

---

## ***A tanszéki gabonakutatások nemzetközi megítélése „külső-belső” szemmel***

**Kulcsszavak:** a búza glutenin modellje, tioninok, arabodoxán, aktíván

### **1. ÖSSZEFOGLALÁS**

A szerző összefoglaló munkájában a Budapesti Műszaki Egyetem – mai nevén a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen folytatott élelmiszerkémiai kutató és oktató munka összefoglalását adja. Kéziratának alapját az Egyetem „100+10” jubileumi ünnepségén elhangzott előadása képezi (*a Szerk.*).

<sup>1</sup> Az MTA külső tagja, FBFD PTY LTD NSW Australia

## 2. Bevezetés

Ezen visszaemlékezés szokatlan címe némi magyarázatra szorul: írója ötödéves vegyészmenők-hallgatóként 51 éve kapott demonstrátori állást az akkor Telegdy-Kováts professzor által vezetett Biomémia Tanszéken, 1972 júliusában, két héttel a tanszékvezetőváltás után kezdett ott dolgozni, mint ösztöndíjas gyakornok, Lásztity professzor mellett. Itt oktatott és kutatott, az egyetemi számléltra fokait megmászva, egyetemi doktori és kandidátusi fokozatot szerezve 1987-ig, amikor is meghívást kapott az ausztráliai állami kutatóhálózat (CSIRO) búzakutató intézetébe. Ott tevékenykedve állandó és folyamatos együttműködésben a Tanszék kutatóival, tanúja/részesé volt az itt bemutatandó eseményeknek, ugyanakkor személyesen érzékelhette ezeknek hírét, hatását a szakma nemzetközi platformján.

## 3. Előzmények

A tanszék gabonakémiai munkásságának ismertetése előtt érdemes egy, a Tanszék születését jó 50 évvel megelőző magyar vonatkozású eseményt megemlíteni, amely napjainkban is hat az ott folyó kutatások szellemére, stratégiájára.

A XIX. század utolsó negyede a magyar malomipar sikerkorszaka, amikor Ganz Ábrahám gyárában új módszerrel gyártott, rovátkolt felületű, kéregöntésű öntöttvas hengerekkel dolgozó malmok világviszonylatban is elterjedtek.

Ebben az időszakban jutott el ausztrál földre egy, a Ganz-féle őrlési technika akkor forradalmian új technológiai megoldásainak bemutatására készített, miniatűr őrlőhengereket és szitaberendezést tartalmazó modellmalom [1]. Ez kis mennyiségű, néhány kilogrammnyi gabonaminta tájékoztató őrlésére és vizsgálati célú liszt előállítására szolgált. Ez a berendezés nem csak a XIX. századi magyar ipar egyik csúcsteljesítményének kicsinyített másaként és a kibontakozó ausztrál gabona-feldolgozó ipar szimbólumaként lett értékes ipartörténeti ereklye, hanem fontos szerepet kapott a gabonatudomány megszületésében is.

Az 1890-es évek elején az ausztrál búzanemesítő, *William Farrer* és a mellette dolgozó vegyész, *Fredrick Guthrie* jutottak először arra a gondolatra, hogy a búzanemesítés folyamatában a szelekció egyik fontos kritériuma – a terméshozam mellett – a búza minősége legyen. A gabona minőségének meghatározása céljából Guthrie koncepciója az volt, hogy a laboratóriumban az őrlés, a tésztakésztítés és a sütés folyamatát a malmi és sütőipariberendezésekkel azonos elvű, de arányosan lekicsinyített modellekkel vizsgálják meg [2].

Guthrie-nak, meglátogatván az egyik frissen épült malmot, véletlenül jutott tudomására a későbbi cikkeiben csak „játékmalom”-nak nevezett Ganz-féle próbamalom létezése, amelyet kölcsönkapott, és ezzel elkezdte a Farrer által nemesített búzafajták vizsgálatát. Így született meg a ma gabonakémiaként ismert szaktudomány, amelyben a kis Ganz-hengerszékes próbamalom volt az első laboratóriumi vizsgáló eszköz.

A „játékmalom” hosszú hanyattatás után, egy lomtárból előkerülve 2011-ben visszakerült Magyarországra és ma a budapesti Öntödei Múzeum állandó kiállításának értékes darabja [3].

## 4. Kezdetek

A Tanszék születése óta a gabonatudomány az ott folyó kutatómunka egyik legfontosabb területe. A 20-as években - amikor a Tanszék Vuk Mihály vezetése alatt létrejött – a hazai gabonakutatás nemzetközileg elismert, fontos tényező volt. Karácsony alapvető eredményeit a kenyér kiszáradás témájában az akkor indult amerikai folyóiratban, a *Cereal Chemistry*-ben publikálta [4, 5], széleskörben alkalmazták Pekár színmérési metodikáját [6], világviszonylatban elsők között jelent meg részletés információ a magyar búza és búzaliszt összetételéről [7]. Ebben az időben születtek meg Hankóczy tézta-reológiai műszerei, amelyek forradalmasították a búzakémiát. 1905-ben találta fel a farinométert, az első olyan műszert, amellyel a tézta, ill. a sikér nyújthatóságát meg lehetett állapítani. Ezt továbbfejlesztve 1912-ben megalkotta a Farinográf lisztvizsgáló és minősítő műszert, amely egyidejűleg meghatározza a liszt vízfelvevő képességét, a sikér minőségét, a téztaalakulás idejét stb. [8, 9]. Módszere és találmánya az egész világon elterjedt. Kezdeményezésére indult meg az országos búzakataszter felvétele és a minőségi búzatermesztés elterjesztése [10, 11].

A tanszék Vuk Mihály vezetése alatt fontos szerepet játszott a magyar élelmiszeranalitika, élelmiszer-ellenőrzés területén, különös tekintettel a gabonai és borászati alapanyag- és végtermékminősítés módszereinek kidolgozásában és terjesztésében Tanszéki munkatársaival, Sándor Zoltánnal és Vas Károllyal irták meg az első magyar élelmiszerkémia szakkönyvet [12], Vuk nevéhez fűződik az első magyar nyelvű búzakémiai könyv publikálása [13].

