

**TÖMÖSKÖZI Sándor<sup>1</sup>, KORMOSNÉ BUGYI Zsuzsanna<sup>1</sup>, NÉMETH Renáta<sup>1</sup>,  
SCHALL Eszter<sup>1</sup>, FARKAS Alexandra<sup>1</sup>, JAKSICS Edina<sup>1</sup>,  
JUHÁSNÉ SZENTMIKLÓSSY Marietta<sup>1</sup>, MUSKOVICS Gabriella<sup>1</sup>**

DOI: <https://doi.org/10.52091/EVIK-2022/4-3-HUN>

Érkezett: 2022. október – Elfogadva: 2022. november

## *A gabonatudományi és növényi fehérje kutatások közelmúltja, jelene és remélt jövője*

**Kulcsszavak:** gabona, fehérje, mikromalom, búzaminősítés, glutén, gabonaminőség, FODMAP, Pannonbúza-minőségi kritériumok

### **1. ÖSSZEFOGLALÁS**

A címben jelzett tudományterületek a jelenlegi tanszék és jogelőd intézményeinek évszázados, az adott kor színvonalához, elvárásaihoz, lehetőségeihez illeszkedő kutatás-fejlesztési tevékenységeket jelentenek. Ennek összefoglalása néhány oldal terjedelemben természetesen lehetetlen. Egyes területek érintőleges vagy részletesebb leírása a tanszék tudományos tevékenységének áttekintésére összeállított jelen lapszám más fejezeteiben (pl. Salgó András és Békés Ferenc, Bugyi Zsuzsanna és mtsai., Schall Eszter és mtsai. cikkeiben) illetve a tanszék élelmiszertudományi tevékenységét bemutató összegző cikkben [1] megtalálható. Jelenlegi írásunkban olyan kutatási irányok és eredmények rövid áttekintésére teszünk kísérletet, melyek az 1990-es évektől napjainkig meghatározó szerepet játszanak a tanszék és ezen belül a Gabonatudományi és Élelmiszermínőség kutatócsoport tevékenységében, illetve kutatási profiljának alakulásában, alakításában.

A rendszerváltást követő évek mindannyiunk életében meghatározóak voltak. Az oktatás és a tudomány művelésének feltételei folyamatosan és jelentősen változtak, az átmeneti időszakban inkább romlottak. Sokakban megfogalmazódott a kérdés, hogy lehet-e, érdemes-e a régi, hagyományos területek művelését folytatni, vagy élve a rendkívül lassan, de folyamatosan kinyíló hazai és főleg nemzetközi kapcsolatépítési, majd később pályázati, finanszírozási lehetőségekkel, nyissunk, modernizáljunk, keressünk új utakat. A fejlődés, a fejlesztés, az új iránti nyitottság alap kell, hogy legyen egy oktató-kutató számára. Azonban a tudás, a tapasztalat, a jártasság megszerzése időigényes ugyanúgy, mint régi vagy új területek műveléséhez szükséges feltételrendszer megteremtése és fenntartása.

<sup>1</sup> Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar, Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudományi Tanszék, Gabonatudományi és Élelmiszermínőség Kutatócsoport

**TÖMÖSKÖZI Sándor**

**KORMOSNÉ BUGYI Zsuzsanna**

**NÉMETH Renáta**

**SCHALL Eszter**

**FARKAS Alexandra**

**JAKSICS Edina**

**JUHÁSNÉ**

**SZENTMIKLÓSSY Marietta**

**MUSKOVICS Gabriella**

[tomoskozi.sandor@vbk.bme.hu](mailto:tomoskozi.sandor@vbk.bme.hu)

[bugyi.zsuzsanna@vbk.bme.hu](mailto:bugyi.zsuzsanna@vbk.bme.hu)

[nemeth.renata@vbk.bme.hu](mailto:nemeth.renata@vbk.bme.hu)

[schall.eszter@vbk.bme.hu](mailto:schall.eszter@vbk.bme.hu)

[farkas.alexandra@vbk.bme.hu](mailto:farkas.alexandra@vbk.bme.hu)

[jaksics.edina@vbk.bme.hu](mailto:jaksics.edina@vbk.bme.hu)

[szentmiklossy.marietta@vbk.bme.hu](mailto:szentmiklossy.marietta@vbk.bme.hu)

[gabriella.muskovics@edu.bme.hu](mailto:gabriella.muskovics@edu.bme.hu)

<https://orcid.org/0000-0002-3444-8423>

<https://orcid.org/0000-0003-4040-087X>

<https://orcid.org/0000-0003-3064-5056>

<https://orcid.org/0000-0003-1660-8195>

<https://orcid.org/0000-0003-4118-1760>

<https://orcid.org/0000-0001-6128-2302>

<https://orcid.org/0000-0002-1306-3444>

<http://orcid.org/0000-0002-3528-8396>

Ebben a bizonytalanak nevezhető működési mátrixban döntöttünk úgy a 90-es évek közepén, hogy úgy indulunk el az új területek (élelmiszeranalitika modernizálása, automatikus és gyorsvizsgálati módszerek, élelmiszerbiztonság) felé, hogy közben igyekszünk megtartani és erősíteni az elődeink munkájának köszönhetően hazai és nemzetközi elismertséget kivívó hagyományos területek (mint pl. a gabonatumányi és növényi fehérjékkel kapcsolatos kutatások, analitikai módszer és műszerfejlesztések) művelését is [1]. Az alábbiakban a gabonaminősítés és az azokhoz kapcsolódó, jellemzően kis anyagmennyiségek vizsgálatát lehetővé tevő módszer- és műszerfejlesztésekről, a kis- és álgabonák minősítésével és felhasználási lehetőségeinek javításával kapcsolatos kutatásokról, valamint -részben az előző témához is kapcsolódva- az élelmiszerbiztonság növelését szolgáló analitikai és termékfejlesztési eredményekről adunk rövid összefoglalást.

## 2. Kis mennyiségű minták vizsgálatára alkalmas gabonaminősítő műszerek és módszerek fejlesztése

A gabonaminőség fogalma és tartalma gyakorlatilag a 20. század elejéig elsősorban a termesztési mutatók alakulására, esetleg tisztaságra és a termésből készült élelmiszerek minőségének érzékszervi megítélésére korlátozódott. A malmászat, majd később a sütőipar közép-, majd nagyüzemi méretűvé válásával a minőség, ezen belül is elsősorban a búzaminőség kritikus kérdéssé vált [2]. A 19. század végén, 20. század elején megindultak a technológiai fejlesztéseket elősegítő, majd a technológiai minőség befolyásolását célzó, illetve az összetétel és minőség közötti összefüggéseket vizsgáló kutatások. A terület fejlődésében kulcskérdéssé vált a technológiai minőség (malmi viselkedés, őrleményekből készült tészták reológiai tulajdonságai stb.) meghatározására alkalmas, objektív eredményt szolgáltató módszerek és műszerek (pl. sikértartalom, sikérerősség, dagasztási tulajdonságok meghatározása) kialakítása, melyben a magyar kutatók a kezdetektől világviszonylatban is úttörő szerepet játszottak [3].

A 20. század utolsó negyedére világossá vált, hogy az összetétel és a minőség kapcsolatának vizsgálatához, az egyedi reológiai, vagy összetett végtermék minőséget befolyásoló tényezők megértéséhez nem elegendő az „analitikai szemlélet” alkalmazása, vagyis a makro- (pl. fehérje vagy sikértartalom) és a mikro-összetétel (pl. aminosav vagy fehérjék alegységösszetételének, méreteloszlásának) ismerete. Az egyedi fehérjemolekulák tulajdonságainak meghatározása jelentette a következő lépést mind a minőség megértésében, mind pedig annak javításában. Az egyedi fehérjemolekulák, csoportok hagyományosabb szeparációs módszerekkel is előállíthatók, ám a múlt század utolsó évtizedeinek biotechnológiai fejlődése lehetővé tette a molekuláris biológiai módszerek alkalmazását, egyedi sikerfehérjék expresszálasát is [4, 5].

A fehérje és általában a makromolekulák egyedi szerepének vizsgálati lehetősége új igényt is teremtett olyan módszerek és mérőeszközök fejlesztése iránt, melyek alkalmasak kis mennyiségű minták komplex reológiai és végtermékminőségének tanulmányozására. Nem sokkal később a mikromódszerek iránti igény megjelent a hagyományos, vagy biotechnológiai módszereket alkalmazó nemesítési (pl. minősítés lehetősége a nemesítés korábbi fázisaiban), majd a különböző célú kutatás-fejlesztési (pl. makromolekulák szerepének, adalékanyagok vagy kezelések hatásának vizsgálata) területeken és részben a rutinanalitikában is.

Elsőként a meghatározóan amerikai és ausztrál területeken szabványosított, tús keverőelemeket tartalmazó dagasztócsészével működő Mixograph 2 g-os változata készült el [6], melyet forradalmian új kutatási eszközként sikerrel alkalmaztak többek között expresszált fehérjék szerepének azonosítására [5, 7], inkorporációs kísérletekben [8], vagy éppen nemesítési vonalak tesztelésénél [9]. A mikromódszerek alkalmazási sikereinek hatására, illetve ezekkel párhuzamosan a normál dagasztási tulajdonságok mellett megjelentek más paraméterek (pl. egydimenziós nyújthatóság [8,10], többdimenziós extenzibilitás [11], intenzív dagasztás [12]) vizsgálatára is alkalmas mérőberendezések és módszerek is. Erre a folyamatra tekinthetünk úgy, hogy a kis mintaigényű vizsgálati technikák ebben az időszakban bizonyították létjogosultságukat és egyre szélesebb körben elfogadottá váltak [13,14].

Ehhez a fantasztikusan izgalmas területhez szinte már a kezdetektől sikerült tanszékünk munkatársainak kapcsolódnunk. A 2 g-os Mixograph alkalmazásának sikere ellenére az ausztrál fejlesztők és a módszert alkalmazó nemzetközi kutatók számára is szükségessé vált a továbblépés. Kétségtelen szakmai tény, hogy a tús és a Z-karos (farinográfus, illetve valorigráfus) dagasztás fizikai-kémiai hatásai részben eltérőek [15, 16]. Másrészt vitathatatlan, hogy a szabványos Z-karos keverőkön alapuló minősítési módszerek használata – beleértve az mono- és biaxiális extenzibilitási vizsgálatok mintaelőkészítését is – lényegesen gyakoribb, elterjedtebb, mint a mixográfus módszereké [17, 18]. Ezért felmerült a lehetősége annak, hogy az ausztrál CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation) intézetnél és partnereinél, az akkorra már a mikroextenzográfus [8,19] és mikrosütési [20] eljárásokra is kiterjedő műszer- és módszerfejlesztést a valorigráfus mérés technikában jártas magyar szakemberekkel közösen folytassuk.

A közös munkához szükséges forrás egy részét a Magyarországon elnyert, akkor jelentős összegűnek mondható OMFB (Országos Műszaki Fejlesztési Bizottság) pályázati támogatás biztosította. Az együttműködésben a CSIRO és a BME munkatársai mellett magyar részről a Metefém Szövetkezet és a Lab-Intern Kft., ausztrál oldalról a gyors viszkoanalizátorok (RVA) fejlesztője és gyártója, a Newport Scientific Pty Ltd. munkatársai vettek részt. A konzorciális munka jelentősebb része a munkanéven csak „mikro-valorigráfnak” nevezett, 4 g liszt dagasztási tulajdonságainak meghatározására alkalmas mikro-Z-karú dagasztó (micro Z-arm mixer) hardverének, szoftverének és a kapcsolódó mérési módszerek kidolgozására irányult. Ugyanakkor a kis anyagmennyiség vizsgálati lehetőségét, főleg a nemesítés területén csak akkor tudjuk kihasználni, ha megfelelő mintaelőkészítési (őrlési és szeparálási) eljárással is rendelkezünk. Ezért magyar részről a pályázat egy olyan mikromalom és szitagép kialakítását is tartalmazta, mely alkalmas akár szemenkénti őrlés kivitelezésére is.

