																
K	TSP29-20	2212,7		**																
O	TSP20-20	2319,3			**															
K	RECITAL	2440,3				**														
O	TSP18-20	2521,0				**	**													
K	SCHWABENKORN	2521,3				**	**													
O	TSP32-20	2531,7					**													
K	TSP32-20	2536,0					**													
K	TSP20-20	2537,0					**													
K	OBERKULMER-R.	2544,7					**													
O	TSP22-20	2558,3					**	**												
O	TSP26-20	2595,7					**	**												
K	BAULANDER-SPELZ	2636,7						**	**											
O	BALKAN	2686,0							**	**										
O	RECITAL	2706,0							**	**										
O	MV-MARTONGOLD	2717,0							**	**										
K	TSP22-20	2732,3								**										
K	TSP30-20	2742,0								**										
O	TSP30-20	2752,3								**										
K	TSP18-20	2762,0								**										
K	TSP26-20	2886,7								**										
K	MV-MARTONGOLD	2900,0								**	**									
O	APACHE	2943,0								**	**	**								
O	TSP25-20	2980,7								**	**	**								
K	BALKAN	3018,7									**	**	**							
O	TSP23-20	3047,7										**	**	**						
K	TSP25-20	3099,7											**	**	**					
K	APACHE	3123,3												**	**	**				
K	TSP17-20	3147,3													**	**				
O	FRANCKENKORN	3183,0													**	**	**			
O	TSP31-20	3199,0														**	**			
K	TSP31-20	3203,7														**	**			
K	ESTEVAN	3236,3														**	**			
O	ESTEVAN	3251,3														**	**			
K	TSP23-20	3252,3														**	**			
K	FRANCKENKORN	3309,0															**	**		
O	TSP17-20	3378,3																**	**	
K	POBEDA	3387,3																**	**	
O	POBEDA	3461,0																	**	

M33. táblázat: Organikus és konvencionális búzák forró tészta viszkozitás értékeinek Fisher LSD vizsgálattal kapott homológ csoportjai (az adott oszlopban csillaggal jelölt minták között nincs szignifikáns különbség, $\alpha=0,05$)

Termesztési mód	Minta	Forró tészta viszkozitás (cP)	Homológ csoportok																	
O	MV-VITALGOLD	704,0	**																	
O	TSP29-20	1183,3	**																	
O	OBERKULMER-R.	1201,7	**																	
K	TSP29-20	1231,7	**																	
K	MV-VITALGOLD	1237,7	**																	
K	ROUQUIN	1271,3	**																	
K	TSP32-20	1538,7		**																
K	OBERKULMER-R.	1597,7		**	**															
K	TSP30-20	1597,7		**	**															
K	OSTRO	1608,3		**	**															
O	TSP30-20	1611,0		**	**															
O	TSP22-20	1612,3		**	**															
O	TSP32-20	1612,3		**	**															
O	TSP18-20	1644,3			**	**														
O	TSP26-20	1653,7			**	**	**													
O	BALKAN	1710,0				**	**	**												
K	TSP18-20	1723,7				**	**	**												
O	TSP20-20	1728,0				**	**	**												
K	TSP20-20	1729,7				**	**	**												
K	SCHWABENKORN	1732,7				**	**	**												
K	TSP22-20	1742,3				**	**													
K	RECITAL	1762,3					**	**												
O	MV-MARTONGOLD	1775,3					**	**	**											
K	TSP31-20	1801,7					**	**	**											
O	TSP31-20	1836,7					**	**	**											
K	MV-MARTONGOLD	1844,0					**	**	**											
K	TSP26-20	1847,3					**	**	**											
O	FRANCKENKORN	1866,0					**	**												
K	TSP25-20	1896,0					**	**												
K	FRANCKENKORN	1975,7						**	**											
K	BAULANDER-SPELZ	2020,3						**	**											
O	TSP23-20	2031,0						**	**											
O	TSP25-20	2040,0						**	**											
K	BALKAN	2083,7						**	**											
K	TSP23-20	2145,7						**	**											
K	TSP17-20	2149,3						**	**	**										
K	ESTEVAN	2187,7						**	**	**										
K	APACHE	2243,3							**	**										
O	APACHE	2295,3								**										
O	RECITAL	2296,7								**										
K	POBEDA	2477,7									**									
O	TSP17-20	2486,3										**								
O	ESTEVAN	2591,0											**							
O	POBEDA	2645,0												**						

M34. táblázat: Organikus és konvencionális búzák végső viszkozitás értékeinek Fisher LSD vizsgálattal kapott homológ csoportjai (az adott oszlopban csillaggal jelölt minták között nincs szignifikáns különbség, $\alpha=0,05$)