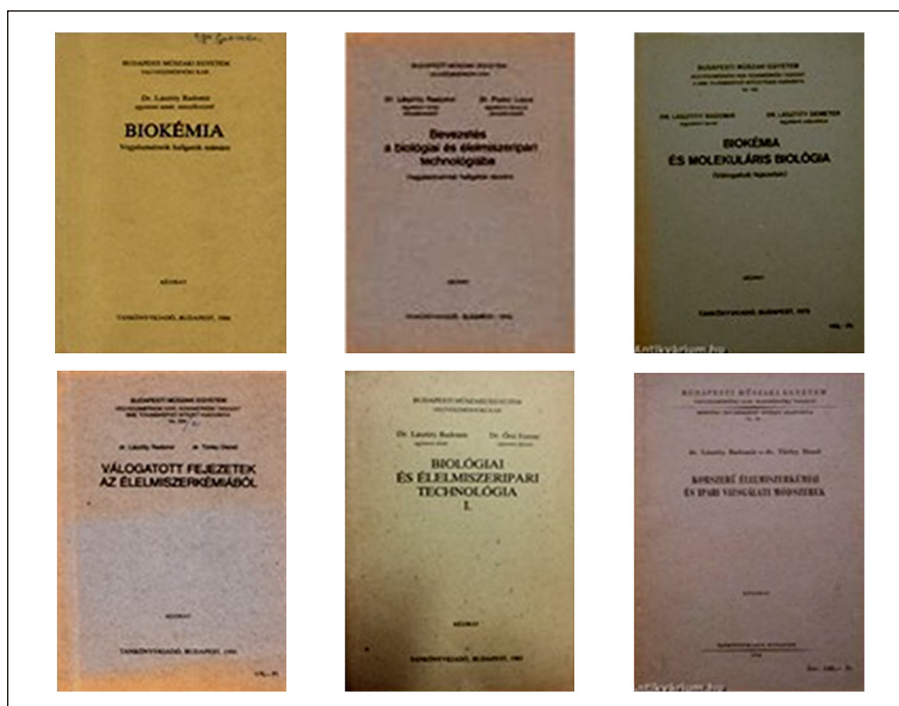
## 5. Lásztity Radomír, a „magyar Pomeranz”

Az 1951-es tanszékvezető-váltást követően, Lásztity Radomirnak a tanszékre kerülésével, de különösen 1972-től, amikor Lásztity átvette a Tanszék vezetését, a gabonakémiai és technológiai kutatás új, nemzetközi elismerést kiváltó korszaka kezdődött. A tanszék létszáma megduplázódott, az átlag életkor 30 évvel

csökkent, Lásztity kutatási tevékenysége mellett igen fontos szerepet játszott a Vegyészmérnöki Kar oktatási struktúrájának alakításában. A biomérnöki képzés megteremtésének élharcosaként, a Tanszék oktató és kutatóállomány tagjaiból valóságos iskolát teremtett a hazai és a nemzetközi gabonatudomány számára. Oktatói szenvedélyét mi sem illusztrálja jobban, hogy egész pályafutása során talált időt nagyszámú hézagpótló magyar és angol nyelvű kézikönyv és hallgatói jegyzet megírására gyakran tanszéki és egyéb kollegák társszerzősége mellett. A CRC Press-nél 1984-ben, "The Chemistry of cereal proteins" címen megjelent könyve, publikálása óta a szakirodalom egyik leggyakrabban forgatott kézikönyve világszerte. Lásztity Radomír ide vonatkozó, fontosabb munkáit az **1. ábra** mutatja be a teljesség igénye nélkül.



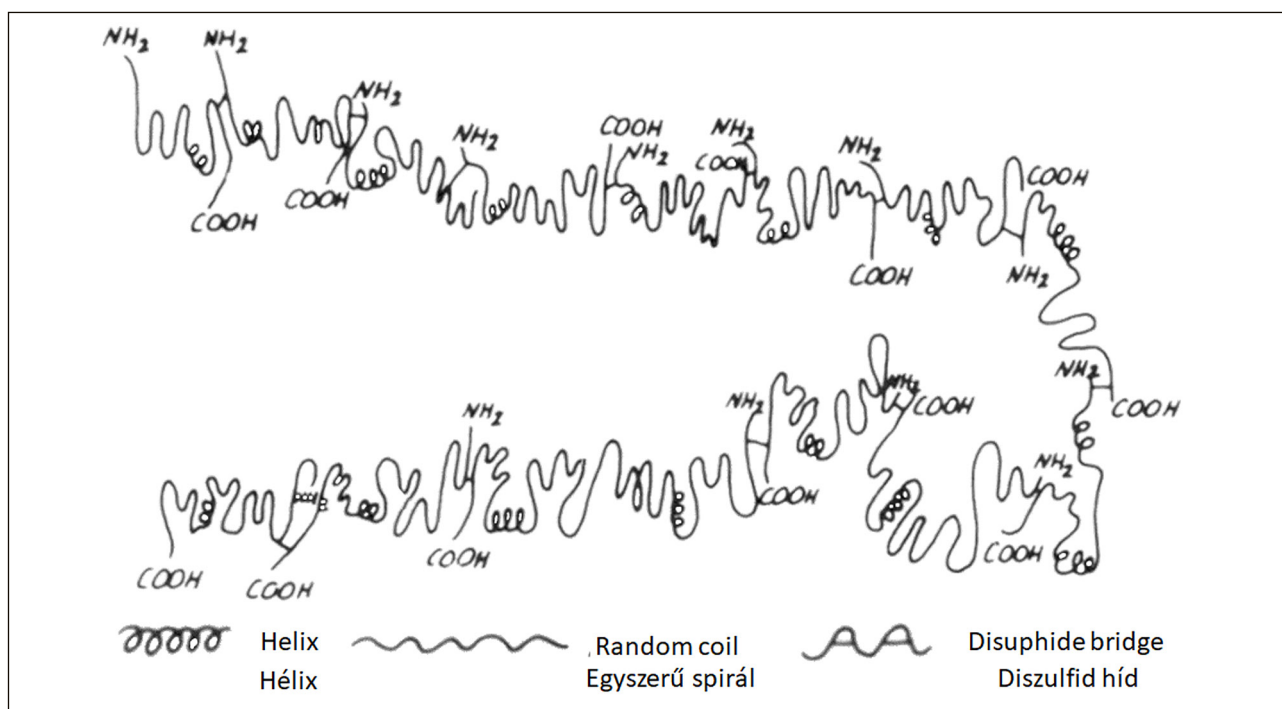
1/a. ábra. Lásztity professzor szakirodalmi munkásságának néhány terméke (szakkönyvek)



1/b. ábra. Lásztity professzor szakirodalmi munkásságának néhány terméke (egyetemi jegyzetek)

Lásztity új iránti nyitottságát mi sem bizonyítja jobban, mint az a tény, hogy a világon elsőként a Tanszéken került az oktatási anyagba a Gánti által kidolgozott Chemoton elmélet a Tanszékvezető neve alatt, a biológus mérnök hallgatók számára fakultatív tárgyként meghirdetett “Válogatott fejezetek a biokémiából” tárgy keretében. E témakörből számos díjnyertes tudományos diákköri dolgozat és diploma született, egy, a MTESZ által felkarolt, “Kinetikai klub” elnevezésű önképzőkör keretében a műegyetemi hallgatók mellett a SOTE-ből és az ELTE-ből is aktívan dolgoztak brebiológiai evolúciós témákon.

Lásztity professzor személyes kutatásainak középpontjában már a kezdetektől a siker szerkezetének és reológiai tulajdonságainak vizsgálata, új, ezen feladatra alkalmas készülékek és módszerek kifejlesztése állt [14, 15, 16, 17, 18]. Munkásságának legfontosabb, korszakalkotó eredménye a búza glutenin lineáris szerkezeti modelljének kidolgozása [19], (2. ábra) amely nevét a korszak legnagyobbjai (Bloksma, Evans, Ewart, Pomeranz) közé emelte.