A tudományos cikkek általában a műszerfejlesztés részleteit, lépéseit nem tartalmazzák. Ennek alighanem részben kereskedelmi, esetleg szellemi tulajdonvédelmi okai is lehetnek, illetve a kutatók és a kutatási munkát értékelő rendszerek ilyen fejlesztéseket ritkán kezelnek a helyükön. A gabonatudományi kutatásokban is - mint mindenütt másutt - a mérőeszközök használatával kapott eredményeknek van igazán tudományos értéke, és ma már szó esik a módszerek alkalmazásának megbízhatóságáról, validálásáról, teljesítményjellemzőiről is. Természetesen itt most mi sem térünk ki a technikai részletkérdésekre. Azt azonban szeretnénk kiemelni, hogy nagyon hosszú út és kemény munka vezet a gondolat megszületésétől a megvalósulásig. Rengeteg fejtörés, konzultáció, laboratóriumi kísérlet szükséges a megfelelő méretarányok kitalálásához, hosszadalmas tervező és gépészeti munka szükséges a kisméretű alkatrészek elkészítéséhez, a meghajtomű miniatürizálásához, a termosztálás vagy az akkor újdonságnak számító automatikus vízadagolás megoldásához, az analitikai jel feldolgozásának megoldásához, a vezérlő és értékelő szoftver létrehozásához, majd a prototípus elkészítésétől a sorozatgyártás feltételeinek megteremtéséhez. Ezt az utat valamennyi műszerfejlesztésnél végig jártuk, de közülük a tanulási folyamat miatt értelemszerűen a mikro-Z karos dagasztóegység fejlesztéséhez vezető út volt a legrögösebb. Kemény, de - főleg utólag - hihetetlenül izgalmas, hasznos tudás- és tapasztalatszerzést jelentett az a több mint 5 év, mely alatt a gondolatból megszülettek az első, részben hazai közreműködéssel készült működőképes mikroberendezések prototípusai. A cikkekben nevesített munkatársak mellett szoftver- és hardverfejlesztő kollégák, a kísérleti munkában és a tesztelésben számos hallgatónk vett részt, akiket szintén hatalmas köszönet illet. A mikrovalorigráf és mikromalom fejlesztésének, ha szakmai szempontból nem is legjelentősebb, de mindenképpen szimbolikus mérföldköve a 2001. április 21-28. között rendezett Hannoveri Ipari Vásár, ahol először sikerült a nemzetközi nagyközönségnek is bemutatni a működőképes berendezéseket (**1. ábra**).



1. ábra. A mikromalom és mikrovalorigráf prototípusainak bemutatása a Hannoveri Ipari Vásáron 2001-ben

Visszatérve a gabonatudományi irányvonalhoz: az első időben természetesen a műszer- és módszerfejlesztések létjogosultságának igazolása, a szabványos, nagy mennyiségű mintákat alkalmazó módszerek eredményeivel történő összehasonlításokra fókuszáltunk. Megszülettek az első tudományos publikációk, előbb konferenciacikkek és előadások, később tudományos magyar és angol nyelvű írások formájában [21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30].

A mikrovalorigráf prototípusából később a Newport Scientific Pty Ltd. piacra dobta a prototípus továbbfejlesztett és rutin vizsgálati célokra is alkalmas változatát micro-doughLab néven, melyet a Perten cég egészen 2020-ig forgalmazott. Emellett a METEFÉM Szövetkezet gyártásában készülő mikromalom is számos országba és kutatóhelyre eljutott. A mikrovalorigráf és a malom fejlesztési és alkalmazási eredményeivel kapcsolatban sok információ található az Élelmiszervizsgálati Közlemények jelenlegi és korábbi [31] lapszámában, Békés Ferenc írásaiban. Ezért a továbbiakban inkább a későbbi műszer- és módszerfejlesztésekről, illetve azok kutatásban eddig betöltött szerepéről adunk rövid áttekintést, említünk néhány példát.

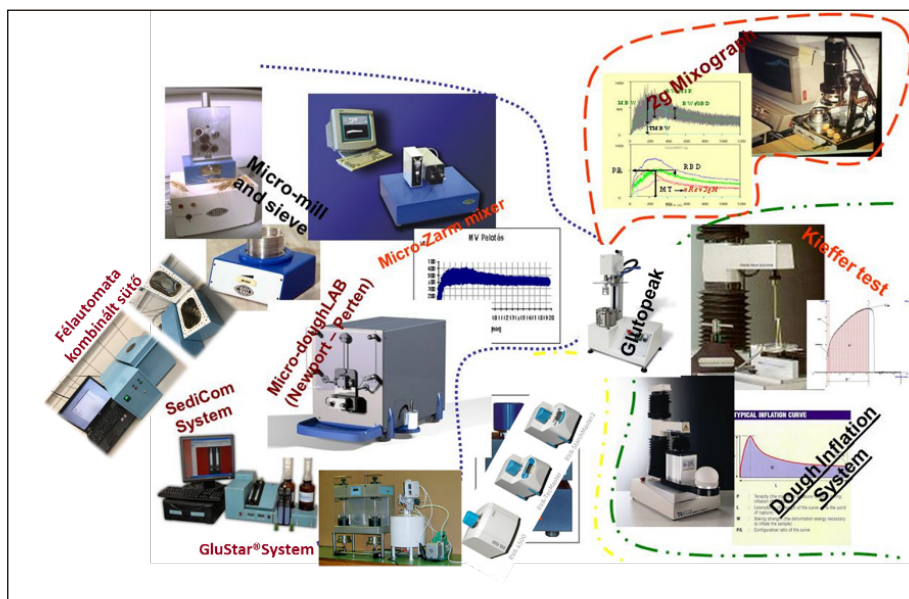
A későbbi műszerfejlesztések már jórészt magyar tevékenységhez kötődnek, elsősorban a BME-ABÉT Gabonatudományi és Élelmiszerminőség Kutatócsoport és a Lab-Intern Kft. együttműködéséből születtek, részben szintén pályázati források bevonásával. A műszercsalád második tagja a szabványos Zeleny szedimentációs teszt automatizált és kis mintamennyiségű (0,4 g liszt) mérésekre is alkalmas műszere (SediCom System®) volt. A szedimentációs teszt segítségével a lisztek poliszacharidjainak és fehérjéinek duzzadási folyamatát követjük, amely a búza egyes minőségi tulajdonságaival hozható kapcsolatba. A módszert a világon elterjedten alkalmazzák, a szedimentációs érték általános átvételi és minőségi osztályba sorolási paraméternek számít [32, 33]. A műszerfejlesztés eredményeként nemzetközi viszonylatban is először egy moduláris, automatikus, digitális jelfeldolgozást tartalmazó, makro- és mikro tesztcsöveket is kezelni képes kombinált méréstechnikát és hozzá feldolgozó szoftvert alakítottunk ki, majd a méréseket kidolgoztuk és validáltuk. A készülék prototípusa az ICC 2005-ben Bécsben tartott konferenciáján innovációs díjat is kapott [34, 35, 36].

A sikértartalom meghatározása az egyik legrégebbi és ma is leggyakrabban alkalmazott búzaminősítési módszer [37]. Ezen a területen is megfogalmazódott az igény – főként a nemesítő szakemberek részéről – a szabványosnál lényegesen kisebb mintaigényű módszer fejlesztésére, mely lehetővé teszi a vonalak szűrését lényegesen korábbi nemesítési fázisokban. Gabonakémiai megközelítéssel pedig lehetővé válik az izolált siker további tanulmányozása is. Nem mellékesen a hidratációs, tésztaképződési folyamatok másik főszereplője a keményítő, mely tulajdonságainak és szerepének vizsgálata új lendületet kapott pl. a különleges szénhidrát-összetételű (alacsony amilóztartalmú vagy waxy) fajták előtérbe kerülésével. Korábban nem állt rendelkezésre olyan sikérmosó berendezés, mely egyszerre alkalmas a szabványosnál kisebb mintamennyiség vizsgálatára és a kimosott keményítő szeparálására. Ebből a megfontolásból indítottuk útnak szintén a Lab-Intern Kft.-vel közösen a később GluStar® System névre keresztelt kombinált makro- és mikro sikérmosó berendezésünk fejlesztését, mely 2011-ben a Kínában rendezett 13. Gluten Workshop-on debütált [38].

A búzaőrlemények hidratációját követően kialakuló tésztaszerkezet reológiai viselkedése (vízfelvétel, termékfüggő optimális konzisztencia, tésztakialakulás folyamata, ideje, stabilitás, stb.) önmagában is rendkívül összetett folyamat, sokat tudunk és még többet nem tudunk, értünk mindebből. Ez az oka annak is, hogy csak számos reológiai vizsgálat (dagasztási vizsgálatok, mono- és biaxiális nyújthatóság, viszkozitás, esésszám stb.) összessége nyújthat részletesebb információt a tésztatulajdonságokról [39]. Közvetlen fogyasztásra azonban mégiscsak a végtermékek kerülnek, melyek minőségének alakulása még sokkal bonyolultabb, egymástól nem független tényezők eredőjeként jelenik meg. Az alapanyag minőség és összetétel, a kelesztés (fermentáció) és a sütés (hőkezelés), majd a hűlés és a tárolás (öregedés) során lejátszódó biokémiai és fizikai-kémiai folyamatok részben ismert, részben jelenleg is kutatás tárgyát képező módon befolyásolják a végtermékminőséget. Különösen izgalmassá válik a kérdés, hogy ha nem fehér őrlemények, hanem a héjrészeket is tartalmazó, pl. teljes őrlemények sajátosságait vizsgáljuk. Itt ugyanis a fehérje és a keményítő mellett a (bio)kémiailag sokkal kevésbé reakcióképes rostok, a hidrofób lipidek, sőt az eltérő ionerősség, pH, stb. is belép a szerkezetformáló tényezők közé [40]. Ahhoz, hogy az alapanyag minőség és a végtermék minőség közötti összehasonlító vizsgálatok elvégezhetőek legyenek, illetve a befolyásoló tényezők vizsgálata lehetővé váljon, reprodukálható laboratóriumi sütőipari tesztekre van szükség. Ilyen szabványos tesztek a hazai és a nemzetközi gyakorlat is régóta használ [41, 42, 43]. A legnagyobb problémát azonban éppen a módszerek végrehajtásának precizitása (ismételhetősége, reprodukálhatósága) jelenti. A jelenleg alkalmazott szabványos módszerek manuális kivitelezésen alapulnak, ennek minden „szépségével” és megbízhatósági problémáival együtt. A módszerek reprodukálhatóságának javítását a véletlenszerű hibák előfordulásának csökkentésével, elsősorban az emberi tényező legalább részleges kiküszöbölésével lehet elérni. Kézenfekvő megoldásnak tűnik a próbacipó előállítás műveleteinek (dagasztás, formázás, kelesztés, sütés, hűlés) és az értékelés módszereinek (térfogat, magasság, állomány stb.) legalább részleges automatizálása. Témánk szempontjából fontos, hogy a hagyományos sütőipari tesztek szükséges mintamennyisége is nagy, ami a kutatás-fejlesztés és a nemesítés szempontjából is problémás lehet. Műszerezésre [44] illetve méretcsökkentésre [10, 13, 45, 46, 47] természetesen korábban is történtek fejlesztések. Azonban összetett, részben automatizált, hagyományos szabványos és csökkentett mintamennyiségű laborvizsgálat lehetősége hiányzott a gabonakutatás eszköztárából. Ezen megfontolások alapján, valamint a korábbi műszerfejlesztések eredményiből merített bátorsággal fogtunk hozzá az automatizált makro és mikro sütési teszt végrehajtására alkalmas módszer- és műszerfejlesztéshez, szintén a Lab-Intern Kft. munkatársainak segítségével.

A méretcsökkentés lehetséges mértékének meghatározását [46] követően és több műszaki elképzelés elvetése után 2017-ben készült el a számítógépes vezérléssel és adatgyűjtéssel működő műszerváltozat, mely alkalmas a dagasztást követő kelesztés és sütés kontrollált körülmények között történő kivitelezésére [48]. Kidolgozott mérési módszerünk a standardizált farinográfós tésztakészítést, dagasztást, kelesztést, majd az elkészült próbapipók méretarányainak lézeres letapogatáson alapuló értékelését, a bélzet pórusedoszlásának digitális képfeldolgozáson alapuló értékelését, valamint állagának műszeres állományvizsgáló módszerrel történő jellemzését is tartalmazza [49, 50].