Termesztési mód	Minta	Végső viszkozitás (cP)	Homológ csoportok																	
O	MV-VITALGOLD	1586,7	**																	
K	MV-VITALGOLD	2272,7	**																	
O	OBERKULMER-R.	2316,0	**	**																
K	ROUQUIN	2325,7	**	**																
O	TSP29-20	2369,7			**															
K	TSP29-20	2380,7			**															
K	OSTRO	2640,0				**														
K	TSP30-20	2732,7					**													
K	OBERKULMER-R.	2840,7						**												
K	TSP32-20	2902,7						**	**											
O	TSP30-20	2912,0						**	**											
O	TSP18-20	2923,0							**											
K	TSP18-20	2963,0						**	**											
O	BALKAN	2969,3						**	**											
O	TSP32-20	3021,0							**	**										
O	TSP22-20	3068,3								**	**									
K	TSP22-20	3092,7									**	**								
O	TSP20-20	3101,3									**	**								
O	TSP26-20	3125,3									**	**	**							
K	TSP20-20	3131,3									**	**	**							
K	MV-MARTONGOLD	3141,7									**	**								
K	TSP31-20	3143,0									**	**								
K	SCHWABENKORN	3161,0									**	**								
O	MV-MARTONGOLD	3187,3										**	**							
O	TSP31-20	3239,3										**	**							
K	TSP25-20	3247,0										**	**							
K	BAULANDER-SPELZ	3263,7											**	**						
K	BALKAN	3326,3												**	**					
K	RECITAL	3346,0													**					
O	FRANCKENKORN	3355,0													**					
K	TSP26-20	3355,3													**					
K	FRANCKENKORN	3357,7													**					
O	TSP23-20	3552,0														**				
K	ESTEVAN	3590,0														**				
K	TSP17-20	3595,7														**				
O	TSP25-20	3692,0															**			
K	TSP23-20	3701,0															**			
K	POBEDA	3797,3																**		
O	APACHE	3857,3																**		
O	RECITAL	3857,7																**		
O	POBEDA	3960,7																	**	
K	APACHE	3966,7																	**	
O	ESTEVAN	3973,7																	**	
O	TSP17-20	4064,7																		**

M35. táblázat: Organikus és konvencionális búzák csirizedési hőmérséklet értékeinek Fisher LSD vizsgálattal kapott homológ csoportjai (az adott oszlopban csillaggal jelölt minták között nincs szignifikáns különbség, $\alpha=0,05$)

Termesztési mód	Minta	Csirizedési hőmérséklet (°C)	Homológ csoportok									
K	TSP26-20	65,37	**									
K	TSP29-20	65,48	**									
O	TSP22-20	65,63	**									
O	TSP26-20	65,67	**									
O	TSP29-20	65,72	**									
K	TSP22-20	65,75	**									
O	TSP32-20	66,17	**									
K	TSP32-20	66,23	**									
K	TSP23-20	66,55	**									
K	POBEDA	66,75	**									
O	POBEDA	66,97	**									
K	BALKAN	66,98	**									
K	APACHE	67,75	**									
O	BALKAN	68,03	**									
K	ESTEVAN	68,08	**									
O	RECITAL	68,82	**	**								
O	APACHE	68,88	**	**								
O	ESTEVAN	69,48	**	**	**							
K	RECITAL	69,67	**	**	**							
O	TSP23-20	72,63	**	**	**	**						
K	MV-MARTONGOLD	73,43	**	**	**	**	**					
K	TSP20-20	73,47	**	**	**	**	**	**				
K	TSP18-20	74,32	**	**	**	**	**	**				
K	SCHWABENKORN	75,03	**	**	**	**	**	**	**			
K	TSP17-20	78,52		**	**	**	**	**	**	**		
K	TSP25-20	78,57		**	**	**	**	**	**	**	**	
K	TSP31-20	78,62		**	**	**	**	**	**	**	**	
O	OBERKULMER-R.	78,80		**	**	**	**	**	**	**	**	
K	MV-VITALGOLD	79,33			**	**	**	**	**	**	**	
K	TSP30-20	79,62			**	**	**	**	**	**	**	
K	FRANCKENKORN	80,22				**	**	**	**	**	**	
K	ROUQUIN	80,93				**	**	**	**	**	**	
K	OBERKULMER-R.	81,02				**	**	**	**	**	**	
K	BAULANDER-SPELZ	82,63				**	**	**	**	**	**	
O	MV-VITALGOLD	83,37					**	**	**	**	**	
O	TSP31-20	85,25						**	**	**	**	
O	TSP25-20	86,12									**	
O	MV-MARTONGOLD	86,37									**	
O	FRANCKENKORN	86,37									**	
K	OSTRO	86,40									**	
O	TSP30-20	86,85									**	
O	TSP20-20	87,18									**	
O	TSP18-20	87,20									**	
O	TSP17-20	87,75									**	