2. ábra. A búza glutenin fehérjéinek lineáris polimer modellje Lásztity szerint [19]

Lásztity helyét, szerepét a világ gabonatudományi panteonjában legpregnánsabban Colin Wrigley, a szakma világhírű ausztrál reprezentánsa fogalmazta meg, amikor a 90-es években az évenként megrendezett ausztrál gabona konferencián meghívott előadóként jelenlévő Lásztityt előadása előtt a “magyar Pomeranz”-ként mutatta be (Pomeranz szakmánk minden idők legnagyobb alakja, aki saját kutatásai mellett tudományszervezőként, generációkat oktatta/nevelve az USA több egyetemén, 500-on felüli publikációval gazdagította a gabonatudományt. Bekes F.).

## 6. Kiemelt kutatási irányok

Lásztitytól származik a búzasikér azon definíciója, amely napjainkig a legprecízebb leírása ennek a rendkívül összetett bonyolult szerkezetű élelmiszer-alkotónak: “A búzasikér a búzaliszt hidratált fehérjéből és egyéb komponenseiből, a dagasztás során, a dagasztási energia-input hatására létrejövő, specifikus kovalens és nem kovalens kötések által stabilizált, fehérje-lipid-szénhidrát komplex.” Ez a definíció szemléletesen mutatja Lásztity egész pályafutásán végigvonuló érdeklődését az élelmiszerek komplex szerkezeti anyagai iránt, amely végső soron napjainkig meghatározta a Tanszék gabonakémiai kutatásainak egyik leggyakoribb területét, a fehérje-lipid és fehérje-szénhidrát kölcsönhatások összetételének, szerkezetének tanulmányozását, valamint ezek és a tézta funkciós tulajdonságai közötti viszony kutatását.

### 6.1. A búza összetett fehérjéinek kutatása

A Tanszék nagyszámú, e témakörben írott publikációja [20, 21, 22, 23, 24] és nem utolsósorban azok a sütőipari minőség becslésére kidolgozott módszerek, amelyek ezen komplex kémiai kölcsönhatásokon alapulnak [25, 26] komoly nemzetközi visszhangot váltottak ki, a Tanszék ezen tématerület kutatásának egyik legfontosabb alkotóműhelyévé avatták. Ezen tématerülethez sorolható a gabonák különös összetételű,

kis molekulatömegű, lipidkötő fehérjéinek, a tioninoknak a kutatása [27, 28] is, amelynek keretében két, a nemzetközi szakirodalom által több mint százszor idézett publikáció született, az egyik a búza purotionin lipidkomplexének részletes szerkezeti modelljét tárgyalja [29], másikuk a zab tionin, az avenotionin aminosav-szekvenciáját közli [30]. Az összetett búzafehérjék kutatása napjainkban is aktívan, nemzetközi együttműködések által művelt kutatási terület a tanszéken, különös tekintettel a búza raktározási fehérjéinek arabinoxilánnal alkotott termékeivel kapcsolatosan [31, 32, 33, 34, 35, 36].

## **6.2. Gabonaipari műszerfejlesztés, a LaborMIM kapcsolat**

A Tanszék Lásztity által megindított nagyon fontos másik kutatási területe a gabona-ipari vizsgálati készülékek és metodikák fejlesztése, új berendezések és eljárások kidolgozása. Ez a tevékenység a Tanszék és a Labor Műszeripari Művek (LaborMIM) mérnökei között kialakult több évtizedes együttműködés keretében történt [16, 17, 18]. Idézve a BME Vegyészmérnöki Kar 1971-72 -es évkönyvét: *“A Tanszék új laboratóriumi gabona és lisztvizsgáló műszerek tervezéséhez szükséges paraméterek megállapítását, valamint komplett laboratóriumokhoz készült berendezések és műszerek bemérését és szakvéleményezését végzi rendszeresen. Az 1970. évi ilyen irányú tevékenység keretében a Tanszék mikrosütő–kemence és nedvességmérő műszer kialakításával kapcsolatos tanulmányt, elasztigráf, kenyérbél–porozitás mérő készülék és hidrolizáló berendezéssel kapcsolatos tanulmányt, valamint gyors fehérjemeghatározó készülék tervcél tanulmányát készítette el. Megbízó: Labor Műszeripari Művek.”*

A számos gabonavizsgáló készülék megteremtésében való közreműködés mellett, hogy nagyszámú tudományos publikációt és szabadalmat eredményezett, mind belföldön mind külföldön szignifikánsan növelte a Tanszék hírnevét. Magyarországon a gabonaátvétel alapját évtizedekig a Valorigráfos értékszám képezte, így a műszerrel kapcsolatos szakértői szintű ismeretek közvetlen kapcsolatot teremtettek az iparral, nevezetesen a Gabona Tröszt Kézdy Pál által vezetett Minőségi Osztályával, illetve a két érintett iparági kutatóintézet (Gabona Kutatóintézet, Sütőipari Kutatóintézet) dolgozóival. Ezen kapcsolatok révén a Tanszék elsőkézből jutott információhoz a gabonaipar fejlesztési elképzeléseiről, közreműködhetett a felmerülő problémák megoldásában. Utóbbira érdemes itt két példát felhozni, mert mindkét, eredetileg ipari problémaként jelentkező témakör, melynek megoldása során a Tanszék többéves nemzetközi visszhangot kiváltó alapvető kutatási projektjére nőtte ki magát: A tanszék a gabonaiparban jelentkező mikotoxin-fertőzések kapcsán kezdett a kérdéskör analitikájával foglalkozni, amely később a detoxifikálás irányába is kiszélesedett [37, 38, 39, 40]. A Gabona Tröszt takarmány-receptúra kidolgozó tevékenységével kapcsolatos szaktanácsadásból fejlődött ki a tanszéken az in vitro biológiai érték kutatása, amelynek eredményeképpen új típusú kémiai indexeket [41, 42] célfüggvényeként alkalmazó nemlineáris optimalizációs metodika kidolgozására került sor mind a humán élelmiszerek (például bébiételek) mind a keveréktakarmányok receptúráinak kidolgozásához [43, 44, 45].

A LaborMIM gabonavizsgáló készülékei a belföldi alkalmazások mellett a vasfüggöny mögötti országokban terjedtek el széles körben: vásárlásuk, - ellentétben a nyugati országok összehasonlítható készülékeivel, - nem igényelt “kemény valutát” ezekben az országokban. Többek közt ennek kapcsán alakult ki szoros együttműködés a Tanszék és néhány környező ország, elsősorban az egykori Jugoszlávia és Csehszlovákia kutatói között.