A BME közreműködésével megépített saját műszereket más gyártók berendezéseivel kiegészítve, nemzetközi léptékben is ritkaságszámba menő búza és gabonavizsgáló kapacitást sikerült kialakítanunk a kis mennyiségű minták reológiai és végterméktulajdonságainak jellemzésére (2. ábra). A következőkben a mikroműszerek és -módszerek alkalmazásával kapott kutatási eredményekből szemlélünk.

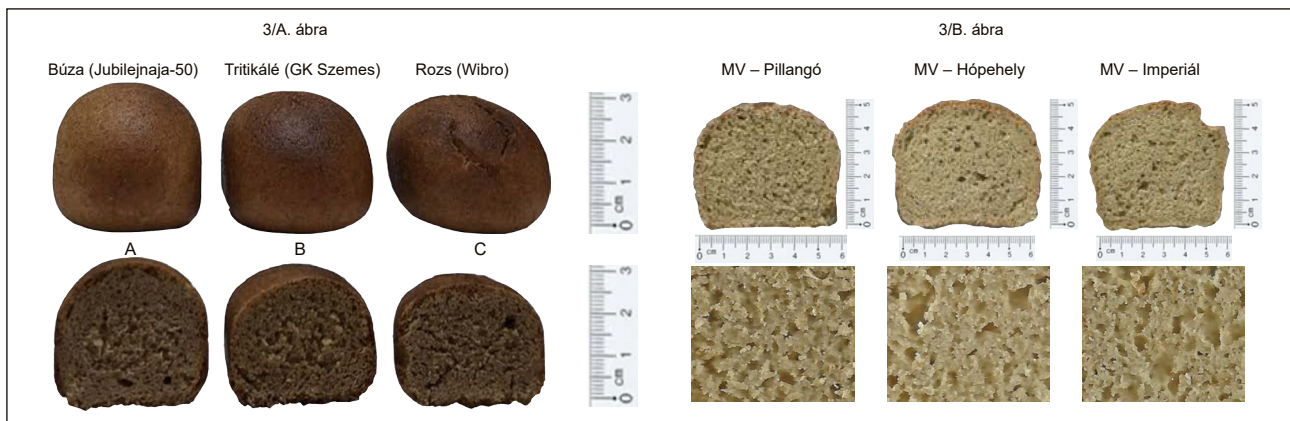


2. ábra. A jelenleg leggyakrabban alkalmazott kis mennyiségű gabonaminták vizsgálatára alkalmas műszerek, ezen belül a bal oldalon a BME közreműködésével elkészült berendezések áttekintése

A kis mintaigényű műszerek és módszerek fejlesztésével párhuzamosan természetesen megindult ezek alkalmazása is a különböző kutatási területeken. Kezdetben, a műszerfejlesztések eredeti célkitűzéseinek megfelelően, búzasikérfehérjék szerepének vizsgálata került előtérbe fajta összehasonlító kísérletekkel, expresszált fehérjék adagolásával, vagy éppen genetikailag módosított minták tanulmányozásával. Ezeket a kísérleteket részben búzamatrix alkalmazásával végeztük [16, 51, 52, 53, 54]. Később a búzafehérjék egyedi szerepét sikérmentes rizstészta mátrix reológiai tulajdonságainak adagolás vagy kísérleti genetikai módosítás hatására bekövetkező változásának követésével tanulmányoztuk [55, 56, 57].

A gabonafehérjék mellett más növényi fehérjék tulajdonságait is vizsgáltuk a mikroműszerek segítségével. Ezen kutatások iránya például a gabonacsíra, vagy az álgabona fehérjék esetében az volt, hogy a tápérték növelés céljából búzaliszthez adagolt, magas fehérjeértékű izolátumok milyen mértékben és irányban módosítják a búzalisztek technológia viselkedését. A kísérleti elképzelések mögött azonban alapkutatói gondolat is meghúzódott. Többek között azt próbáltuk megérteni, hogyan magyarázható az elsősorban albuminokat és globulinokat tartalmazó, kevésbé hidrofób, jobb felületaktív tulajdonsággal rendelkező izolált csíra, hüvelyes és álgabona (pl. amaránt) fehérjék sikértulajdonságokat módosító hatása [25, 58, 59].

Sok tekintetben (pl. biodiverzitás, tápérték növelés, termékínálat bővítés, élelmiszerbiztonsági problémák kezelése, stb.) fontos és izgalmas kutatási iránynak tartjuk a jelenleg kis mennyiségben termelt gabonák (pl. tönkölybúza, tritikálé, rozs, zab, köles), illetve álgabonák (amaránt, hajdina) technológiai minősítésének eddiginél részletesebb kidolgozását, ezen szemtermékek genetikai és környezeti változékonyságának megismerését és a tulajdonságok mögött álló makromolekuláris összefüggések megértését. Ebben is nagy segítséget nyújt és nem mellékesen költséghatékonyságot is javít a kis mintamennyiséget igénylő berendezések használata. A teljesség igénye nélkül itt példaként a tritikálé fajták komplex technológiai minősítését célzó kutatások [60], illetve a gluténmentes, hajdina és köleslisztekkel készült tésztamatrixok dagasztási tulajdonságainak javítására irányuló kísérleteink [61, 62] eredményeit említjük. (3. ábra)

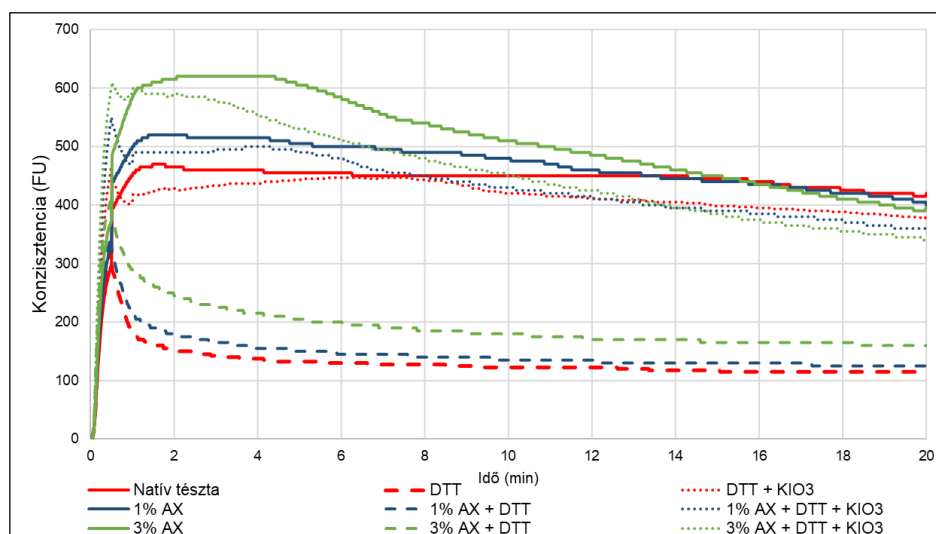


3. ábra. Példa a kisméretű sütési teszt alkalmazására

3/A: Fajtaazonos teljes kiőrlésű tritikálé őrleményből készült próbacipók minősítése [60]  
 3/B: Zabőrleményekből készült méretcsökkentett próbacipók bélzet-tulajdonságainak vizsgálata [62]

A sütőipari és egyéb, közvetlen fogyasztásra készülő termékek minőségét a fehérjéken kívül a másik két makromolekula csoport, a keményítő és a nem keményítő szénhidrátok (élelmi rostok) is alapvetően befolyásolják. Különösen élessé válik a kérdés az egészségtudatos táplálkozás lassú, de örvendetes terjedése esetén, ahol a teljes kiőrlésű, rostos gabonák fogyasztása folyamatosan növekszik. A rostösszetevők szerkezetalkító tulajdonságairól azonban viszonylag keveset tudunk. Ezek megismerését célzó kutatásainkban is nagy segítséget nyújtanak a kis mintaigényű berendezéseink. A közelmúlt és a jelen kutatási témáinak egy része a búzalisztek meghatározó rostösszetevői, az arabinoxilánok, búzalisztekben és sikérmentes mátrixokban betöltött szerepének vizsgálatára irányultak [63, 64, 65, 66]. Nemrégiben olyan alapkutatói irányt is indítottunk, amely a korábban Békés és munkatársai által fehérjékre kidolgozott redukciós és reoxidációs beépítési (inkorporációs) technika rostösszetevőkre történő kiterjesztését célozza [67] (4. ábra). Szintén érdekes lehet a rostos őrlemények tésztakepző tulajdonságainak hőhatására bekövetkező változásait vizsgálni [68]. A hőkezelés jól ismert eljárás búzalisztek technológiai tulajdonságainak változtatása, vagy pl. zabőrlemények eltarthatóságának növelése céljából, azonban rostban gazdag minták esetében a lejátszódó molekuláris folyamatokról, illetve ezek technológiai viselkedést befolyásoló hatásairól keveset tudunk.

A több évtizedes szakmai történetből természetesen minden alkalmazási példát kiemelni, említeni egy ilyen áttekintő írásban lehetetlen. Ezúton is elnézést kérünk azoktól a munkatársaktól, együttműködő partnerektől, akikkel végzett munkáinkra és elért eredményeinkre itt most terjedelmi okokból nem tudunk kitérni. De talán a fentiek adhatnak némi áttekintést a gabonavizsgáló mikromódszerek alkalmazásának lehetőségeiről, a fejlesztés lehetséges irányairól és az eddig elért eredményekről.




4. ábra. Példa a micro-doughLAB (Newport Scientific, később Perten Instruments) alkalmazására: Arabinoxilán izolátum adagolásának és beépítésének (inkorporáció) hatása a búzátészta dagasztási tulajdonságainak alakulására [67] (DTT: redukált búzátészta; DTT+KIO<sub>3</sub>: redukált, majd reoxidált búzátészta; 1% vagy 3% AX: izolált arabinoxilán adagolásának aránya, natív, redukált, vagy redukált-reoxidált tésztahoz)

### 3. Gabonaminőség és minősítés fejlesztésének lehetőségei

Az elmúlt évtizedekben hazai és külföldi kutatóintézetekkel, egyetemekkel, gazdasági vállalkozásokkal, társadalmi szervezetekkel közösen számos nagyobb lélegzetű K+F programban vettünk részt, illetve kezdeményeztünk, melyek célkitűzései között szerepelt a gabona, kiemelten a búza minősítési rendszerének modernizálása, harmonizálása, illetve az új minősítési módszerek és műszerek alkalmazási lehetőségeinek feltárása. Talán az egyik legnagyobb hatású a Pannon Búza programok elindítása volt. Ezek keretében az 1990-es és 2000-es években a hazai köztermesztésben és nemesítési programokban meghatározó szerepet játszó búzafajták részletes összetételi és technológiai tulajdonságait határoztuk meg és vetettük össze részben a hazai szabványos, részben a nemzetközi kereskedelemben, intervencióban, tőzsdén megjelenő minőségi követelményekkel. Egyértelműen bebizonyosodott, hogy bár a hazai búzafajták többsége kifejezetten jól teljesít a hagyományos magyar és részben közép-európai minősítési rendszerekben, az exportkövetelményekben szereplő pl. alveográfus vagy extenzográfus paraméterek elérése nehezebben teljesíthető. Ezzel összefüggő probléma, hogy a búzaátvétel és minősítés, sőt ebből következően a nemesítési gyakorlatban itthon az önmagában teljesen koherens, szakmailag megalapozott, sikerminőség és farinográfus érték centrikus hazai búzaszabvány volt a meghatározó. Ebben az exportbúza új követelményei nem jelentek meg. Ugyanakkor a hazai búzatermés jelentős részét (30-50%) nemzetközi kereskedelmi forgalomban értékesítik. Külön nehézség az EU csatlakozás jogi következménye a módszerek harmonizálásának kötelezettsége. Márpedig például a máig is használt és a hazai gyakorlatba - szakmailag teljesen indokolható módon - beivódott farinográfus vagy valorigráfus értékszám nem szerepelt a nemzetközi szabványokban, illetve a görbék értékelése is részben eltért.

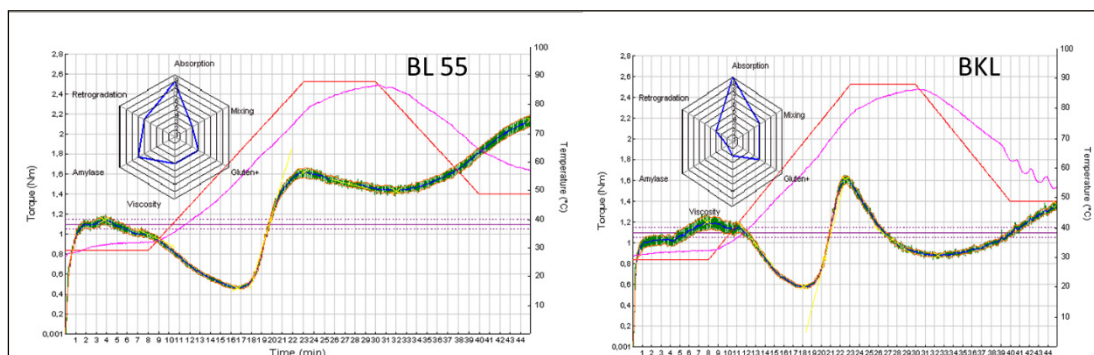
Mindezek megoldási kísérleteként először a Pannon Búza Védjegy minőségi követelményrendszerét dolgoztuk ki két kategóriában **(5. ábra) [69, 70]**. Bár ezt az akkori gazdasági valóság nem fogadta be, az eredményeket és a szemléletet sikerült átvinnünk a hazai étkezési búzára vonatkozó szabvány megújításának folyamatába. Hosszú viták, egyeztetések eredményeként megszületett a jelenleg is érvényben lévő, és nemzetközi szinten az egyik legrészletesebb követelményeket tartalmazó új búzaszabvány **[71]**. Legfontosabb újdonságának tartjuk az alternatív szempontok (farinográfus, extenzográfus, alveográfus) szerinti minősítés lehetőségét, valamint a kapcsolódó vizsgálati szabványok aktualizálását és harmonizálását egyrészt a nemzetközi szabályozással, másrészt a Magyar Élelmiszertankönyv kapcsolódó fejezetével **[72]**. Szeretnénk hinni, hogy ezzel a megoldással a magyar fajtaválaszték minőségi előnyeit érvényesíteni képes, ugyanakkor az értékesítési követelményekhez jobban igazodó, minőségi búzatermesztésre ösztönző rendszert sikerült kialakítanunk **[73, 74]**.



Pannon Búza minőségi kritériumok	Prémium kategória	Standard kategória
<b>Búzaminőség</b>		
Tisztasági kritériumok		
- Törött szemek max. % (m/m)	2,0	2,0
- Poloska-szűrt szemek max. (db %)	0,5	1,0
Hektoliter tömeg (kg/hl)	80,0	78,0
Nyersfehérje tartalom szárazanyagra min. % (m/m)	14,5	13,0
Esésszám min. (sec)	300,0	250,0
<b>Laboratóriumi liszt minőség (ICC módszer szerinti előállítás)</b>		
Beltartalom		
- Nedves sikér mennyisége min. % (m/m)	34,0	30,0
Reológiai minőség		
Farinográfus értékek		
- Vízfelvétel 14%-ra, min. % (m/m)	60,0	55,0
- Stabilitás min. (min)	10,0	6,0
Alveográfus értékek		
- W min. (10-4 J/g)	280,0	220,0
- P/L (max.)	1,0	1,5
Extenzográfus értékek		
- Energia 135 percnél, min. (cm <sup>2</sup> )	120,0	75,0

5. ábra. A Pannon Búza Védjegy minőségi követelményei 2008-ból

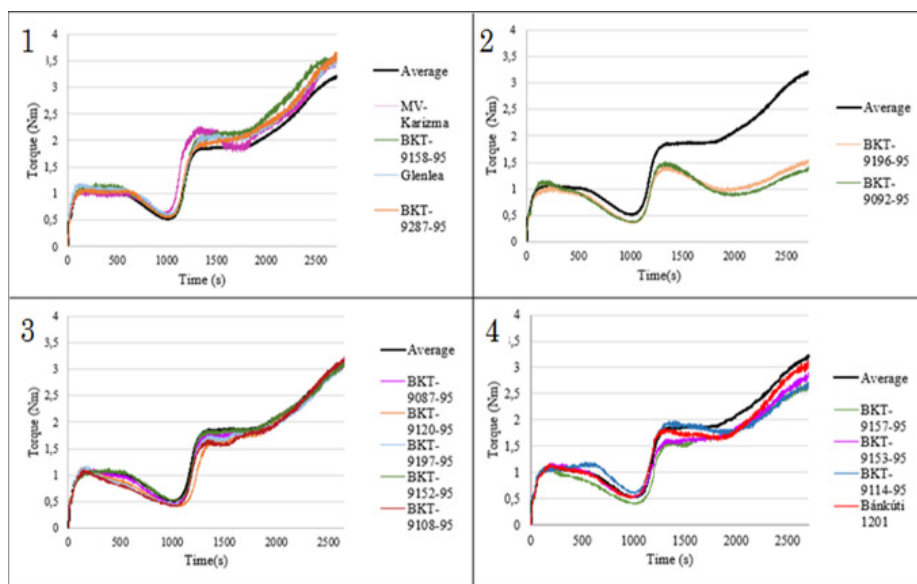
A búza és más gabonák táplálkozási szerepének megítélése az utóbbi évtizedekben jelentősen változott. Korábban a jórészt magbelsőt tartalmazó fehér lisztek előállítására és a belőlük készülő süsső-, édes-, tésztaipari és egyéb élelmiszerek előállítása meghatározó volt. Ezért az összetéti és technológiai minőség jellemzésére alkalmas módszerek többsége is ezt a (sikér)fehérje és keményítő „központú szemléletet” szolgálta ki (lásd fent). Az élelmi rostok, bioaktív összetevők szerepének mind teljesebb megismerése, a tudatos táplálkozás terjedése a teljes kiőrlésű, illetve rostokban, nem keményítő szénhidrátokban gazdagabb őrlmények, illetve gabonaalapú élelmiszerek térnyerését eredményezte. Az élelmi rost definíciója azonban csak a kétezres évek elejére alakult ki [75] és a meghatározásukra alkalmas módszerek is ekkor váltak szabványos, rutin eljárásokká. Azonban az is egyértelmű, hogy a különböző rostösszetevők (cellulóz, hemicellulózok, pentozánok, pektinek, lignin, más csoportosításban oldható és nem oldható rostok) táplálkozásélettani tulajdonságait és technológiai viselkedést befolyásoló funkciója eltérő, ezek tisztázása számos módszertani fejlesztést, illetve új vizsgálati technikák adaptálását teszi szükségessé. Az egészségtámogató gabonaalapú termékek fejlesztésére irányuló, cégekkel és kutatóintézetekkel közös programjainkban alkalmaztuk először például az elsősorban fehérjefüggő dagasztási és a főleg keményítő/nem keményítő szénhidrátoktól függő viszkózus tulajdonságok meghatározására egyaránt alkalmas mixolabos mérés technikát többek között új típusú, aleuron rétegben gazdag malomipari búzafrakciók reológiai viselkedésének jellemzésére, a rostok funkciójának vizsgálatára (6. ábra), [76, 77]. Szintén ezek a kutatások tették szükségessé az egyedi rostösszetevők, először az arabinoxilánok (AX), majd a  $\beta$ -glükánok és jelenleg az arabinogalaktán (peptidek) mennyiségi és később minőségi (pl. molekulaméret, oldhatóság) meghatározására, összehasonlítására alkalmas, meghatározóan elválasztástechnikán alapuló módszerek adaptálását, majd továbbfejlesztését [78, 79, 80].



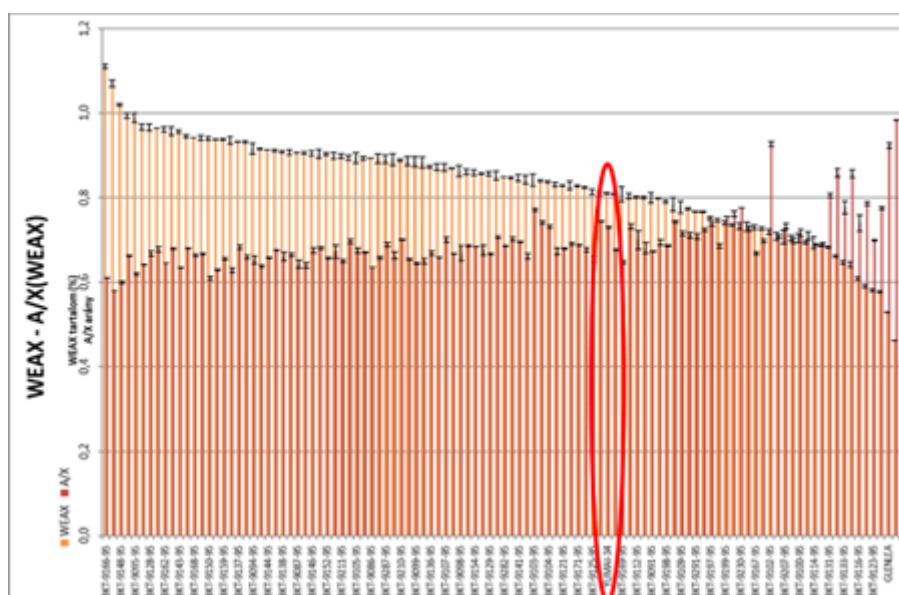
6. ábra. Példa Mixolab alkalmazására: általános (BL55) és speciális, aleuronrétegben gazdag (BKL) búzaőrlemények komplex reológiai jellemzése

A magyar búzatermesztés és a minőség évszázados jó hírét előbb a tudatos szelekció, a termesztési körülményekhez igazodó tájfajták, majd később, a nemesítési módszerek fejlődésével a genetikailag stabil, kiváló süssőipari minőségű búzafajták megalkotása alapozta meg. Ebben a folyamatban mérföldkönek tekinthető a közismerten kiváló süssőipari minőségű Bánkúti fajták nemesítése [81], melyek minőségi jellemzése és a jó minőség mögött álló molekuláris háttér feltárása részben megtörtént [82, 83, 84]. Az elmúlt évtizedekben ezek a fajták a köztermesztésben - elsősorban agrotechnológiai tulajdonságaik miatt - elvesztették jelentőségüket. Ugyanakkor a nemesítési programokban a kiváló technológiai minőség okán jelenleg is fontos szerepük van, illetve lehet. A régi fajták, vonalak, illetve az ősi búzafajták (pl. tönköly, tönke) összetéti és technológiai potenciáljának feltárása modern szemlélet és vizsgálati módszerek alkalmazásával azonban még kevésbé művelt terület. Ilyen megfontolások alapján indítottuk el nemesítőházakkal és gazdasági vállalkozásokkal közösen a régi búza genotípusok új szemléletű jellemzésére és felhasználásának javítására irányuló K+F programunkat, illetve ezt kiegészítő alap kutatásainkat is. Ezekben is felhasználtuk és továbbfejlesztettük az új reológiai és szénhidrát (rost) összetétel meghatározására alkalmas módszereinket. Megállapítottuk például, hogy míg a Bánkúti fajták és vonalak dagasztási jellemzői néhány kivételtől eltekintve hasonlóak, addig a viszkózus viselkedésben jelentős eltérések mutatkoznak (7a. ábra), [54]. Szintén új információként jegyeztük, hogy a Bánkúti vonalak fehér lisztjei jelentősen eltérő oldható arabinoxilán tartalommal rendelkeznek, bizonyos esetekben AX tartalmuk a nemzetközi összehasonlító fajtákét is meghaladják (7b. ábra), [85, 86].