A LaborMIM-kapcsolat tartalmilag messze túlnőtte az évtizedek során a gabonaipari műszereken alapuló együttműködést, a Tanszék aktív részt vállalt a vállalat egyéb termékeinek fejlesztésében, így például folyadék-kromatográf, elektroforetikus berendezések kidolgozásában vet részt. Ezen tevékenység egyik sikerdarabja a BNV nagydíjat nyert komplex vetőmagvizsgáló laboratórium volt, amelyben egy világszínvonalú gélelektroforézis készülék-együttes és egy fajtaazonosítási feladatokra kifejlesztett, mintázatfelismerő algoritmus alapú számítógépes, DOS környezetre írt programcsomag született a Tanszéken [46]. A programcsomag továbbfejlesztett, Windows-ra átírt változata PatMatch néven napjainkban is használatban van számos kutató- illetve nemesítő intézményben világszerte [47].

## **7. Glutén workshop**

A Tanszék kutatói 1980-ban meghívást kaptak egy zártkörű, az INRA (Nantes, Franciaország) által szervezett Nemzetközi Sikér Munkaértekezletre, ahol a világ vezető búzakutató intézményei vettek részt. Az „International Workshop on Gluten Proteins” a szakma legmagasabb színvonalú szakmai fórumává vált, melyet 1980-t követően hagyományosan 3 évente rendeznek meg. A tanszék mind a 13, eddig megrendezett Gluten Workshop-on képviseltette magát, sőt, a 3. Workshop-ot Budapesten mi szerveztük meg 1987-ben. A budapesti 3. Gluten Workshop-ot a napjainkig az egyik legmagasabb színvonalú, legjobban szervezett találkozóként értékeli a szakma [48].

## 8. A 80-as évek, a választás előtt a búzafehérje-kutatás

Az 1984-es, Wageningenben megrendezett 2. Workshop fontos mérföldkő a szaktudomány történetében: Itt zajlott le egy Lásztity-Shewry polémia a prolamin szó használatáról, amely ennél sokkal általánosabb kérdéseket vetett fel. A gabonakémia mindaddig a klasszikus Osborne által lefektetett nomenklatura alapján osztályozta a gabonafehérjéket, amelynek alapja azok oldhatósága volt. A 80-as évek elején jutott el a növényi molekuláris biológia és genetika odáig, hogy ezen komplex vegyületcsoport genetikáját értelmezni tudja, aminek alapján a Mifflin által vezetett angol kutatócsoport megalkotta a búzafehérjék genetikai alapokon nyugvó csoportosítását és új nevezéktanát [49], (3.ábra). Ez minden vonatkozásban egzaktabb módon jelöli/definiálja a különféle fehérjecsoportokat, de egy – tartalmi szempontjából egyáltalán nem lényeges – de következményei miatt súlyos problémát tartalmaz: az Osborne nomenklatura alkohol-oldható fehérjéinek *prolamin*-elnevezését teljesen új tartalommal, más fogalom jelölésére használja, ezzel az elmúlt 50 évben publikált szakirodalomban számtalan bonyodalmat okoz.

Shewry előadását követően, Lásztity felismerve a problémát, jelezte észrevételét, amiből hosszú, érdemi vita kerekedett, rámutatva a gabonakémia adott korszakának nagy dilemmájára – mindaddig a gabonakémia a búzát, illetve a búzalisztet, mint a kenyérgyártás alapanyagát tekintett vizsgálatainak célpontjának, a molekuláris biológia/genetika előretörésével a búza, mint biológiai objektum került előtérbe. Ez maga után vonta azt, hogy míg az előbbi szemlélet a liszt, de különösen a tészta bonyolult kölcsönhatásokon alapuló tulajdonságait vizsgálta, addig az utóbbi teljes mértékben az alkotóelemekre, tehát az egyes, a búzanövény genetikai állományát reprezentáló génekre koncentrált, teljesen figyelmen kívül hagyva a tényt, hogy ezen gének termékei csak egymással kölcsönhatásba kerülve képesek a szerepüket a technofunkcionális tulajdonságok kialakításában kifejtetni.

A Workshop-ról egy „Választás előtt a búzafehérje kémia?” című cikkben számoltunk be az Élelmezési Ipar hasábjain [50]. Sajnálatos módon a szakmaterület fejlődése a következő 10 évben egyértelműen bebizonyította félelmünk megalapozott voltát, sőt a kettészakadás jeleit. Bár mindkét irányzat korszakalkotó eredményeket ért el – ez az a korszak amikor a biokémiai majd molekuláris markerek nemesítésbeli alkalmazása tért hódított, a NIR technika bevonult a gabonaminősítés eszköztárába, amikor MacRitchie és munkatársai kidolgozták a rekonstrukciós technikát, egyedi búzafehérjék előállítására valósult meg bakteriális expresszióval, a biotechnológia alkalmassá vált a sikérfehérje gének módosítására. Ugyanakkor érezhetően megnőtt a rés a gabonakémiai alap kutatás és a gyakorlati alkalmazásokat közvetlen módon kiszolgáló képes alkalmazott kutatás között. A biotechnológia eredményei kapcsán, különösen a búza transzformáció sikeres megoldását követően, tekintélyes szakemberek kezdtek arról cikkezni, hogy a közeljövőben a növény nemesítés funkcióját a genetic engineering teljesen átveszi és a gabonaiipari technológiák különböző igényeit tökéletesen kielégítő, genetikailag módosított új fajták születnek. Természetesen, jóslatuk egyáltalán nem vált be.

Nem véletlen, hogy a molekuláris biológia gabonatudományi alkalmazásának legkiválóbb úttörői, Peter Shewry, Olin Anderson és Rudi Appels voltak azok, akik elsőként döbbsen arra rá, hogy a molekuláris szemlélet és eszköztár beláthatatlan lehetősége csak akkor aknázható ki maradéktalanul, ha nem csak a gént tudjuk manipulálni, annak termékét a búzában kimutatni, de – a hagyományos gabonatudomány eszköztárával és tapasztalatával - képesek vagyunk követni és értelmezni azoknak hatását a búza-alapú termékekben, elsősorban a tésztában. Ezen felismerés nyitotta meg a gabonatudomány új fejezetét, amelyben a Tanszék kulcsszerepet vállalt.

## 9. A kis- és mikroméretű gabonaiipari vizsgálati berendezések és módszerek kifejlesztése és alkalmazásaik

A 80-as, 90-es évek fordulóján angol és amerikai kutatók megoldották különféle gliadin- és glutenin-fehérjék génjeinek izolációját és a kódolt fehérjék mg-méretű termelését bakteriális expresszióval. Körülbelül ugyanabban az időben az eredetileg a nemesítés korai szakaszában történő szelekció céljára kifejlesztett első mikroméretű tésztavizsgáló berendezésről, a 2 g Mixograph-ról kiderült, hogy az kiválóan alkalmazható alap kutatási eszközként is: a dagasztandó lisztbe néhány milligrammnyi fehérjét adagolva, annak a dagasztási jellemzőkre való hatását érzékenyen és reprodukálható módon követni, regisztrálni lehet [51]. A dagasztást közvetlenül a dagasztó-perselyben végrehajtott redox reakció sor segítségével az így adagolt glutenin alegység szerkezetű fehérjéket be lehetett építeni a glutenin polimerbe, és vizsgálni lehetett azok hatását a tészta reológiai sajátosságaira [52]. Ezen új típusú vizsgálati módszerek utat nyitottak a tészta sajátosságai és az adagolt/beépített természetes és genetikailag módosított fehérjék szerkezete közötti összefüggések vizsgálatához [53, 54].

A búzatranszformációval előállított módosított búzák jellemzésének [55] és a fenti *in vitro* metodikáknak két alapvető hiányossága volt: nem rendelkezünk olyan eszközökkel, amelyekkel grammnyi mennyiségű transzgenikus magtermésből lisztet lehet őrölni, másrészt a rendelkezésre álló mikro-berendezések nem adtak felvilágosítást a búzaliszt egyik alapvető tulajdonságára, a vízfelvevő képességre, amelyet makro méretekben a Hankóczy-féle Farinográf segítségével szokás mérni.

Ezen a ponton léptek be a Tanszék tagjai és az akkor már megszűnt LaborMIM mérnökeiből alakult két magyar kisvállalat munkatársai, és az ausztrál CSIRO kutatóival közösen [56] megalkották a világ legkisebb, akár egy búzaszem őrlésére is alkalmas mikromalmot [3, 57] és a Hankóczy féle Farninográf négy gramm liszt dagasztására alkalmas változatát (mikro Z-karú dagasztó) [58, 59, 60]. Ezek a fejlesztések a Tanszék ilyen irányú tevékenységének szerves folytatásai, amellyel a Guthrie által használt Ganz próbamalom szellemében, a LaborMIM-el folytatott több évtizedes fejlesztési tevékenységre tették fel a koronát. A mikro-Z-karú dagasztó a BME, a CSIRO és a résztvevő magyar vállalkozások közös szellemi terméke, gyártási joga a Newport Scientific-hez, majd annak utódjaként a Perten céghez került, és továbbfejlesztést követően Micro DoughLAB néven gyártották és forgalmazták azt 2020ig. Több mint 200 készülék dolgozik a világ 41 országában. Napjainkban a kutatási célú búzatranszformáció, a búzafehérjék szerkezete és in vitro funkcionális tulajdonságainak kutatása, a nagy populációk jellemzőinek QTL analízis céljára, molekuláris markerek kidolgozására végrehajtott kísérleti munka, minden olyan alap- és alkalmazott kutatási terület, ahol a vizsgálandó mintamennyiség limitált, elképzelhetetlen a Z-karú mikro-dagasztó és társai alkalmazása nélkül.

A tanszék mikroméretű tesztkészülékei alkalmazásával nagyszámú, a gabonatudomány különböző területét érintő nemzetközi kollaborációban vett/vesz részt [61, 62, 63, 64, 65, 66]. A műszerfejlesztés, újabb mikroméretű berendezések és metodikák kidolgozása manapság is fontos területe a tanszéki kutatásoknak. Az utóbbi években kifejlesztett darabjai a mikro Zeleny szedimentációs készülék [26, 65, 66], a mikro sikermosó- és keményítő izoláló berendezés [67] valamint egy komplett mikroméretű próbasütésre alkalmas műszer-együttes és metodika [68, 69, 70].

A magyar-ausztrál együttműködés jelentőségét talán legpregnansabban Harry Sapirstein, kanadai kutató fogalmazta meg, illetően szavakkal mutatván be egy mikroméretű téstvizsgálatokról szóló, előadás szerzőit (Tömösközi, Gras, Varga, Rath, Nánási, Salgó, Békés) egy USA-beli konferencián: „Ők voltak a hagyományos gabonatudomány azon áruháza, akik elsőként lepaktálva a gene-jokie-kkal, új fejezetet nyitottak a gabonatudományban”.

## 10. További nemzetközi kapcsolatok

A Tanszék nemzetközi kapcsolatainak ezen áttekintése nem lenne teljes a tanszéki állomány különféle nemzetközi egyesületekben kifejtett tevékenységének említése nélkül. Telegdy Kováts professzor már a 60-as években tagja lett az ICC (a bécsi székhelyű Nemzetközi Gabonakémiai Egyesület) végrehajtó bizottságának, helyét 1978-tól Lásztity Professor vette át, sőt egy választási ciklusban az ICC elnöke volt. A tanszék Törley Dezső majd Salgó András révén aktívan részt vett a FAO/WHO Codex Alimentarius valamint az Európai Kémiai Szervezet Élelmiszeripari Bizottságának a munkájában. Budapest több nagyszerű ICC rendezvény színhelye volt a Tanszék szerezésében, ezek egyikén, 2002-ben Salgó András vette át az ICC rangos kitüntetését, a Harold Perten díjat, a közeli infravörös technika (NIR) gabonatudományi alkalmazása területén kifejtett munkásságáért [71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 84].

Számos, az ICC illetve az EU által szervezett nagyvolumenű együttműködés, többek között a MoniQA [81, 82, 83] illetve a HealthGrain [84, 85, 86] projektek tagjaként a tanszék oktatói Európa számos országának kutatóival dolgoztak együtt. Ezen kapcsolatok között különleges helyet foglal el a bécsi BOKU egyetem testvér-tanszékével kialakított több évtizedes, a kutatás mellett a vegyészmérnök-képzést is magába foglaló együttműködés egy sor kutatási téma keretében [33, 34, 87, 88, 89, 90, 91, 92].

## 11. Konklúzió

A gabona minőség fogalom kiszélesedése – például a nutritív és egészséggel kapcsolatos tulajdonságok vizsgálatával kapcsolatos igények – folyamatosan erősítik az élelmiszertudomány interdiszciplináris jellegét. Új diszciplínák, új metodikák épülnek be a hagyományos kutatási/fejlesztési folyamatokba.

Amint ezt a fentiek illusztrálják, a tanszék kutatási palettája ennek megfelelően új színekkel gazdagodott. A nagyműszeres technikák, az online vezérlésre alkalmas indirekt módszerek ugyanúgy megjelentek a kutatási témákban, mint az élelmi anyagok – többek közt a gabonák – allergén/toxikus komponenseinek vizsgálata.

Ezek – a tanszék sok évtizedes tradíciójára épülve - nemzetközi színvonalon, gyakran nemzetközi kooperáció keretében történnek.