7/A. ábra. Bánkúti fajták és vonalak komplex reológiai tulajdonságainak jellemzése Mixolabbal

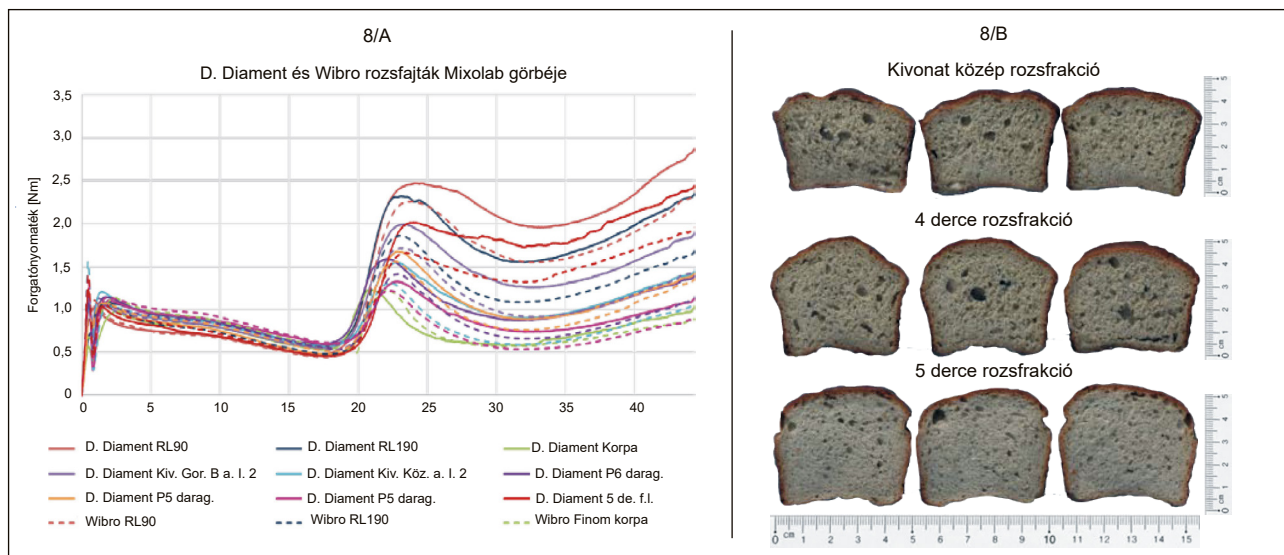


7/B. ábra. Bánkúti fajták és vonalak oldható arabinoxilántartalmuk és arabinóz/xilóz arányuk változékonysága

#### 4. Kis- és álgabonák hasznosítási lehetőségeinek javítása – két példa

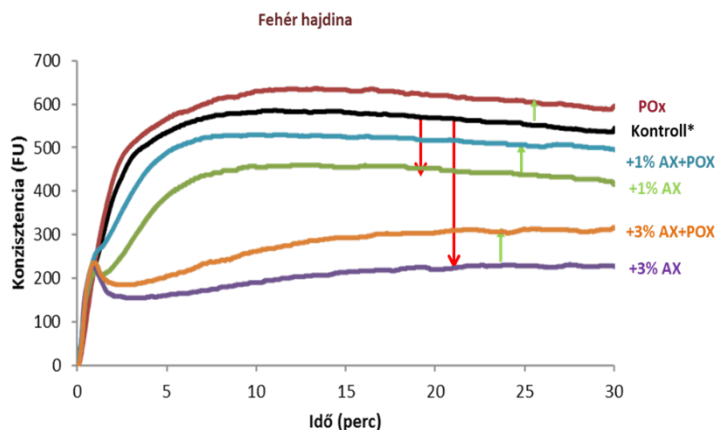
A nagygabonák, ezen belül is elsősorban a búza, jelentős hagyományon és tudásbázison alapuló minősítő szempontrendszerrel és az ezt kiszolgáló, széleskörben elfogadott, szabványosított módszer- és eszközháttérrel rendelkezik. A jelenleg lényegesen kisebb mennyiségben termelt, de speciális táplálkozási szükségletek, választékbővítés vagy éppen divat miatt növekvő jelentőségű gabonák (mint például a rozs, zab, cirok, köles, tritikálé) vagy álgabonák (amaránt, quinoa, hajdina) viszont részletes minősítő eljárással nem rendelkeznek. Keveset tudunk a fajok és ezen belül a fajták közötti eltérésekről, az összetételi és technológiai minőségbeli különbségekről, a termőhelyhatásokról, a minőségstabilitásról. Sok esetben az adott felhasználási célnak megfelelő minőségi követelmények meghatározása is hiányos. Ezért hazai és külföldi kutatóhelyekkel, munkatársakkal közösen több alap és alkalmazott kutatás-fejlesztési programot indítottunk egyrészt a kiscgabonák minősítési módszereinek fejlesztésére, másrészt a hasznosításuk szélesítését elősegítő termékfejlesztések irányában, valamint a technológia viselkedésük javítását célzó molekuláris háttér megismerésére. Terjedelmi korlátok miatt itt csak két példa segítségével mutatjuk be ezen területek kutatás-fejlesztési potenciálját, lehetőségeit.

A közelmúltban záródott projektünk keretében hazai termesztésű és részben hazai nemesítésű zab és rozsfajták minősítési módszereit fejlesztettük tovább és ezek alkalmazásával vizsgáltuk a fajták összetételei és technológiai tulajdonságbeli változékonyságát. Malomipari kísérletekben, 54 frakció vizsgálatával „megrajzoltuk” az őrlés frakcióterképét és azonosítottunk néhány olyan új rozsröleményt, melyek tápérték, egészségtámogató összetétel szempontjából a hagyományos őrleményeknél kedvezőbb tulajdonságokkal rendelkeztek. Részletesen jellemeztük az új őrleményekből készült tészták reológiai és sütőipari végtermék minőségét, mely eredmények segítségével lehetővé vált új típusú, összetételei és érzékszervi szempontból egyaránt kedvező termékek előállítása (8. ábra) [87].



8. ábra. Rozsfajták és speciális őrleményeik reológiai jellemzése Mixolabbal (A) és a Dankowskie Diament rozsfajta speciális frakcióival végzett méretcsökkentett sütési tesztek eredményei (B)

Másik példánk a gluténmentes tésztamatrixok táplálkozási és technológiai tulajdonságainak javítási lehetőségét mutatja be. A gluténmentes alapanyagok (pl. köles vagy hajdina) tésztaképző tulajdonsága viszonylag gyenge, a szerkezetépítő makromolekulák (sikerfehérjék) hiányában a tésztamatrixok termék előállításához szükséges viszkózus szerkezetét a szénhidrátok és sok esetben adalékolt hidrokolloidok biztosítják. Ennek a „sérülékeny” molekuláris rendszernek a technológia viselkedését a rostok jelenléte kedvezőtlenül befolyásolja. Többek között ez az oka annak, hogy a gluténmentes sütő és tésztaipari termékek tápértéke is sok esetben kedvezőtlenebb a sikértartalmú változathoz képest. Ugyanakkor ismert például, hogy a rostalkotó arabinoxilánok oxidatív közegben oldalláncaik összekapcsolódásával képesek a sikérszerkezethez részben hasonló makromolekuláris hálózat kialakítására. Kísérleteinkben sikerült bizonyítani, hogy enzimreakciókban keletkező hidrogénperoxid megfelelő koncentrációban képes a sikermentes tésztamatrixokhoz adagolt arabinoxilánok polimerizációját indukálni és ezzel a tészta dagasztási tulajdonságait és a sütőipari végtermékek komplex minőségét javítani, miközben a rostadagolással a táplálkozási érték is növekszik (9. ábra) [62, 66].



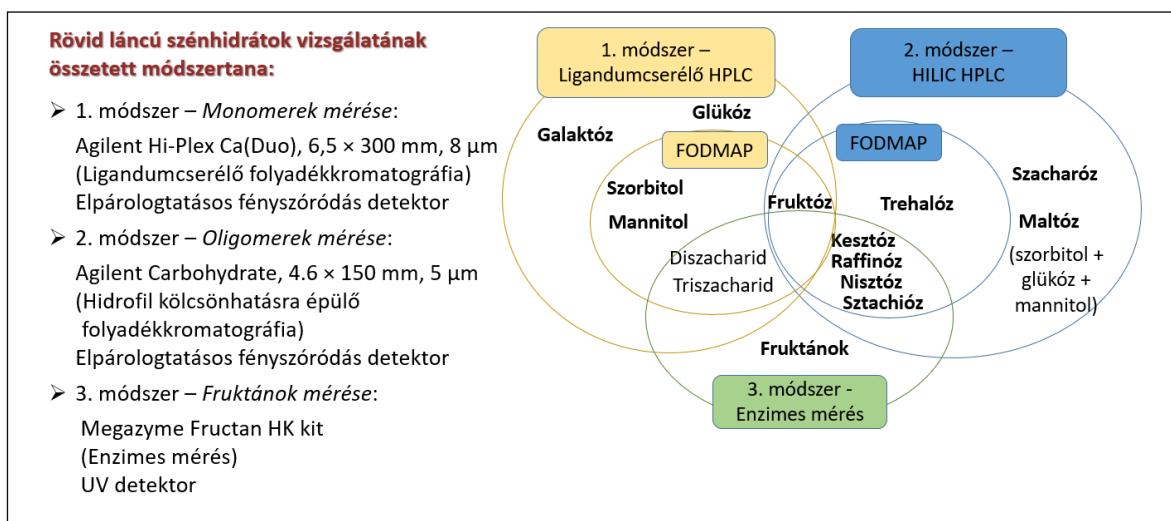
9. ábra. Fehér hajdinalisztból készült tészta micro-doughLab műszerrel mért dagasztási tulajdonságainak változása arabinoxilán adagolás és oxidáció hatására

## 5. Szemelvények az élelmiszerbiztonsággal kapcsolatos kutatási tevékenységből

A gabonaminőség komplex megítélését tovább árnyalja egyes fogyasztói csoportoknál jelentkező emésztőrendszeri rendellenességekből (cöliákia, allergia, irritábilis bélszindróma) adódó speciális elvárások, élelmiszerbiztonsági követelmények – pl. gluténmentesség, alacsony fermentálható oligo-, di- és monoszacharidok és poliolo (FODMAP - Fermentábilis Oligoszacharidok, Diszacharidok, Monoszacharidok és Poliolo) tartalom, stb. – megjelenése is.

A cöliákiás, vagy másnéven lisztérzékeny egyének életminősége gluténmentes táplálkozás fenntartásával biztosítható. A jelenlegi jogszabályok szerint a gluténmentes termékekben a gluténtartalom nem haladhatja meg a 20 mg/kg értéket. A gyártási folyamat, a termékminősítés, az élelmiszerbiztonság fenntartása analitikai módszerek alkalmazása nélkül nem lehetséges. A leginkább elterjedt rutinmódszerek az immunanalitikai elven működő ELISA tesztek tekinthetők, de molekuláris biológiai (DNS meghatározásán alapuló), tömegspektrometriás detektort önállóan (MALDI-TOF) illetve elválasztástechnikával kapcsolt (HPLC-MS) megoldással működő mérés technikák alkalmazása is lehetséges. A különböző ELISA kitek, illetve a más elveken működő módszerek általában jelentősen eltérő eredményeket szolgáltatnak. A módszerek harmonizálását, érvényesítését hátráltatja, hogy sem referencia módszer, sem referencia anyag nem áll rendelkezésre. Ezt felismerve, kutatócsoportunk a módszerek összehasonlítását, az eredmények közötti eltérés okainak feltárását, a termékgyártás során előforduló hatások vizsgálatát, majd natív búzaliszt, illetve izolált fehérje alapú referencia anyag jelölt modelltermékek előállítását célzó kutatómunkát indított. A több, mint tíz éve megkezdett kutatómunka nemzetközi együttműködésben, először európai keretprogram alprogramjaként, majd önállóan fenntartott közös munkával valósult meg. Legfontosabb eredményként említhetjük, hogy először sikerült olyan búzaliszt alapú mátrixot előállítani, mely nagy eséllyel teljesítheti a referenciaanyagokkal szemben támasztott követelményeket [88, 89, 90, 91]. A munka jelenleg is folyik más gluténtartalmú gabonák (rozs, árpa és zab) bevonásával.