## 12. Irodalom

- [1] Jones W.L. (1984): 'Where have all the flour mills gone?' Flour Millers Council of Victoria. Melbourne, Australia.
- [2] Guthrie F.B. (1895): Notes on the milling qualities of different varieties of wheat. *Agric. Gazette NSW* 6: pp.159–180.
- [3] Wrigley C.W., Tömösközi S., Békés F. (2011): Hungarian-Australian collaborations in flour milling and test milling over 120 years. *Cereal Res. Commun.* 39 (2) pp.216–225. <https://doi.org/10.1556/CRC.39.2011.2.5>
- [4] Karácsony L. (1928): Staling and Hydrogen-ion concentration. *Cereal Chem* 5:417-420
- [5] Karácsony L, Bailey CH. (1931): Effect of overgrinding of flour upon the keeping qualitz of bread. *Cereal Chem* 8: pp. 44-50.
- [6] Lásztity R, (1996): 75 years in the service of the Hungarian Food Industrz. *Periodica Polytechnica* 40: pp. 9-16
- [7] Kosutány T, (1907): *Der ungarische Weizen und das ungarische Mehl.* (Budapest, 1907).
- [8] Hankóczy J., (1914): Evaluation of wheat flour. I, II. *Magyar Mérnök- és Építész-Egylet Közlönye* 18 (16), 307–311, 18 (17), pp. 321–331.
- [9] Wrigley C.W., Tömösközi S., Békés F., Bason, M., (2022): The Farinograph: Its origins. In: *The Chapter 1, Farinograph Handbook.4<sup>th</sup> Edition.* Eds: Bock JE, Don C, Elsevier
- [10] Annon (2012): Hankóczy Jenő. [https://hu.wikipedia.org/wiki/Hankóczy\\_Jenő](https://hu.wikipedia.org/wiki/Hankóczy_Jenő).
- [11] Törley D. (1996): A brief history of the Department of Biochemistry and Food Technology. *Periodica Polytechnica* 40: pp. 3-7.
- [12] Vuk M., Sándor Z., Vas K. (1949): *Élelmiszerek vizsgálata*
- [13] Vuk M. (1929): *A magyar búza és búzaliszt összetétele.* Budapest.
- [14] Lásztity R. (1958): Néhány adat és megjegyzés a neolaborográf lisztminősítő készülékekkel kapcsolatban. *Élelmiszervizsgáló Közlemények (Journal of Food Investigation)* 3: pp. 48-51
- [15] Lásztity R., Bárány A.. (1959): A tészta relaxációjának vizsgálata laborográffal. *Élelmiszervizsgáló Közlemények (Journal of Food Investigation)* 4: pp.14-18.
- [16] Telegdy-Kováts L., Lásztity R. (1967): Valorigraf, a novel Hungarian instrument for dough investigation and flour evaluation. *Élelmiszervizsgáló Közlemények (Journal of Food Investigation)* 13: 5–9
- [17] Lásztity R. (1960): A tészta feszültségrelaxációjának vizsgálata. *Élelmiszervizsgáló Közlemények (Journal of Food Investigation)* 6: pp.120-124.
- [18] Lásztity R. (1967): Investigation of the rheological properties of gluten. *Acta chimica* 53: pp. 139-145
- [19] Lásztity R. (1968) Recent results in the investigation of the structure of the gluten. *Die Nahrung* 12: pp. 1-11.
- [20] Lásztity R., Békés F., Nedelkovits J., Varga J. (1979): Investigation of the complex proteins of wheat. *Acta Chim.*101: pp. 281-296.
- [21] Békés, F., Őrsi, F., Kárpáti, M., Smied, I. and Mosonyi, A. (1986): A nagy molekulatomegu gliadin alegysegek lipidkomplexei es szerepuk a sutoipari minoseg kialakitasaban. *Biokemia* 10. pp. 159-161
- [22] Lásztity R., Békés F., Kárpáti M. and Smied I. (1987): A buzalipidek valamint a feherje-lipid komplexek hatasa a sutoipari minosegre.I. *Sutoipar* 34. pp. 150-161.
- [23] Lásztity R., Békés F., Őrsi F., Smied I., Kárpáti M. (1988): Protein-lipid and protein- carbohydrate interactions in the gluten complex. *Proc.3. Int.Workshop of Gluten Proteins.* Eds: Lásztity R., Békés F. pp: 343-363.*World Publ.Comp., Singapore*
- [24] Lásztity, R., Békés, F., Őrsi, F., Smied, I., Ember-Kárpáti, M. (1996): Protein-lipid and protein-carbohydrate interactions in the gluten complex. *Periodica Polytechn.* 40. pp. 29-40.
- [25] Kárpáti, M., Békés, F., Smied, I., Lásztity, R., Mosony, A., and Őrsi, F. (1990): Investigation of the relationships between wheat lipids and baking properties. *Acta Alim.* 19. pp. 237-260.
- [26] Rakszegi M., Balázs G., Békés F., Harasztos A., Kovács A., Láng L., Bedő Z., Tömösközi S. (2014): Modelling Water Absorption of Wheat Flour by Taking into Consideration of the Soluble Protein and Arabinoxylan Components *Cereal Research Communications* 42: pp. 629–639
- [27] Lásztity R., Monori S., Kovács A. (1969): Hazai búzák lipoproteinjeinek vizsgálata. 5: pp. 257-262



- [28] Békés F. (1977): A study of purothionin isolated from the petroleum ether extract of wheat flour. *Acta Alim.* 6: pp. 39-57
- [29] Békés F., Smied, I. (1981): A study of petroleum ether soluble protein complexes of wheat flour. *Acta Alim.*10: pp. 229-253
- [30] Békés F, Lásztity, R. (1981): Isolation and determination of amino acid sequence of Avenothionin, a new purothionin analogue from oat. *Cereal Chem.* 58: pp. 360-361
- [31] Bagdi A., Tömösközi S., Nyström L. (2016): Hydroxyl radical oxidation of feruloylated arabinoxylan. *Carbohydrate Polymers*, 152: pp. 263-270.
- [32] Bagdi A., Tömösközi S., Nyström L. (2017): Structural and functional characterization of oxidized feruloylated arabinoxylan from wheat. *Food Hydrocolloids*, 63: pp. 219-225.
- [33] Bender D., Nemeth R., Cavazzi G., Turoczy F., Schall E., D'Amico S., Török K., Lucisano M., Tömösközi S., Schoenlechner, R. (2018): Characterization of rheological properties of rye arabinoxylans in buckwheat model systems *Food Hydrocolloids* 80: pp. 33-41.
- [34] 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* 101,103292
- [35] Wang X., Appels R., Zhang X., Békés F., Török K., Tömösközi S., Diepeveen D., Ma W., Islam S. (2017): Protein-transitions in and out of the dough matrix in wheat flour mixing. *Food Chemistry* 217: pp. 542-551.
- [36] Wang X., Appels R., Zhang X., Diepeveen D., Török K., Tömösközi S., Békés F., Ma M, Islam S. (2017): Protein interactions during flour mixing using wheat flour with altered starch. *Food Chemistry*, 231: pp. 247-257
- [37] Békés, F., Zsigmond A., Salgó, A., and Smied I. (1979): Az aflatoxinnal fertőzött földimogyoró dara toxintartalmának meghatározásával kapcsolatos néhány analitikai probléma. In: *Hazai mikotoxin vizsgálatok*.Ed.Incze, K, pp: 95-119.,MÉTE Kiskönyvtár ,Budapest
- [38] Bata A., Harrach B., Ujszászi K., Kis-Tamás A., Lásztity R. (1985): Macrocyclic Trichothecene Toxins Produced by *Stachybotrys atra* Strains Isolated in Middle Europe. *Appl. Envir. Microbiol.* 1985: pp. 678-681
- [39] Bata Á., Palyusik M., Lásztity R. (1989): Investigation of the distribution of zearalenone and its metabolites in the pigs fed with feed contaminated by zearalenone. *Period Polytech* 33: pp. 203-209.
- [40] Bata Á., Lásztity R. (1999): Detoxification of mycotoxin-contaminated food and feed by microorganisms. *Trends Food Sci Technol*10: pp. 223-228.
- [41] Wöller, L., Békés, F., and Lásztity, R. (1977): A táplalekfeherjek minosítése a kémiai indexek alapján. I. Aminosav-adatok szamitogepes feldolgozasa. *Elelmezési Ipar* 31. pp. 15-26.
- [42] Hidvégi M. and Békés F. (1985): Mathematical modeling of protein nutritional quality from amino acid composition. In: *Proc.ICC Symp.Amino Acid Comp.Biol.Value Cereal Proteins*, Ed.:Lásztity, R.and Hidvégi, M. pp. 205-286.Akademiai Kiado,Budapest
- [43] Békés, F., Hidvégi ,M., Zsigmond, A, and Lásztity, R.(1983): A novel mathematical method for determining in vitro biological value of proteins and its applications. In: *Progress in Cereal Chem. Technol.* Eds.: Holas, J., and Kratochvil, J. pp.1213-1218. Elsevier Amsterdam.
- [44] Békés, F., Hidvégi, M., Zsigmond, A., and Lásztity, R. (1984): Studies on the evaluation of the in vitro biological value of food proteins. *Acta Alim.* 13. pp. 135-158.
- [45] Békés, F., Hidvégi, M., Lásztity, R., and Tóth, A. (1985): Möglichkeiten der Optimierung von Futterungskosten unter Berücksichtigung der biologischen Beurfnisse. *Muhle + Mischfutter.* 122. pp. 628-630.
- [46] Békés, F., Kemény, A., Kemény, S., Merész, P., Demeter, L. and Varga, J. (1988): Gelelektroforeziskiserletek szamitogepes mennyisegi kiertekelese I. Relativ mobilitas skalak osszehasonlito vizsgalata. *Elelmezési Ipar* 42. pp. 121-129.
- [47] Wrigley C.W., Batey I.L., Békés F., Gore P.J. and Margolis J. (1992): Rapid and automated characterisation of seed genotype using. *Micrograd electrophoresis and pattern- matching software.* *Appl. Theor. Electrophoresis* 3. pp. 69-72.
- [48] Lásztity R., Békés F. (1980): Proceeding of the 3<sup>rd</sup> International Workshop of Gluten Proteins. *World Publ. Comp.*, Singapore

- [49] Shewry P.R., Tatham A.S., Forde J., Mifflin B.J., Kasarda D.D. (1980): The primary structures, conformations and aggregation properties of wheat gluten proteins. In: Proceedings of 2nd Workshop on gluten proteins, Eds: Graveland A, Moonen JHE, pp. 51-58, TNO, Wageningen, The Netherlands
- [50] Lásztity R., Békés F., Kemény, A. (1986): Valaszút előtt a búzafehérje kémia? *Élelmezési Ipar* 140: pp. 121-122.
- [51] Békés F. and Gras P.W. (1992): Demonstration of the 2-gram Mixograph as a research tool. *Cereal Chem.* 69. pp. 229-230.
- [52] Békés, F., Gras, P.W., and Gupta, R.B. (1994): Mixing properties as a measure of reversible reduction/oxidation of doughs. *Cereal Chem.* 71. pp. 44-50.
- [53] Anderson, O.D., Békés, F. Incorporation of high-molecular-weight glutenin subunits into doughs using 2 gramm mixograph and extensigraph. *J. Cer. Sci.*54. pp. 288-295.
- [54] Anderson, O.D., Békés, F. D'Ovidio, R. Effects of specific domains of high-molecular-weight glutenin subunits' on dough properties by an in vitro assay. *J. Cer. Sci.* 54. pp. 280-287.
- [55] Barro, F., Barcelo, P., Rooke, L, Tatham, A.S., Békés, F., Shewry, P.R. and Lazzeri, P. (1997): Improvement of the processing properties of wheat by transformation with HMW subunits of glutenin. *Nature Bio/Technology*, 15. pp. 1295-1299
- [56] Bason M. (2007): The Hungarian connection. In: Proc. 57<sup>th</sup> Australian Cereal Chemistry Conference, Eds.: Panozzo, J.F., Wootton, M., Wrigley, C.W. pp: 45, RACI Melbourne Australia
- [57] Békés F., Southan M.S., Tömösközi S., Nánási J., Gras P.W., Varga J., McCorquodale J., Osborne B.G. (2000): Comparative studies on a new micro scale laboratory mill. Proc. 49th RACI Conference, Eds Panozzo J.F., Ratcliffe M., Wootton M., Wrigley C.W. pp. 483-487., RACI, Melbourne.
- [58] 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: pp. 555-560.
- [59] Bason, M.I., Dang, J.M.C., Blakeney, J.L., Tömösközi S, Haraszi, R., and Békés, F. (2004): Dough mixing on a micro Z-arm mixer compared to the standard Brabender Farinograph. In: Proc. 53rd Australian Cer. Chem. Conf. Eds: C.K.Black, and J.F., Panozzo, pp. 123-126., RACI, Melbourne
- [60] Haraszi, R., Békés, F., Bason, M.L., Tömösközi, S, Varga J, Salgó A, Dang., J.M.C., Blakeney, J.L.: Dough mixing studies on the micro Z-arm mixer. pp. 219-222. In: 'The gluten proteins', Proc. 8th Gluten Workshop, Eds.: Lafiandra, D., Masci, S. and D'Ovidio, R., RS-C. Chambridge, UK.
- [61] Uthayakumaran, S., Tömösközi, S., Savage, A. W. J., Tatham, A., Gianibelli, M. C., Stoddard, F.L., and F. Békés. (2001): Effects of gliadin fractions on the functional properties of wheat dough depend on molecular size and hydrophobicity. *Cereal Chem.* 78. pp. 138-141
- [62] Tömösközi, S., Békés, F., Haraszi, R., Gras, P.W., Varga, J., and 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.
- [63] Morgounov, A.I., Belan, I., Zelensky, Y., Roseeva, L., Tömösközi, S., Békés, F., Abugaliev, A., Cakmak, I., Vargas, M., Crossa, J. 2012. Historical changes in grain yield and quality of spring wheat varieties cultivated in Siberia from 1900 to 2010 *Can. J. Plant Sci.* 93. pp. 425- 433.
- [64] 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.* 61, pp. 7606–7614.
- [65] Cavanagh, C.R., Taylor, J., Larroque, O., Coombes, N., Verbyla, A.P., Nath, Z., Kutty, I., Ramplin, L., Butow, B., Ral, J.P., Tömösközi S., Balázs, G., Békés, F., Mann, G., Quail, K., Southan M., Morell, M. K. Newberry, M. (2010): Sponge and Dough Bread Making: Genetic and Phenotypic Relationships with Wheat Quality Traits. *Theor. Appl. Gen.* 121: pp. 815-828
- [66] Roy N., Shahidul I., Ma J., Lu M., Török K., Tömösközi S., Békés F., Lafiandra D., Appels R., Ma W. (2018): Expressed Ay HMW glutenin subunit in Australian wheat cultivars indicates a positive effect on wheat quality. *Journal of Cereal Science* 79: pp. 494-500
- [67] Tömösközi S., Szendi Sz., Bagdi A., Harasztos A., Balázs G., Appels R., Békés F. (2013): New possibilities in micro-scale wheat quality characterisation: micro-gluten determination and starch isolation Proc. 11th Internat. Gluten Workshop, Beijing, Eds.: He, Z., and Wangm D., pp. 123-126. CIMMYT, Mexico City
- [68] Németh R., Bánfalvi A., Csendes A., Kemény S., Tömösközi S. (2018): Investigation of scale reduction in a laboratory bread-making procedure: Comparative analysis and method development. *Journal of Cereal Science* 79: pp. 267-275