A FODMAP összetétel szempontjából a gabonák többsége kedvezőtlen megítélés alá esik. Külön problémát jelent, hogy a tápérték szempontjából kedvező, rostokban gazdag őrlemények FODMAP tartalma is általában magasabb. Ugyanakkor szinte alig található információ a gabonafajok és -fajták közötti változékonyságról, az alacsonyabb FODMAP tartalmú variánsok technológiai tulajdonságairól, az őrleményfrakciók FODMAP tartalmának és rostösszetétel változásának együttes alakulásáról, illetve a technológiai folyamatok során alkalmazott műveletek (fermentáció, hőkezelés, pH változás, stb.) hatásáról. A nem keményítő szénhidrát (rost) összetétel és a FODMAP-okat is tartalmazó rövidláncú szénhidrát tartalom és összetétel együttes vizsgálatára indítottunk szintén másokkal együttműködve a közelmúltban átfogó kutatást. Itt ismét szükségessé vált többlépcsős módszertani fejlesztés megvalósítása (10. ábra), melyek alkalmazásával lehetőség nyílt többek között rozs- és zabfajták, őrlemény frakciók, hőkezelt termékek és sütőipari végtermékek összehasonlító vizsgálatára [92, 93].



10. ábra. Összetett módszertan kialakítása gabonák és élelmiszertermékek rövidláncú szénhidrát, ezen belül FODMAP tartalmának vizsgálatára

## 6. Összegzés

Ilyen nagyobb ívű, több évtized kutatómunkáját áttekintő, a terjedelmi korlátokat szégyentelenül meghaladó írás végére nehéz rövid összefoglalást írni. Szeretnénk hinni abban, hogy a példaként bemutatott eredmények hozzátesznek valamit a gabonavizsgálati módszertan fejlődéséhez, használatukkal közelebb juthatunk a bonyolult tézista- és termékmátrixok viselkedésének megértéséhez és hozzájárulhatunk a gabonák és álgabonák felhasználásának szélesítéséhez, értéknovelt hasznosításuk fejlesztéséhez. Emellett szeretnénk sokszorosan kiemelni az egyéni és intézményi szintű együttműködés jelentőségét. Az egyetemi, kutatóintézeti, ipari partnereink nélkül lehetetlen ezt az intenzív alkotó folyamatot megvalósítani. Minden partnerünknek hálásként köszönjük az eddigi és reményeink szerint a jövőbeli együttműködés lehetőségét.

## 7. Köszönetnyilvánítás

Külön és kiemelt köszönet Szűcsné Makay Erika kolléganőnknek a több évtizede tartó szakmai és emberi együttműködésért. Hálásként köszönjük elődeinknek az iránymutatást, támogatást, a kutatócsoport és a tanszék korábbi tagjainak a fantasztikus közös alkotás lehetőségét és eredményeit, a szakmai partnereinknek a közös munka élményét és gyümölcseit, támogatóinknak pedig a - reményeink szerint jó célra fordított - forrásokat.

## 8. Irodalom

- [1] Tömösközi S; Lásztity R; Salgó A; Vértessy G. B. (2021): 100 +10 év a felsőfokú élelmiszertudományi oktatás és a kutatás szolgálatában. Magyar Kémikusok Lapja, LXXVI. évfolyam, 10. szám DOI: <https://doi.org/10.24364/MKL.2021.10>
- [2] Tömösközi S; Németh R; Farkas A; Rakszegi M. (2022): Hungarian history of cereal cultivation, processing and sourdough making. in: Traditional European Breads - An Illustrative Compendium of Ancestral Knowledge and Cultural Heritage (Eds: Garcia-Vaquero M; Rocha J.M; McElhatton A; Pastor K; Orhun G.E), Springer Nature (megjelenés alatt)
- [3] Wrigley, C. W; Tömösközi S; Békés F; Bason M. (2022) : The Farinograph: Its origins. in: The Farinograph Handbook (eds: Bock J.E; Don C.), Cereals & Grains Association. Published by Elsevier Inc. ISBN: 978-0-12-819546-8 (print), ISBN: 978-0-12-819571-0 (online)
- [4] Anderson, O. (1996). Molecular approaches to cereal quality improvement. In: Henry, R.J., Kettlewell, P.S. (eds) Cereal Grain Quality. Springer, Dordrecht. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-94-009-1513-8\\_12](https://doi.org/10.1007/978-94-009-1513-8_12)
- [5] Bekes, F; Anderson, O; Gras, P.W; Gupta, R.B; Tarn, A; Wrigley, C.W; Appels, R. (1994): The Contributions To Mixing Properties of 1D HMW Glutenin Subunits Expressed in a Bacterial System. In: Henry, R.J., Ronalds, J.A. (eds) Improvement of Cereal Quality by Genetic Engineering. Springer, Boston, MA. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2441-0\\_12](https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2441-0_12)
- [6] Békés F. and Gras P.W. (1992): Demonstration of the 2-gram Mixograph as a research tool. Cereal Chem. 69. 229-230.
- [7] Bekes, F; Gras, P.W; Gupta R.B; Hickman D.R; Tatham A.S. (1994): Effects of a high Mr Glutenin Subunit (1Bx20) on the Dough Mixing Properties of Wheat Flour. Journal of Cereal Science, 19, pp. 3-7. DOI: <https://doi.org/10.1006/jcrs.1994.1002>
- [8] Anderson O.D; Békés F. (2011): Incorporation of high-molecular-weight glutenin subunits into doughs using 2 gram mixograph and extensigraphs. Journal of Cereal Science, Volume 54, Issue 3, pp. 288-295. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2011.06.001>
- [9] Gras P.W; O'Brien L. (1992): Application of a 2-Gram Mixograph to Early Generation Selection for Dough Strength. Cereal Chem. 69(3):254-257.
- [10] Kieffer R; Wieser H; Henderson M.H; Graveland A. (1998): Correlations of the Breadmaking Performance of Wheat Flour with Rheological Measurements on a Micro-scale. Journal of Cereal Science, Volume 27, Issue 1, pp. Pages 53-60. DOI: <https://doi.org/10.1006/jcrs.1997.0136>
- [11] Dobraszczyk B; Salmanowicz B.P. (2008): Comparison of predictions of baking volume using large deformation rheological properties. Journal of Cereal Science 47(2), pp. 292-301. DOI: 10.1016/j.jcs.2007.04.008
- [12] Melnyk J. P; Dreisoerner J; Marccone M.F; Seetharaman K. (2012): Using the Gluten Peak Tester as a tool to measure physical properties of gluten. Journal of Cereal Science, Volume 56, Issue 3, pp. 561-567. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2012.07.015>

- [13] Békés F; Gras P. W; Anderssen R.S; Appels R. (2001): Quality traits of wheat determined by small-scale dough testing methods. *Australian Journal of Agricultural Research* 52(12) pp. 1325 – 1338. DOI: <https://doi.org/10.1071/AR01041>
- [14] Békés F., Lokow O.M., Uthayakumaran S., Mann G. (2003): Small-scale Quality measurements. in: *Wheat Gluten Protein Analysis*. Shewry P., Lookhart G. (eds), American Association of Cereal Chemists (AACC), St Paul, MN, ISBN 978-1891127328, pp. 173-198.
- [15] Mani K; Eliasson A-Ch; Lindhal L; Tragardh Ch. (1992): Rheological properties and breadmaking quality of wheat flour doughs made with different dough mixers. *Cereal Chemistry*, 69 (2) (1992), pp. 222-225.
- [16] Haraszi R; Larroque O.R; Butow B.J; Galeb K.R; Bekes F. (2008): Differential mixing action effects on functional properties and polymeric protein size distribution of wheat dough. *Journal of Cereal Science*, Volume 47, Issue 1, pp. 41-51. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2007.01.007>
- [17] MSZ EN ISO 5530-1:2015: Búzaliszt. A tészta fizikai jellemzői. 1. rész: A vízfelvevő képesség és a reológiai tulajdonságok meghatározása farinográffal. (Wheat flour. Physical characteristics of doughs. Part 1: Determination of water absorption and rheological properties using a farinograph. This part of ISO 5530 is based on ICC 115/1 and AACC Method 54-21.2.)
- [18] ISO 5530-3:1988: Wheat flour – Physical characteristics of doughs – Part 3: Determination of water absorption and rheological properties using a valorigraph (This part of ISO 5530 is based on ICC 115.)
- [19] Rath, C.R; Gras, P.W; Zhonglin, Z; Appels, R; Békés, F; Wrigley, C.W. (1995): A Prototype Extension Tester for Two-gram Dough Samples. Proc. 44. Annual RACI Conference, Ballarat, Eds.: Panozzo, J.F. Downie, P.G., pp.: 122-126, RACI, Melbourne
- [20] Uthayakumaran S; Gras P. W; Stoddard, F. L; Bekes F. (1999) Effect of Varying Protein Content and Glutenin-to-Gliadin Ratio on the Functional Properties of Wheat Dough. *Cereal Chemistry* Volume 76, Issue 3, pp. 389-394. DOI: <https://doi.org/10.1094/CCHEM.1999.76.3.389>
- [21] Békés F., Southan M.S., Tomoskozi S., Nanasi J., Gras P.W., Varga J., McCorquodale J., Osborne B.G. (2000): Comparative studies on a new micro scale laboratory mill. In: Panozzo, J., Radcliffe, M., Wootton, M., Wrigley, C.W. (eds), *Cereals 1999*. Proc. 49th Aust. Cereal Chem. Conf. Royal Aust. Chem. Instit., Melbourne, Australia, pp. 483–487.
- [22] Tömösközi S., Varga J., Gras, C.W., Rath C., Salgó A., Nanasi J., Fodor D., Békés F. (2001): Scale Down Possibilities in Development of Dough Testing Methods. In: Shewry, P.R., Tatham, A.S. (eds), *Wheat Gluten*. Royal Soc. Chem., Chambridge, UK, pp. 321–325.
- [23] Salgó A., Varga, J., Tömösközi S., Gras P., Rath C., Békés F., Nanasi J., Fodor D., Southan M. (2001): Novel lab micro mill – a tool for small scale testing. In: *Cereals 2000*. Proc. 11th ICC Cereal and Bread Congress. Royal Aust. Chem. Inst., Melbourne, pp. 35–40.
- [24] Tömösközi S.; Varga J.; Gras P.; Rath C.; Fodor D.; Nánási J.; Salgó A.; Békés F. (2002): Micro scale instruments for wheat testing. In: *Novel Raw Materials, Technologies and Products - New Challenge for the Quality Control*, A.Salgó, S.Tömösközi and R.Lásztity (eds), *Proceedings ICC (Budapest, Hungary, 26-29 May, 2002)*, pp. 193-195. DOI: <http://hdl.handle.net/102.100.100/197828?index=1>
- [25] Tömösközi S., Békés, F., Haraszi, R., Gras, P.W., Varga, J., Salgó, A. (2002): Application of Micro Z-arm Mixer in Wheat Research – Effects of Protein Addition on Mixing Properties of Wheat Dough. *Periodica Polytechnica* 46. pp. 11-28
- [26] Tömösközi S., Kindler Á., Varga J., Rakszegi M., Láng L., Bedő Z., Baticz O., Haraszi R., Békés F. (2004): Determination of Breadmaking Quality of Wheat Flour Dough with Different Macro and Micro Mixers. in: *The Gluten proteins*, eds: D. Lafandra D., Masci, D'Ovidio R., *The Proceedings of the 8th Gluten Workshop held on 8-10 September in Viterbo, Italy*. ISBN 0-85404-633-X. pp.267 – 270. DOI: <https://doi.org/10.1039/9781847552099-00267>
- [27] Haraszi R., Bekes F., Bason M.L., Dang J.M.C., Blakeney J.L. (2004): Dough Mixing Studies on the Micro Z-Arm Mixer. in: *The Gluten proteins*, eds: D. Lafandra D., Masci, D'Ovidio R., *The Proceedings of the 8th Gluten Workshop held on 8-10 September in Viterbo, Italy*. ISBN 0-85404-633-X. pp. 219 – 222.
- [28] Haraszi, R; Gras, P.W; Tömösközi, S; Salgó, A; Békés, F. (2004): The Application of a Micro Z-Arm Mixer to Characterize Mixing Properties and Water Absorption of Wheat Flour. *Cereal Chem.* 81. p. 555-560. DOI: <https://doi.org/10.1094/CCHEM.2004.81.5.555>
- [29] Tömösközi S., Nádosi M., Ercsey K., Haraszi R., Békés F., Salgó A. (2007) Determination of wheat and breadmaking quality with small-scale methods – an overall comparison study. In: Lookhart, G.L., Ng, P.K. (eds), *Gluten Workshop 2006*, San Francisco. AACCI, St Paul, MN, USA, pp. 243–248.