- [69] 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* 87: pp. 239-247
- [70] Langó B., Jaiswal S., Bóna L., Tömösközi S., Ács E., Chibbar R.N. (2018): Grain constituents and starch characteristics influencing in vitro enzymatic starch hydrolysis in Hungarian triticale genotypes developed for food consumption. *Cereal Chemistry* 95: pp. 861-871
- [71] Gergely S., Salgó A., (2003): Changes in Moisture Content during Wheat Maturation—What is Measured by near Infrared Spectroscopy? *J. Near Infrared Spectrosc.* 11: pp. 17-26
- [72] Gergely S., Salgó A. (2005): Changes in carbohydrate content during wheat-maturation-what is measured by near infrared spectroscopy? *J. Near Infrared Spec.* 13: pp. 9-17.
- [73] Juhász R., Gergely S., Gelencsér T., Salgó A. (2005): Relationship Between NIR Spectra and RVA Parameters During Wheat Germination. *Cereal Chem.* 82: pp. 488-493
- [74] Gergely S., Salgó A. (2007): Changes in protein content during wheat maturation—what is measured by near infrared spectroscopy? *Journal of Near Infrared Spectroscopy* 15: pp. 49-58
- [75] Scholz É., Prieto-Linde M.L., Gergely S., Salgó A., Johansson E (2007): Possibilities of using near infrared reflectance/transmittance spectroscopy for determination of polymeric protein in wheat. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 87 (8), pp. 1523-153
- [76] Juhász, R., Gergely S., Szabóki Á., Salgó A. (2007): Correlation between NIR spectra and RVA parameters during germination of maize. *Cereal chemistry* 84 (1), pp. 97-101
- [77] Juhász R., Salgó A. (2008): Pasting behavior of amylose, amylopectin and their mixtures as determined by RVA curves and first derivatives. *Starch-Stärke* 60 (2), pp. 70-78
- [78] Schmidt J., Gergely S., Schönlechner R., Grausgruber H., Tömösközi S., Salgó A., Berghofer E. (2009): Comparison of Different Types of NIR Instruments in Ability to Measure  $\beta$ -Glucan Content in Naked Barley. *Cereal chemistry* 86 (4), pp. 398-404
- [79] Hódsági M., Gergely S., Gelencsér T., Salgó A. (2012): Investigations of native and resistant starches and their mixtures using near infrared spectroscopy. *Food Bioprocess Technol.* 5: pp. 401-407.
- [80] Salgó A., Gergely S. (2012): Analysis of wheat grain development using NIR spectroscopy. *Journal of Cereal Science* 56: pp. 31-38
- [81] Bugyi Zs., Nagy J., Török K., Hajas L., Tömösközi S. (2010): Towards development of incurred materials for quality assurance purposes in the analysis of food allergens. *Anal. Chim. Acta*, 672: pp. 25-29.8
- [82] Bugyi Zs., Török K., Hajas L., Adonyi Z., Diaz-Zmigo C., Popping B., Poms R., Kerbach S., Tömösközi S. (2012): Development of incurred reference material for improving conditions of gluten quantification. *J. AOAC Int.*, 95: pp. 382-387.
- [83] Hajas L, Scherf K.A., Bugyi Zs., Török K., Schall E., Köhler P., Tömösközi S. (2017): Response and gliadin composition of different wheat cultivars grown in multiple harvest years. *Acta Alimentaria*, 46: pp. 187-195.
- [84] Shewry P.R., Charmet G., Branlard G., Lafandra D., Gergely Sz., Salgó A., Saulnie, L., Bedő Z., Mills E.N.C., Ward J.L. (2012): Developing new types of wheat with enhanced health benefits. *Trends In Food Science & Technology*. 25: pp. 70-77.
- [85] Tremmel-Bede K., Szentmiklóssy M., Tömösközi S., Török K., Lovegrove A., Shewry P.R., Láng L., Bedő Z., Vida G., Rakszegi M. (2020): Stability analysis of wheat lines with increased level of arabinoxylan. *PLoS ONE* 15(5): e0232892.
- [86] Tremmel-Bede K., Láng L., Török K., Tömösközi S., Vida G., Shewry P.R., Bedő Z., Rakszegi M. (2017): Development and characterization of wheat lines with increased levels of arabinoxylan. *Euphytica*. 213, pp. 291. <https://doi.org/10.1007/s10681-017-2066-2>
- [87] Schall E., Scherf K.A., Bugyi Zs., Török K., Koehler P., Schoenlechner R. and Tömösközi S. (2020): Further Steps Toward the Development of Gluten Reference Materials – Wheat Flours or Protein Isolates? *Front. Plant Sci.* 11:906. doi: 10.3389/fpls.2020.00906
- [88] D'Amico S., Mäschle J., Jekle M., Tömösközi S., Langó B., Schoenlechner R. (2015): Effect of high temperature drying on gluten-free pasta properties. *LWT - Food Science and Technology* 63: pp. 391-399
- [89] Bagdi A., Balázs G., Schmidt J., Szatmári M., Schoenlechner R., Berghofer E., Tömösközi S. (2011): Protein characterization and nutrient composition of Hungarian proso millet varieties and the effect of decortication *Acta Alimentaria* 40: pp. 128-141

- [90] Schoenlechner R., Szatmari M., Bagdi A., Tömösközi S. (2013): Optimisation of bread quality produced from wheat and proso millet (*Panicum miliaceum* L.): by adding emulsifiers, transglutaminase and xylanase. *LWT-Food Science and Technology* 51: pp. 361-366
- [91] Bender D, Fraberger V, Szepesvári P., D'Amico S., Tömösközi S., Cavazzi G., Jäger G., Domig K.J., Schoenlechner R. (2017): Effects of selected lactobacilli on the functional properties and stability of gluten-free sourdough bread *European Food Research and Technology* 244: pp. 1037-1046
- [92] Békés F., Schoenlechner R., Tömösközi S. (2016): Ancient wheats and pseudocereals for possible use in cereal-grain dietary intolerances. In: Wrigley, C.W., Batey I., and Miskelly D. (Eds) *Cereal Grains Assessing and Managing Quality* (2nd Edition) pp. 353-393, Elsevier, Amsterdam