- [30] Wrigley C.W., Tömösközi S., Békés F. (2011): Hungarian-Australian Collaborations in Flour Milling and Test Milling over 120 Years. *Cereal Research Communications* 39. p. 216–225.
- [31] Békés F. (2014): A búza „sütőipari minőség” fogalmának alakulása a kezdetektől napjainkig a gabonavegyés szemével – akadémiai székfoglaló előadás részletei. *Élelmiszervizsgálati közlemények* – 2014. LX. évf. 3. szám. pp. 4-27.
- [32] MSZ EN ISO 5529:2010: Búza. A szedimentációs index meghatározása. Zeleny-teszt (ISO 5529:2007).
- [33] ICC Standard No 116/1: 116/1 Determination of the Sedimentation Value (according to Zeleny) as an Approximate Measure of Baking Quality.
- [34] Tömösközi S., Nádosi M., Ercsey K., Nánási J., Varga J. (2005): Development of small-scale methods for measuring wheat quality – A new instrument for determination of sedimentation value, 50 YEARS ICC-JUBILEE CONFERENCE 1955-2005 „Cereals – the Future Challenge” Vienna, AUSTRIA.
- [35] Tömösközi S., Nádosi M., Nánási J., Bor G., Ercsei K, Varga J. (2008): Automation of methods for cereal qualification: Development and validation of macro- and micro-scale sedimentation-tests, in: C&E Spring Meeting 2007 Proceedings, AACC International. pp. 169-172. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-1-891127-61-8.50043-1>
- [36] Tömösközi, S.; Nádosi, M.; Balázs, G.; Cavanagh, C.; Morgunov, A.; Salgó, A.; Békés, F. Revival of sedimentation value—Method development, quality prediction and molecular background. In *Proceedings of the 10th International Gluten Workshop*. Branlard G. (ed.) INRA, Clermont-Ferrand, France, 7–9 September 2009; pp. 104–108.
- [37] MSZ EN ISO 21415-1: Búza és búzaliszt. Sikértartalom. 1. rész: A nedves sikér meghatározása kézi módszerrel (ISO 21415-1:2006).
- [38] Tömösközi S., Szendi SZ., Bagdi A., Harasztos A., Balázs G., Diepeveen D., Appels R. Békés F. (2013): New possibilities in micro-scale wheat quality characterization: Micro-gluten determination and starch isolation. in: *Proceedings: 11th International Gluten Workshop*, He Z., Wang D.(eds.). Beijing, China, August 12–15, 2012. Mexico, D.F.: International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT). ISBN: 978-607-8263-30-1; URI: <http://hdl.handle.net/10883/3226>. pp.123-127.
- [39] Tömösközi S., Békés F. (2016): Bread: Dough Mixing and Testing Operations. *Encyclopedia of Food and Health*, pp. 490-499. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00086-6>
- [40] Hemdane S., Jacobs P. J., Dornez E., Verspreet J., Delcour J. A., M. Christophe C. M. (2016): Wheat (*Triticum aestivum* L.) Bran in Bread Making: A Critical Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, Volume 15, Issue 1, pp. 28-42. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12176>
- [41] AACC 10-09.01: Basic Straight-Dough Bread-Baking Method—Long Fermentation.
- [42] ICC Nr. 131: Method for Test Baking of Wheat Flours.
- [43] ISO 6820:1985: Wheat flour and rye flour — General guidance on the drafting of bread-making tests.
- [44] Hruskova M., Skvrnova J. (2003): Use of Maturograph and Spring Oven for the Dermination of Wheat Flour Baking Characteristics. *Czech J. Food Sci.*, 21: 71–77.
- [45] DOI: <https://doi.org/10.17221/3479-CJFS>
- [46] Selmaier P.L., Koehler P. (2008): Baking performance of synthetic glycolipids in comparison to commercial surfactants. *J Agric Food Chem.* 13; 56(15), pp.6691-700. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf800692b>
- [47] Gamero A., Ingoglia C., De Jong C. (2013): Microbread: use of a micro-scale screening bread-baking platform for high-throughput screening of new ingredients and formulations in baked goods. *Proceedings of the 10th Wartburg Symposium At: Eisenach* Volume: Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie, Freising, ISBN 978-3-938896-79-2, pp. 359-362.
- [48] Németh, R., Bánfalvi, Á., Csendes, A., Kemény, S., Tömösközi, S., 2018. Investigation of scale reduction in a laboratory bread-making procedure: comparative analysis and method development. *J. Cereal Sci.* 79, pp. 267–275. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.11.009>
- [49] Tömösközi S., Németh R., Farkas A., Szepesvári P. (2018): Development of semi-automated macro- and micro-scale baking test. in: LACC/IGW. 13th International Gluten Workshop Gusman C. (ed).
- [50] ISBN: 978-84-9927-493-5, pp. 56-59.
- [51] Németh R., Farkas A., Tömösközi S. (2019): Investigation of the possibility of combined macro and micro test baking instrumentation methodology in wheat research. *Journal of Cereal Science* Volume 87, May 2019, pp. 239-247. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2019.04.006>

- [52] Németh R., Szendi Sz., Bánfalvi Á., Csendes A. Tömösközi S. (2015): Sütőipari végtermék teszt mintamennyiségének csökkentése - módszerfejlesztés, összehasonlító vizsgálatok ÉLELMISZER TUDOMÁNY TECHNOLÓGIA 69 : 3 pp. 20-26.
- [53] Király I., Baticz O., Larroque O., Juhász A., Tömösközi S., Békés F., Gouth A., Abonyi T., Bedő Z. (2004) :Relationship between functional properties of wheat dough and the relative proportion of the polymeric fraction. in: Proceedings of The gluten proteins. Lafiandra D., Masci S., DOvidio, R. (eds.) Cambridge, Egyesült Királyság / Anglia : Royal Society of Chemistry (RCS) pp. 323-326.
- [54] RoyaN., Shahidul I., Mab J., Luc M., Török K., Tömösközi, S., Békés F., Lafiandra D., Appels R., Maa W. (2018): Expressed Ay HMW glutenin subunit in Australian wheat cultivars indicates a positive effect on wheat quality. *Journal of Cereal Science*, Volume 79, pp. 494-500. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.12.009>
- [55] Cavanagh C., Taylor J., et al. (2010): Sponge and dough bread making: genetic and phenotypic relationships with wheat quality traits. *Theor Appl Genet.* 121, pp. 815–828. DOI:10.1007/s00122-010-1352-3
- [56] Bánfalvi Á., Németh R., Bagdi A. Gergely Sz., Rakszegi M., Bedő Z., Láng L., Vida Gy., 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, pp. 4409–4417. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.10479>
- [57] Oszvald M., Tömösközi S., Tamas, L., Bekes F. (2008): Role of rice and added wheat protein in the mixing properties of different rice flours - (a preliminary study). *ACTA ALIMENTARIA: AN INTERNATIONAL JOURNAL OF FOOD SCIENCE* 37 : 3 pp. 399-408. , 10 p. DOI: <https://doi.org/10.1556/AAlim.2008.0002>
- [58] Oszvald M., Balázs G., Tömösközi S., Békés F., Tamás L. (2011) Comparative study of the effect of incorporated individual wheat storage proteins on mixing properties of rice and wheat doughs, *J. Agric. Food Chem.* 2011, 59, 17, pp. 9664-9672. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf202399t>
- [59] Oszvald M., Balázs G., Pólya S., Tömösközi S., Appels R., Békés F., Tamás. L. (2013): Wheat storage proteins in transgenic rice endosperm. *J. Agric. Food Chem.* 2013, 61, 31, pp. 7606–7614. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf402035n>
- [60] Tömösközi S., Gyenge L.m Pelcéder Á., Abonyi T., Schönlechner, R., Lásztity R. (2011): Effects of Flour and Protein Preparations from Amaranth and Quinoa Seeds on the Rheological Properties of Wheat-Flour Dough and Bread Crumb. *Czech J. Food Sci.* Vol. 29, No. 2, pp. 109–116.
- [61] OszvaldM., Tamás C., Rakszegi M., Tömösközi S., Békés F., Tamás L. (2009): Effects of incorporated amaranth albumins on the functional properties of wheat dough. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Volume89, Issue5, pp. 882-889. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.3528>
- [62] Langó B., Bóna L., NG P.K.W., Ács E., Török K., Tömösközi S. (2018): Evaluation of carbohydrate properties and end-use quality of hexaploid triticale and its relationship to solvent retention capacity. *Journal of Cereal Science*, Volume 84, pp. 95-102. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2018.10.005>
- [63] Tömösközi S., Németh R., Petra R., Bender D., Jaksics E., Túróczy F., Török K., Schönlechner R. (2018): A sikérfehérjéket nem tartalmazó (gluténmentes) termékek táplálkozási és technológiai minőségének fejlesztése. *Magyar Kémiai Folyóirat*, 124. évfolyam, 3. szám, pp. 101-105. DOI:10.24100/MKF.2018.03.10
- [64] Farkas A., Szepesvári P., Németh R., Bender D., Schoenlechner R., Tömösközi S. (2021): Comparative study on the rheological and baking behaviour of enzyme-treated and arabinoxylan-enriched gluten-free straight dough and sourdough small-scale systems, *JOURNAL OF CEREAL SCIENCE* 101 Paper: 103292 , 10 p. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2021.103292>
- [65] Bagdi A., Tomoskozi S., Nystrom L. (2017): Structural and functional characterization of oxidized feruloylated arabinoxylan from wheat. *FOOD HYDROCOLLOIDS* 63 pp. 219-225. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.08.045>
- [66] Rakszegi M., Balazs G., Bekes F., Harasztos A., Kovacs A., Lang L. Bedo Z., Tomoskozi S. (2014): Modelling Water Absorption of Wheat Flour by Taking into Consideration of the Soluble Protein and Arabinoxylan Components, *CEREAL RESEARCH COMMUNICATIONS* 42 : 4 pp. 629-639. DOI: <https://doi.org/10.1556/CRC.2014.0007>
- [67] Bender D., Németh R., Cavazzi G., Túróczy F., Schall E., D'Amico S., Török K., Lucisano M., Tömösközi S., Schönlechner R. (2018): Characterization of rheological properties of rye arabinoxylans in buckwheat model systems. *Food Hydrocolloids*, Volume 80, pp. 33-41. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.01.035>

- [68] Németh R., Bender D., Jaksics E., Calicchio M., Langó B., D'Amico S., Török K., Schoenlechner R., Tömösközi S. (2019): Investigation of the effect of pentosan addition and enzyme treatment on the rheological properties of millet flour based model dough systems. *FOOD HYDROCOLLOIDS* 94 pp. 381-390. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.03.036>
- [69] Németh R., Fekete-Papp R., Orosz K., Jaksics E., Szentmiklóssy M., Török K., Tömösközi S. (2022): Investigation of the Role of Arabinoxylan on Dough Mixing Properties in Native and Model Wheat Dough Systems. *Periodica Polytechnica Chemical Engineering*, 66(3), pp. 437-447. DOI: <https://doi.org/10.3311/PPch.19019>
- [70] Bucsella B., Takács Á., Vizer V., Schwendener U., Tömösközi S. (2016): Comparison of the effects of different heat treatment processes on rheological properties of cake and bread wheat flours. *Food Chem.* 2016 Jan 1;190, pp. 990-996. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.06.073>.
- [71] Tömösközi S., Nádoszi M., Búvár G., Láng L., Salgó A. Bedő Z. (2008): A Pannon búza minőségi kritériumrendszere. in: Bedő, Z (szerk.) *A Pannon minőségű búza nemesítése és termesztése*, Budapest, Magyarország Agroinform Kiadó pp. 11-34.
- [72] Rakszegi M., Láng L., Bedő Z., Szendi Sz., Gergely Sz., Tömösközi S., Salgó A., Tóth B., Búvár., Osvay Gy. (2012): Pannon búzafajták nemesítése, termesztési és élelmiszeripari feldolgozási rendszerének fejlesztése. *MARTONVÁSÁR* 24, pp. 18-21.
- [73] MSZ 6383: Búza és durumbúza élelmezési célra
- [74] MAGYAR ÉLELMISZERKÖNYV (Codex Alimentarius Hungaricus) (2020): 2-201 számú irányelv, Malomipari termékek.
- [75] Tömösközi S. (2012): Az új búzaszabványról. *Martonvásár* 24, pp 24-25.
- [76] Tömösközi S. (2013): Az új magyar búzaszabvány szerepe a minőség szemlélet formálásában. *AGROFÓRUM EXTRA* 24:50. pp. 46-47.
- [77] Codex Alimentarius 2010. Guidelines on nutrition labelling CAC/GL 2-1985 as last amended 2010. Joint FAO/WHO Food Standards Programme, Secretariat of the Codex Alimentarius Commission, FAORome.
- [78] Lőrincz R., Bagdi A., Szendi Sz., Bucsella B., Tömösközi S. (2012): Új típusú, funkcionális komponensekben gazdag búzaörlemény összetételi és reológiai jellemzése. *ÉLELMISZER TUDOMÁNY TECHNOLÓGIA* 66: 3 pp. 5-11.
- [79] Bucsella B., Molnár D., Harasztos A., Tömösközi S. (2016): Comparison of the rheological and end-product properties of an industrial aleurone-rich wheat flour, whole grain wheat and rye flour, *JOURNAL OF CEREAL SCIENCE* 69 pp. 40-48. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.02.007>
- [80] Rakszegi M., Balázs G., Bekes F., Harasztos A., Kovacs A., Lang L. Bedo Z., Tomoskozi S. (2014): Modelling Water Absorption of Wheat Flour by Taking into Consideration of the Soluble Protein and Arabinoxylan Components, *CEREAL RESEARCH COMMUNICATIONS* 42 : 4 pp. 629-639. DOI: <https://doi.org/10.1556/CRC.2014.0007>
- [81] 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. *JOURNAL OF CEREAL SCIENCE* 86, pp. 117-123. D DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2019.01.012>
- [82] Harasztos A., Balázs G., Csőke P. N., D'Amico S., Schönlechner R., Tömösközi S. (2016) :How Arabinoxylans Modify Gluten and Starch Related Wheat Flour Characteristics. *Acta Alimentaria*, 45:2 pp. 215-223. DOI: <https://doi.org/10.1556/AAlim.2015.0010>.
- [83] Hankóczy J., Surányi J., Takách Gy. (1938): *A magyar búzatermesztés átszervezése, 1931-1937*. Bp., Pátria Irodalmi Vállalat és Nyomdai Részvénytársaság
- [84] Bedő Z., Kárpáti M., Vida G., Láng L. (1995): Good breadmaking quality wheat (*Triticum aestivum*L.) genotypes with 2+12 subunit composition at the Glu-D1 locus. *Cereal Res Commun*23: pp. 283-289.
- [85] Juhász A., Larroque OR., Tamás L., Hsam SLK., Zeller FJ., Békés F. et al. (2003): Bánkúti 1201 - an old Hungarian wheat variety with special storage protein composition. *Theor Appl Genet*107. pp. 697-704. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00122-003-1292-2>
- [86] Rakszegi M., Batey IL., Vida G., Juhász A., Bedő Z., Morell MK. (2003): Starch properties in different lines of an old Hungarian wheat variety, Bánkúti 1201. *Starch/Staerke* 55. pp. 397-402. DOI: <https://doi.org/10.1002/star.200300197>



- [87] Török K., Tremmel-Bede K., Szentmiklóssy M., Gergely Sz., Rakszegi M., Tömösközi S. (2017): Arabinoxylans as main dietary fibre components in old Hungarian wheat landraces and in new lines In: EuroFoodChem XIX Conference: Central Role of Food Chemistry within the Food Science, Budapest, Magyarország : Hungarian Chemical Society (2017) pp. 43-43.
- [88] 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 JOURNAL OF CEREAL SCIENCE 86 pp. 117-123.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2019.01.012>
- [89] Jaksics E., Németh R., Farkas A., Horvath R., Duzs D., Drozdik A., Csányi B., Bidló G., Simon K., Tömösközi S. (2022): Comparative compositional and functional characterisation of rye varieties and novel industrial milling fractions, International Journal of Food Science and Technology 2022, 57, pp. 4463–447. DOI: <https://doi.org/10.1111/ijfs.15780>
- [90] Bugyi Zs., Török K., Hajas L., Adonyi Zs., Poms R.E., Popping B., Diaz-Amigo C., Kerbach S., Tömösközi S. (2012): Development of incurred reference material for improving conditions of gluten quantification. JOURNAL OF AOAC INTERNATIONAL 95, pp. 382-387. DOI: [https://doi.org/10.5740/jaoacint.SGE\\_Bugyi](https://doi.org/10.5740/jaoacint.SGE_Bugyi)
- [91] Török K., Hajas L., Bugyi Zs., Balázs G., Tömösközi S. (2015): Investigation of the effects of food processing and matrix components on the analytical results of ELISA using and incurred gliadin reference material candidate. ACTA ALIMENTARIA 44 : 3 pp. 390-399.  
DOI: <https://doi.org/10.1556/AAlim.2014.0018>
- [92] Hajas L., Scherf K.A., Török K., Bugyi Zs., Schall E., Poms R. E., Koehler P., Tömösközi S. (2018): Variation in protein composition among wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars to identify cultivars suitable as reference material for wheat gluten analysis. FOOD CHEMISTRY 267 pp. 387-394.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.05.005>
- [93] Schall E., Scherf K. A., Bugyi Zs., Török K., Koehler P., Schoenlechner R., Tömösközi S. (2020): Further Steps Toward the Development of Gluten Reference Materials - Wheat Flours or Protein Isolates? FRONTIERS IN PLANT SCIENCE 11 Paper: 906 , 17 p.  
DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00906>
- [94] Szentmiklóssy M., Jaksics E., Farkas A., Bidló G., Simon K, Németh R., Tömösközi S. (2022): Dietary fiber and short-chain carbohydrates composition of rye varieties and newly developed industrial milling fractions. In: Book of Abstracts of 7th Cereals & Europe Spring Meeting, Thessaloniki, Greece.
- [95] Pauk, J. Lantos Cs., Ács K., Gell Gy., Tömösközi S., Búza Hajdú K, Békés F. (2019). Spelt (*Triticum spelta* L.) In Vitro Androgenesis Breeding for Special Food Quality Parameters. In: Al-Khayri, J., Jain, S., Johnson, D. (eds) Advances in Plant Breeding Strategies: Cereals, pp. 525–557 Springer, Cham. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-23108-8\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-030-23108-8_14)

## 9. Alap és alkalmazott projektek listája

2020-2024 National project, Exploring of the genetic, compositional and processing potentials of spelt' (Project ID: OTKA K 135343)

2017 – 2021 National project (GalgaGabona), “Developments to improve the conditions of human utilization of oats and rye in terms of food safety, agrotechniques, processing technology and nutritional value“ (Project ID: 2017-1.3.1-VKE-2017-00004)

2015 – 2019 “Consortional assoc. New aspects in wheat breeding: improvement of the bioactive component composition and its effects“ (Project ID: OTKA K112179)

2015 – 2018 Austrian - Hungarian bilateral project, “Improving gluten-free dough by a novel hemicellulose network“ (Project ID: OTKA ANN 114554)

2016 – 2018 Austrian - Hungarian bilateral project, “Fundamental study on the structure, rheological and functional properties of model gluten-free dough and products based on modified carbohydrate systems“ (Project ID: TÉT\_15-1-2016-0066)

2013 – 2016 National project, “Quality characterization and applicability study in market-oriented breeding of old wheat genotypes“ (Project ID: AGR\_PIAK-13- 2013-0074)

2012 – 2014 Austrian - Hungarian bilateral project, “Improvement and optimisation of the nutritional value and technological properties of gluten-free products – study on the effect of newly developed food additives and alternative crops“ (Project ID: TÉT\_10-1-2011-0731)

2009 – 2013 National Project - “Development of breeding, agricultural production and food industrial processing system of Pannon wheat varieties” (Tech\_09-A3-2009-0221)

2010 – 2012 National Project - “Development of quality-oriented and harmonized R+D+I strategy and functional model at BME” (Project ID: TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0002)

2009-2012 National project - “Development of R+D environment and tools for improvement the technology- and knowledge transfer activity at Budapest University of Technology and Economics” (Project ID: TÁMOP-4.2.1-08/1/KMR-2008-000)

2009 - 2012 Hungarian Scientific Research Fund - „The relationships of breadmaking quality properties of wheat with the composition of gluten and pentosan” (Project ID: OTKA CK 80334)

2009 – 2012 National Project - “Health Promotion and Tradition: Development of raw materials, functional foods and technologies in cereal-based food chain” (Project ID: TECH\_08\_A3/2-2008-0425)

2010 – 2011 Austrian – Hungarian Action Fund - Use of pentosans for the production of bread, bakery goods and gluten-free bread of enhanced nutritional value (Project ID: 77öu12)

2009-2011 EU-supported national program “Development of curriculum for MSc education on the area of Food safety and quality” (Project ID: TÁMOP-4.1.2-08/2/A/KMR-2009-0011)

2009 – 2011 Hungarian – Turkish bilateral project – “Improvement of quality and safety of cereals and cereal based food products” (Project ID: TR-16/2008)

2007 – 2011 EU FP6 - MoniQA Network of Excellence (Monitoring and Quality Assurance in the Food Supply Chain (Project ID: FOOD-CT-2006-036337)

2008 – 2009 Austrian – Hungarian Bilateral project - “Functional foods from underutilized cereals and pseudocereal; optimisation of processing parameters and evaluation of its health promoting properties” (Project ID: AT-12/2007)

2003 – 2008 Hungarian Scientific Research Fund - “The effect of low molecular weight polypeptides on the polymerization degree distribution of polymeric glutenin” (Project ID: OTKA K 42703)

2004-2007 National R+D Program - „Scientific program for development of Pannon wheat quality - (Project ID: GAK-ALAP-00126/2004)

2004 – 2005 Scientific-technical cooperation, Austria – Hungary - „Comparison of different amaranth species (regarding chemical composition, functional and sensory properties) for the production of amaranth beverages and amaranth bread” (TÉT Program, Project ID: A-20/03)

2001-2005 National R+D Program - „Improvement the utilisation of basic materials in cereal industry” (Project ID: NKFP (4/035/2001)

2001 – 2005 Hungarian Scientific Research Fund – “Development of micro-scale methods for determination of cereal quality” (Project ID: OTKA K 34486)

2003 – 2004 Scientific-technical cooperation, Poland – Hungary “Study of functional, rheological and surface properties of mixed protein systems containing wheat and other plant protein fractions” (TÉT Program, Project ID: PI 05/99)

2001 – 2004 Hungarian Economic Competitiveness Program – “Pannon Wheat Program” (Project ID: ALAP1-00126/2004)

2000 – 2003 Hungarian Scientific Research Fund - “Investigation of nutritional and functional properties of pseudo cereals” (Project ID: OTKA T-032650)

1996-2000 National Committee for Technical Development (OMFB) Program – “Development of micro-scale Z-arm mixer and laboratory mill” (Project ID: 96-97-68-1354)

1994 – 1998 PHARE-PMU Program – “An educational, retraining and continuing education project in the field of food and pharmaceutical industries and environmental protection” (Project ID: HU-94.05 0101-L015/20)